

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC**

**CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**

**LUIGI MAESTRELLI**

**SISTEMA DE CONTROLE DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA COBRANÇA  
VIA COMPRA DE CRÉDITOS PRÉ-PAGOS POR DISPOSITIVOS MÓVEIS**

**CRICIÚMA**

**2014**

**LUIGI MAESTRELLI**

**SISTEMA DE CONTROLE DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA COBRANÇA  
VIA COMPRA DE CRÉDITOS PRÉ-PAGOS POR DISPOSITIVOS MÓVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciências da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Esp. Sérgio Coral

**CRICIÚMA**

**2014**


**LUIGI MAESTRELLI**

**SISTEMA DE CONTROLE DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA COBRANÇA  
VIA COMPRA DE CRÉDITOS PRÉ-PAGOS POR DISPOSITIVOS MÓVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciências da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Automação Residencial.

Criciúma, 01 de Julho de 2014.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Esp. Sérgio Corral - UNESC - Orientador

  
Prof. MSc. Gustavo Bisognin - UNESC

  
Profa. MSc. Christine Vieira - UNESC

## **AGRADECIMENTOS**

Aos familiares e amigos, que acompanharam e auxiliaram neste percurso, incentivando a prosseguir e superar os obstáculos.

Ao Professor Especialista Sérgio Coral, orientador deste trabalho, pelo apoio e auxílio no desenvolvimento do projeto.

Aos queridos colegas de classe que sempre apoiaram nos momentos de dificuldade, contribuindo com ideias, sugestões e críticas que possibilitaram o amadurecimento e desenvolvimento da proposta.

**“Continue sedento, continue ingênuo.”**

**Steve Jobs**

## RESUMO

O mau uso dos recursos naturais associados ao seu desperdício tem levado, infelizmente, apenas parte da sociedade a repensar e a adotar novas políticas em prol da sustentabilidade. Assim, novas ideias e a busca por novas tecnologias sempre ganham destaque. Com tal processo, identificou-se uma possibilidade de automatização de controle dos hidrômetros com o objetivo de melhor gerenciar e reduzir gastos, tanto pelo consumidor quanto pelas companhias distribuidoras. Atualmente o hidrômetro é um dispositivo mecânico e a coleta de dados é realizada de forma manual em cada residência por um ou mais funcionários da companhia. O processo de coleta/leitura ainda é feito mensalmente, resultado num elevado custo, possibilidade de erro e, de regra, ausência de controle pelos consumidores. Como alternativa para esta demanda, o desenvolvimento de um protótipo de hidrômetro automatizado vem apresentar uma proposta de controle do fluxo de água para residências. Foi desenvolvido utilizando tecnologias como o Arduino e Android para tornar simples a prototipagem e a realização de testes. A água passa pelo circuito sendo totalizada por um sensor conectado ao microcontrolador, que identifica o total de créditos disponíveis e gerencia uma válvula para liberar ou não sua passagem para a residência. Quando os créditos acabarem, é necessário realizar a sua recarga utilizando um celular ou tablet com o sistema operacional Android instalado. Este é conectado ao Arduino utilizando uma conexão bluetooth. Com a construção do protótipo, pode-se realizar uma comparação entre o custo do hidrômetro atual e o desenvolvido, sendo evidente a possibilidade de redução de custos com a utilização de componentes eletrônicos específicos. O processo possibilita a redução dos custos das companhias distribuidoras, remove a necessidade de intervenção das mesmas para o bloqueio de devedores, possibilita aos usuários um sistema de controle e gestão do seu consumo.

**Palavras-chave:** Água, hidrômetro, Arduino, bluetooth, Android.

## ABSTRACT

The bad use of natural resources associated with wastefulness, unfortunately, has taken only part of society reconsider and adopt new politics in favor of sustainability. Thus, new ideas and search for new technologies always give us eminence. With that process, the possibility of automating the control of current hydrometer was identified in order to better manage and reduce spending by both the consumer and the distribution companies. These days, the hydrometer is a mechanic device and data collection is done manually in each residence by one or more company staff. The process of collecting / reading is still done monthly, resulting in high cost, possibility of error and, as a consequence, absence of control by consumers. As an alternative to this demand, the development of a prototype automated hydrometer is presenting a proposal for controlling the flow of water to residences, developed using technologies like Arduino and Android to make simple prototyping and testing. The water passes through the circuit being added up by a sensor connected to the microcontroller that identifies the total credit available and manages a valve to release or not its way into the residence. When the credits run out, you need to recharge them using a mobile phone or tablet with Android operating system installed, it is connected to the Arduino using a Bluetooth network. With a prototype it is possible to make a comparison with the actual cost of the hydrometer and the developed one, giving it clear possibility of cost reduction with the use of specific electronic components. The process allows us to reduce the costs of distribution companies, removes the need for intervention to block the debtors and enables users to a system of control and management of its consumption.

**Palavras-chave:** Water, hydrometer, Arduino, bluetooth, Android.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distribuição de água no mundo.....	17
Figura 2 – Exemplo de hidrômetro e suas informações .....	20
Figura 3 – Funcionamento interno do hidrômetro velocimétrico de turbina .....	21
Figura 4 – Funcionamento interno do hidrômetro volumétrico .....	22
Figura 5 – Exemplo de um sensor de efeito Hall para medição de vazão.....	28
Figura 6 – Exemplo do sensor de fluxo de dados aberto .....	29
Figura 7 – Exemplo de utilização de um resistor.....	30
Figura 8 – Construção de um resistor .....	30
Figura 9 – Tabela de Cores de resistores. ....	31
Figura 10 – Exemplo de resistor para cálculo de resistência. ....	31
Figura 11 – Exemplo de válvula solenóide usada para irrigação .....	33
Figura 12 – Ilustração funcionamento dos relés NA e NF .....	34
Figura 13 – Ilustração dos modelos de transistor bipolar NPN e PNP. ....	35
Figura 14 – Arduino UNO R3 .....	39
Figura 15 – Exemplo de módulo bluetooth.....	44
Figura 16 – Arquitetura Android .....	46
Figura 17 – Exemplo de conexão Arduino – Sensor de Fluxo.....	52
Figura 18 – Código fonte do cálculo realizado .....	53
Figura 19 – Datasheet transistor TIP122.....	54
Figura 20 – Exemplo de conexão Arduino – TIP122 – Válvula. ....	55
Figura 21 – Funções do Arduino utilizando a segunda porta serial.....	58
Figura 22 – Modelo 3D do circuito desenvolvido.....	59
Figura 23 – Exemplo de pacote de dados .....	60
Figura 24– Código de busca de dispositivos bluetooth .....	62
Figura 25 – Código de recebimento de dados.....	64
Figura 26 – Detalhes da rotina de envio de dados.....	65

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Lista de comandos do protocolo e seus valores.....	60
Tabela 2 – Lista de componentes utilizados na montagem do projeto .....	66
Tabela 3 – Lista de componentes utilizados nos testes do projeto .....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMR	<i>Adaptive Multi-Rate</i>
ANA	Agência Nacional de Águas
ARP	<i>Address Resolution Protocol</i>
BMP	Windows Bitmap
BJT	Bipolar Junction transistor
CBH	Comitês da Bacia Hidrográfica
CNRH	Concelho Nacional de Recursos Hídricos
DUN	<i>Dial-up Networking Profile</i>
FTDI	<i>Future Technology Devices International</i>
FTP	<i>File Transfer Profile</i>
GIF	<i>Graphics Interchange Format</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GND	<i>Ground</i>
GSM	<i>Global System for Mobile</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
HID	<i>Human Interface Device Profile</i>
HSP	<i>Headset Profile</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
ICMP	<i>Internet Control Message Protocol</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LDR	Light Dependent Resistor
LED	Light Emitting Diode
LTE	<i>Long Term Evolution</i>
MIDI	<i>Musical Instrument Digital Interface</i>
MMS	<i>Multimedia Messaging Service</i>
MP3	MPEG-1/2 Audio Layer 3
MP4	MPEG-4 Part 14
NA	Normalmente Aberta
NF	Normalmente Fechada

NNTP	<i>Network News Transfer Protocol</i>
OHA	<i>Open Handset Alliance</i>
OPP	<i>Object Push Profile</i>
PNG	<i>Portable Network Graphics</i>
SIG	Bluetooth Special Interest Group
SMS	Short Message Service
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>
SO	Sistema Operacional
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
ULA	Unidade Lógica Aritmética
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VCC	<i>Voltage Constant Current</i>
VM	<i>Virtual Machine</i>
WAV	<i>Waveform Audio File</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA .....	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>17</b>
2.1 ÁGUA .....	17
<b>2.1.1 Vazão</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1.2 Forma de medição</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1.3 Conta de água</b> .....	<b>23</b>
2.2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL .....	24
<b>2.2.1 Sensores</b> .....	<b>25</b>
2.2.1.1 Indutivos .....	26
2.2.1.2 Capacitivos.....	26
2.2.1.3 Fotoelétricos.....	27
2.2.1.4 Ultrassônicos.....	27
2.2.1.5 Sensores de Efeito Hall .....	27
<b>2.2.2 Resistores</b> .....	<b>29</b>
2.2.2.1 Medir resistência .....	31
2.2.2.2 Resistor <i>Pull-Up</i> e <i>Pull-Down</i> .....	32
<b>2.2.3 Atuadores</b> .....	<b>33</b>
2.2.3.1 Válvulas solenóide.....	33
2.2.3.2 Relé .....	34
2.2.3.3 Transistores.....	35
<b>2.2.4 Microcontroladores</b> .....	<b>36</b>
2.2.4.1 Arduino .....	38
<b>2.2.5 Comunicação de dados</b> .....	<b>40</b>
2.2.5.1 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO .....	41
2.2.5.2 BLUETOOTH.....	42
<b>2.2.6 Android</b> .....	<b>44</b>
<b>3 TRABALHOS CORRELATOS</b> .....	<b>48</b>

3.1 CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO DE MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL.....	48
3.2 MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA EM APARTAMENTOS .....	48
3.3 MEDIÇÃO E CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA EM INSTALAÇÕES PREDIAIS.....	49
3.4 SISTEMA DE TELEMETRIA REMOTA DE CONSUMO DE ÁGUA PARA CLIENTES DE COMPANHIAS DE SANEAMENTO .....	49
3.5 A MICROCONTROLLER-BASED DATA-ACQUISITION SYSTEM FOR METEROLOGICAL STATION MONITORING .....	49
<b>4 DESENVOLVIMENTO DO HIDRÔMETRO.....</b>	<b>51</b>
4.1 METODOLOGIA.....	51
<b>4.1.1 Desenvolvimento do hardware.....</b>	<b>51</b>
4.1.1.1 Sensor de fluxo.....	51
4.1.1.2 Válvula solenóide .....	53
4.1.1.3 Controle de créditos .....	56
4.1.1.4 Comunicação bluetooth.....	56
4.1.1.5 Montagem de circuito .....	58
<b>4.1.2 Desenvolvimento do software.....</b>	<b>60</b>
4.1.2.1 Protocolo de comunicação .....	60
4.1.2.2 Software Android.....	61
<b>4.1.3 Materiais utilizados .....</b>	<b>65</b>
4.2 RESULTADOS OBTIDOS .....	66
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O hidrômetro é um instrumento para medição volumétrica de água, sendo utilizado em larga escala pelas companhias de saneamento básico para medir o consumo dos seus clientes, emitindo assim contas que levam em consideração o volume consumido individualmente. Também utilizado pelas mesmas para estimar as perdas entre o centro de distribuição e os locais de destino.

Para a medição do volume de água pelo hidrômetro, um dispositivo interno é acionado pela pressão que a água exerce sob uma turbina ou hélice gerando um movimento de rotação, assim, um totalizador é acionado de acordo com a proporcionalidade da rotação indicando o volume do líquido em metros cúbicos ou litros. Para cada tipo de líquido medido, existe um modelo de hidrômetro específico, com componentes internos específicos e adaptados para cada situação.

Devido ao grande número de erros providos do hidrômetro atual, tais como a medição da vazão de ar que passa juntamente com a água, o alto custo com o deslocamento de colaboradores que aferem mensalmente o aparelho medidor, a inconveniência ao bloquear clientes devedores, a dificuldade de controle de gastos, gerência e previsão de despesas por parte do cliente, foi desenvolvido um protótipo de circuito para controle de abastecimento e corte de uso de água. O dispositivo medirá a vazão de água que passa por um tubo, através de um sensor, verificando a quantidade de créditos que estará disponível na conta do cliente e, caso o mesmo não possua saldo positivo, uma válvula fechará a passagem de água para dentro da residência. A passagem só será liberada novamente no momento em que os créditos forem recarregados utilizando um dispositivo móvel.

Usando um smartphone ou tablet para realizar a integração com o usuário, tem-se uma grande possibilidade de recursos que podem ser implantados para aprimorar e adicionar funcionalidades ao projeto, pois se trata de um telefone celular que possui a capacidade de estender suas funcionalidades através de aplicativos que serão executados pelo seu sistema operacional. Permitindo assim que desenvolvedores criem inúmeros aplicativos para as mais variadas necessidades. Segundo Pereira e Silva (2012), o fator que impulsiona o mercado de aplicativos para smartphones é o crescente aumento nas vendas dos mesmos, sendo este o produto mais utilizado no mundo. A quantidade de aparelhos existentes é mais da metade da

população mundial (cinco bilhões em 2011) e a quantidade de celulares acessando a internet atinge mais que o dobro de computadores com acesso a mesma.

No desenvolvimento do circuito do projeto, é possível usar microcontroladores para a realização de cálculos, leitura de sensores e acionamento de válvulas, pois alguns modelos possuem a capacidade de ler tanto valores analógicos como digitais, além de possibilitar a capacidade de armazenamento interno de dados. Utilizados para funções específicas de acordo com sua programação e montagem do circuito.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um protótipo para gerenciar a venda de água de maneira pré-paga.

### 1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- a) gerenciar através de um circuito composto de sensor de fluxo e válvula a utilização da água em residências;
- b) desenvolver um protocolo de comunicação sem fio para integrar o hardware com o software de gerência de gastos;
- c) Possibilitar a recarga de créditos através de um software para dispositivos móveis a comunicação com o circuito através do protocolo criado.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo Gomes (2011), levantamentos geoambientais constataram que cerca de 70% da superfície do Planeta é constituída por água, sendo que somente 3% são de água doce e, deste total, 98% estão na condição de água subterrânea e calotas polares. Isso significa que a maior parte da água disponível e própria para consumo é mínima perto da quantidade total de água existente, assim deve ser preservada e não desperdiçada.

Sempre que o tema água é posto em discussão, fala-se sobre técnicas que podem diminuir gastos, racionamento e métodos para reaproveitamento. No entanto, não é usual uma abordagem que envolva assuntos, tais como: técnicas para controle, gerência de gastos e análise de consumo. Esses itens fazem parte de uma etapa importante que permite identificar os locais exatos em que podem estar ocorrendo um mau uso do recurso, para então poder conscientizar os responsáveis de forma mais efetiva e direta.

Com a utilização do protótipo desenvolvido, é possível aumentar a precisão da medição, tornando o método mais confiável, diminuindo custos com colaboradores que não necessitariam se deslocar até as residências mensalmente, bloqueio automático de clientes que não efetuarem o pagamento, neste caso, os que ficaram sem créditos. E proporcionará o levantamento de dados estatísticos de recargas anteriores para possibilitar ao usuário uma estimativa de gasto para os meses posteriores. Tudo isso disponível por meio dos smartphones e tablets.

Como afirma Pereira e Silva (2012), os smartphones, são os produtos mais vendidos e utilizados no mundo, tornando-se assim de fácil acesso para os consumidores. O software desenvolvido para o dispositivo celular poderá ser disponibilizado gratuitamente para download, reduzindo os custos com a troca e utilização do dispositivo medidor.

Com pequenas alterações no projeto, o circuito poderá ser utilizado não apenas por companhias de saneamento básico, mas por qualquer indústria que deseja medir eletronicamente a vazão de um líquido e coletar dados e estatísticas de seu consumo. Sendo necessário também utilizar um sensor de vazão específico para cada tipo de líquido que será medido.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é dividido em cinco capítulos, o capítulo 1 contém informações sobre a introdução do projeto, os objetivos que se esperam alcançar e a justificativa da escolha do tema. O capítulo 2 é composto pelo levantamento bibliográfico, onde o autor explica sobre as tecnologias e componentes utilizados na montagem e programação do protótipo, juntamente com as explicações sobre as

legislações brasileiras sobre o uso e consumo de água, incluindo alguns dados estatísticos sobre a quantidade da mesma.

O capítulo 3 detalha os trabalhos correlatos pesquisados para obter um melhor levantamento de informações sobre as pesquisas já realizadas na área de estudo.

No capítulo 4 é descrito como foi montado o protótipo, cada etapa desenvolvida, problemas encontrados no desenvolvimento, os testes realizados e os resultados obtidos com a utilização do mesmo.

O capítulo 5 é composto pela conclusão do projeto, que descreve o fechamento do trabalho e se os objetivos propostos foram alcançados. Formado também pelos trabalhos futuros, ideias que por terem um maior nível de dificuldade não puderam ser implementados pelo autor.

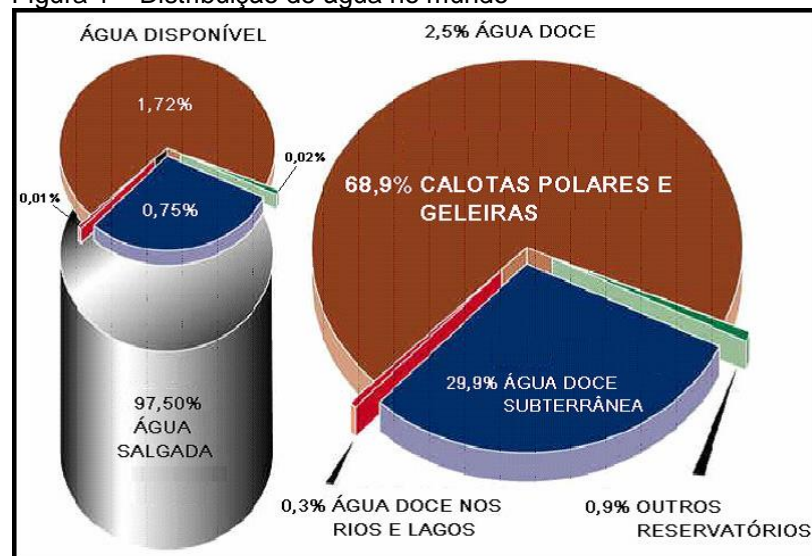
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ÁGUA

Recurso natural mais importante, com significativo valor econômico e social, sem substitutos e indispensável para a vida (CUOCO, 2005). É provavelmente o único recurso natural ligado a todas as áreas da civilização humana, que vão desde o desenvolvimento industrial e agrícola aos valores religiosos e culturais vinculados à sociedade (GOMES, 2011).

A Terra possui aproximadamente 1,4 milhões de quilômetros cúbicos de água, como pode ser visto na representação gráfica da figura 1, deste total, apenas 2,5% são de água doce. Os rios e lagos onde a humanidade retira o que consome equivale a 0,26% deste total (BARROS; AMIM, 2008). Em vista disso é evidente a necessidade de preservar os recursos hídricos.

Figura 1 – Distribuição de água no mundo



Fonte: Barros e Amin (2008).

Em todo mundo, 10% da água é destinada ao consumo público, 23% é destinada para a indústria e 67% é destinada para a agricultura (GOMES, 2011). O consumo humano, se comparado ao consumo utilizado na agricultura, não apresenta demanda significativa, mas é hoje limitado pela constante degradação da quantidade de águas superficiais e subterrâneas por serem localizadas próximas às cidades, contaminadas por esgoto sem tratamento e escoamentos pluviais urbanos lançados

nos rios e a concentração de demanda em grandes metrópoles, consumindo maior quantidade do que é capaz de repor (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2001).

A falta deste recurso hídrico atinge cerca de 2 bilhões de pessoas e que se não forem adotadas medidas de contenção do consumo, dentro de 25 anos cerca de 4 bilhões de pessoas não terão água nem para as necessidades básicas (CUOCO, 2005).

A água não é dividida igualmente pelo mundo. Estudos apontam que apenas 0,08% deste recurso está acessível para o consumo humano, e 20% deste valor está situado no Brasil (CUOCO, 2005).

Fica evidente que caso sejam mantidos os atuais níveis de degradação e consumo da água, antes em abundância, passará a se tornar escassa e assim a sociedade terá que optar entre continuar a vê-la como um bem comum, no qual todos têm acesso ou passar a valorizá-la, transformando-a em um bem econômico, transferindo ao mercado a responsabilidade de suprir a demanda (BARROS; AMIN, 2008).

Para que a sociedade tenha a consciência de que a água é um recurso limitado, finito e escasso, foram implantadas políticas de cobrança para que seja tratada como um bem de uso público, essencial à vida e dotada de valor econômico. Este processo possibilita uma gestão integrada e participativa e conta com a utilização de hidrômetros para medir o consumo de água utilizando os valores de sua vazão para que sejam monitorados os gastos de forma precisa (REDE DAS ÁGUAS, 2013).

### **2.1.1 Vazão**

A vazão é a terceira grandeza mais medida nos processos industriais, ficando atrás da pressão e temperatura. Contém várias aplicações possíveis, indo desde projetos simples como a medição da vazão de água em casas e apartamentos, até a medição de gases em processos industriais. O processo de escolha do dispositivo medidor correto para determinada situação depende de informações como: a exatidão desejada, tipo de fluido (líquido, gasoso, limpo, sujo, condutividade elétrica entre outros), condições termodinâmicas como, por exemplo, a pressão e temperatura em que o medidor irá atuar, espaço físico e custo (CASSIOLATO; ALVES, 2008).

Durante todas as fases de manipulação de fluidos, a medição da vazão é essencial. Para que esta seja precisa e confiável é necessária a correta engenharia envolvendo o instrumento de medição a ser utilizado, a manutenção do dispositivo, a instalação, a operação e a correta análise dos dados obtidos (RIBEIRO, 2004).

Existem muitas maneiras de classificar a vazão, tais como laminar ou turbulenta, ideal ou real, compressível ou incompressível, homogênea ou com mais de uma fase, viscosa ou sem viscosidade, regime estável ou instável, rotacional ou não rotacional, isentrópica, adiabática, isotérmica, vazão de *Couette*, *Rayleigh* ou *Stokes* (CASSIOLATO; ALVES, 2008).

A vazão pode ser conceituada como a unidade de massa ou volume de um fluido que escoar através de uma tubulação ou canal por unidade de tempo (CASSIOLATO; ALVES, 2008). De acordo com Shames (1973), a vazão também pode ser a unidade de peso que escoar em uma tubulação ou canal.

A vazão mássica, segundo Cassiolato e Alves (2008), é a quantidade de massa que escoar através de certa seção em um intervalo de tempo. As unidades de medida mais utilizadas são kg/s, kg/h, t/h, lb/h.

A fórmula (1) realiza o cálculo da vazão.

$$Q_m = \frac{m}{t} \quad (1)$$

Sendo que:

- a)  $Q_m$  é a vazão mássica;
- b)  $m$  é a massa;
- c)  $t$  é o tempo.

A vazão volumétrica é determinada a partir do escoamento de um fluido por meio de determinada seção transversal de um conduto livre (canal, rio ou tubulação aberta) ou em um conduto forçado. Isto significa que a vazão volumétrica representa a velocidade com a qual um volume escoar. As unidades de medida mais adotadas são o  $m^3/s$ ,  $m^3/h$ , l/h ou o l/s (SHAMES, 1973).

A fórmula (2) para a obtenção da vazão volumétrica é:

$$Q = vA \quad (2)$$

Sendo que:

- a) Q é a vazão volumétrica resultante;
- b) v é a velocidade;
- c) A é a área da seção transversal.

A vazão volumétrica também pode ser obtida através da fórmula (3):

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3)$$

Em que:

- a) Q é a vazão volumétrica resultante;
- b) V é o volume do fluido;
- c) t é o tempo do movimento.

Para a medição da vazão volumétrica da água, é utilizado em larga escala pelas empresas de saneamento básico um dispositivo ligado a tubulação por onde escoo o fluxo. Um dos dispositivos mais utilizados para esse uso é o hidrômetro.

### 2.1.2 Forma de medição

O hidrômetro é um dos aparelhos utilizados para medição do consumo de água em residências, medindo continuamente o volume de água que passa por seu sistema. Existem modelos de tamanho e funcionamento variados, mas todos devem ser aprovados pelo INMETRO e todos devem conter os indicadores de metros cúbicos demonstrados em preto e os indicadores de litros escritos em vermelho. A figura 2 mostra um exemplo de hidrômetro com os seus indicativos (CARVALHO, 2010).

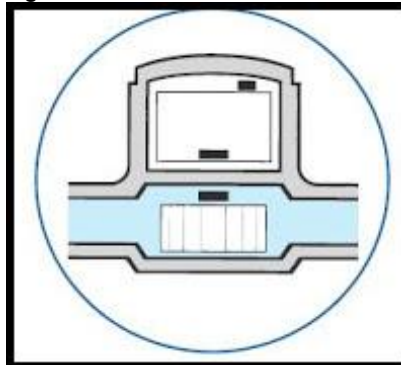
Figura 2 – Exemplo de hidrômetro e suas informações



Fonte: Aloureiro (2009).



Figura 4 – Funcionamento interno do hidrômetro volumétrico



Fonte: Hydrotech (2009).

Conforme descreve Carvalho (2010), os hidrômetros mais utilizados são os do tipo velocimétricos, estes podem ser classificados como sendo monojatos ou multijatos, possuem uma relojoaria seca ou úmida e utilizam uma transmissão magnética ou mecânica.

Os hidrômetros do tipo monojato, possuem seu funcionamento baseado em um único jato perpendicular em relação ao eixo turbina. A sua própria carcaça é utilizada como câmara de medição, o que torna o equipamento mais leve, sustentável, simples e compacto. Este modelo é o mais utilizado no Brasil, superior a 95% dos aparelhos medidores para baixas vazões, resultando em um maior número de modelos e fabricantes (TAMAKI, 2003). De acordo com Coelho e Maynard (1999), estes modelos custam em torno de 20% a menos que o modelo multijato, devido ao fato de possuir menos componentes, tolerar água com maior quantidade de sólidos, possuem menor peso e tamanho.

Os modelos multijatos possuem diversos orifícios igualmente distribuídos, resultado em diversos jatos incidindo sobre a turbina. Os jatos de água entram na câmara de medição por orifícios localizados na parte inferior e saem pelos orifícios localizados na parte superior, com a entrada da água de maneira distribuída na câmara, permite um funcionamento mais balanceado da turbina em relação ao seu eixo devido à distribuição simétrica do fluido, aumentando a vida útil dos componentes (CARVALHO, 2010).

Os hidrômetros de relojoaria seca, trabalham com seus mecanismos sem o contato direto com a água, sendo necessário um processo de transmissão que conecte a turbina com a relojoaria. Essa transmissão é realizada de duas maneiras, mecânicas ou magnéticas. Os modelos mecânicos são ultrapassados e não mais

utilizados, menos sensíveis e problemáticos quando o vidro de leitura embaça (CARVALHO, 2010).

Os modelos magnéticos possuem em sua estrutura um ou mais ímãs fixos em suas pás, a partir dos movimentos das mesmas são gerados pulsos eletromagnéticos. Estes pulsos acionam um sensor que envia sinais para o dispositivo totalizador (TAMAKI, 2003).

Este aparelho é utilizado em residências e indústrias para que posteriormente os técnicos das companhias de saneamento básico possam calcular o consumo de água e emitir uma conta de cobrança.

### 2.1.3 Conta de água

Até o início dos anos 90, os padrões adotados pelo Brasil e principalmente no Estado de São Paulo, causaram a degradação e morte por poluição dos principais rios paulistas, como por exemplo, o Tietê. Juntamente com outros agravantes, como a ocupação urbana sem planejamento, resultaram na grave situação de falta de água para o abastecimento público em inúmeras regiões (REDE DAS ÁGUAS, 2013).

Conforme descreve a Rede das Águas (2013), 1500 metros cúbicos de água por habitante ano, é considerado internacionalmente como nível crítico para o abastecimento populacional. Na região metropolitana de São Paulo a disponibilidade de água era de 200 metros cúbicos por habitante ano e 400 metros cúbicos por habitante ano em Piracicaba.

Diante destes problemas em 1994 foi instituído o código das águas e o princípio de poluidor pagador, contudo, nenhum método de cobrança foi instituído em virtude da falsa ideia de que há água em abundância em nosso país e que este recurso pertence à natureza e, portanto não pertence a ninguém (REDE DAS ÁGUAS, 2013).

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos é um dos meios de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos com base na lei nº 9.433/97<sup>1</sup>, possuindo objetivos como apresentar ao usuário uma indicação do real valor da água, incentivar o uso racional dos recursos hídricos e obter recursos financeiros para recuperação das bacias hidrográficas do país (ANA, 2013).

---

<sup>1</sup> A legislação número 9.433/97 encontra-se disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm)>. Acessado dia 11/11/2013.

A cobrança não é um imposto, é uma remuneração pelo uso de um bem público, em que o preço é fixado por meio de um acordo entre os usuários da água, a sociedade civil e o poder público no âmbito dos Comitês da Bacia Hidrográfica (CBH), a quem a legislação brasileira delega a competência de pactuar e propor os mecanismos de controle e cobrança a serem adotados (ANA, 2013).

O valor pago pelo consumidor mensalmente é pelo serviço de captação, tratamento e despesas que as concessionárias têm para que a água chegue nas residências, indústrias ou agricultores. Não paga-se pelo produto ou o consumo, mas sim pelo serviço de fornecimento (FARIA, 2013).

A legislação destina uma aplicação específica para os valores arrecadados com as cobranças, a recuperação das bacias hidrográficas em que foram originadas. A cobrança das águas em domínio da União pode ser iniciada apenas após a aprovação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) dos mecanismos de valores propostos pelo CBH (ANA, 2013).

No Brasil a cobrança de água é feita de maneira manual e possui a necessidade de deslocamento dos técnicos para todos os locais de cobrança. Nos dias atuais existe tecnologia suficiente para realizar um projeto de medição de forma automatizada, segura e rápida, o que falta é a prática.

## 2.2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A maioria dos projetos de automação utilizados em indústrias é extremamente complexa e requer ciclos repetitivos. Cada sistema de automação é composto de cinco elementos (ALVES, 2005):

- a) acionamento: sistema de energia utilizado para atingir determinado objetivo. Podem ser motores elétricos, válvulas solenóides, pistões pneumáticos, entre outros;
- b) sensoriamento: mede alguma propriedade particular dos componentes do sistema ou seu desempenho. Exemplos: sensores de temperatura, movimento, velocidade, corrente, entre outros;
- c) controle: componente utilizado para regular as informações provido de sensores ou outros dispositivos de entrada para realizar algum acionamento. Por exemplo, um sistema envia comandos para fechar a

passagem de água que abastece um reservatório quando o mesmo já estiver cheio;

- d) comparador: item utilizado para decisão, compara valores obtidos e toma decisões baseado em sua programação de como deve atuar o sistema;
- e) programas: composto de informações detalhadas sobre processos que permitem controlar as atividade e interações entre componentes.

### **2.2.1 Sensores**

Sensores são dispositivos sensíveis a alguma variação do ambiente, que fornecem dados de entrada para o sistema a partir de dados do ambiente externo ao circuito. As grandezas medidas podem ser luminosas, térmicas ou cinéticas, relacionando informações sobre alguma grandeza que necessita ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração e outros (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Os sensores são divididos em analógicos e digitais, de acordo com a saída do seu sinal (CAPELLI, 2012).

Sensores analógicos podem assumir qualquer valor que esteja dentro de sua faixa de operação em forma de sinal elétrico proporcional à grandeza medida. Um exemplo pode ser um sensor que mede a luminosidade do ambiente, retornando valores entre zero e cinco volts. Estes são calculados pelo microcontrolador, através de relações proporcionais para obter o valor exato da luminosidade medida (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Os sensores digitais, por sua vez, assumem apenas dois valores: zero ou um. No entanto, não existem grandezas mensuráveis que assumam apenas estes dois valores. Portanto, o resultado final é obtido por meio da conversão de sinais analógicos em sinais digitais, para posterior utilização. Um exemplo de sensor digital é o ultrassônico, que converte o tempo de resposta de um sinal sonoro em dados digitais, calculando a distância de um objeto com base no tempo da resposta do sinal enviado (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Segundo Capelli (2012), os sensores de tipos analógicos são divididos em quatro modelos: indutivos; capacitivos; fotoelétricos e ultrassônicos.

### 2.2.1.1 Indutivos

Tem como elemento principal uma bobina para gerar um campo eletromagnético de alta frequência que reage quando próximo de materiais metálicos. Utiliza o princípio da impedância elétrica (oposição que um circuito elétrico faz à passagem de corrente quando é submetido a uma tensão) de uma bobina de indução, que ao gerar uma corrente alternada tem esta alterada quando um objeto metálico ou outra corrente elétrica é posicionada dentro do campo eletromagnético (CAPELLI, 2012).

Isso é possível pois o objeto absorve parte do campo magnético. Essa variação é detectada pelo circuito do sensor, que produz um sinal de saída. Um sensor indutivo possui quatro partes contendo:

- a) um oscilador para verificar as mudanças de corrente contínua para corrente alternada;
- b) um núcleo de ferro envolvido por fios ou uma bobina para criar um campo eletromagnético;
- c) dispositivos de sensoriamento que monitoram o campo eletromagnético causado por metais passando nas proximidades;
- d) dispositivo para processar a saída e levar as informações do sensor para outros equipamentos.

### 2.2.1.2 Capacitivos

São sensores semelhantes aos modelos indutivos, porém sua diferença está no princípio de seu funcionamento, o qual se baseia na mudança da capacitância da placa detectora localizada na região denominada face do sensor.

Todo capacitor possui a característica do aumento de sua capacitância quando colocamos algum tipo de material isolante (dielétrico) entre seus eletrodos, assim, quando aproximado qualquer material, líquido ou sólido, próximo ao sensor, ele atuará como massa dielétrica aumentando sua capacitância. Um circuito eletrônico do sensor detecta essa variação de capacitância e envia para a saída um sinal, que pode ser um contato NA ou NF para corrente alternada ou contínua, um transistor ou ainda um sinal variável de tensão ou corrente (saída analógica) (CAPELLI; 2012).

Os sensores capacitivos possuem inúmeras aplicações que, de acordo com o fabricante, podem ser utilizados para detecção de qualquer material, por exemplo, para substituir as chaves fim-de-curso e até como detector de líquidos ou toques.

#### 2.2.1.3 Fotoelétricos

A finalidade deste tipo de sensor é converter um sinal luminoso em sinal elétrico, podendo assim ser processado por circuitos eletrônicos.

Um sensor fotoelétrico pode ser um transdutor ou um sensor propriamente dito. Transdutores são formados por dois dispositivos, um para a emissão e modulação da luz e o outro para a recepção da mesma. Pode ser usado para detectar um objeto pela interrupção da passagem do feixe de luz (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005). Outro modelo são os sensíveis a luminosidade, os mais comuns são os Resistores Dependentes de Luz, do inglês Light Dependent Resistor (LDR), que alteram sua resistência de acordo com a luminosidade do ambiente.

#### 2.2.1.4 Ultrassônicos

Sensores que operam utilizando a emissão e recepção de ondas sonoras, podendo detectar se houve uma obstrução do feixe por algum material. A distância do objeto até a fonte pode ser estimada por meio de cálculos da velocidade do feixe e o tempo que levou a recepção (CAPELLI; 2012).

#### 2.2.1.5 Sensores de Efeito Hall

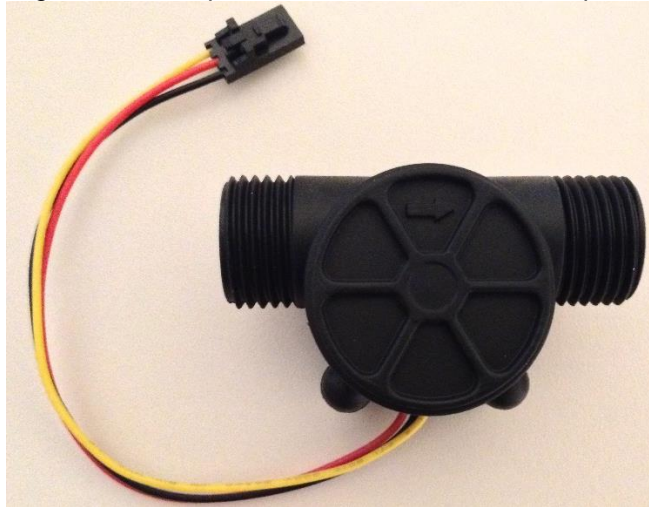
Sensores de efeito *hall* são compostos de semicondutores, que devido a sua composição, sofrem influência de campos eletromagnéticos. Passando uma corrente por uma placa condutora e perpendicularmente gerando um campo eletromagnético, faz com que o fluxo das cargas elétricas seja distorcido e se concentre nas extremidades da placa, gerando uma diferença de potencial, esta diferença chama-se Tensão de Hall (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Ainda segundo Thomazini e Albuquerque (2005), o efeito Hall pode existir em qualquer material condutor, mas é mais intenso em materiais semicondutores.

Porém os semicondutores apresentam diferenças de lote para lote, o que torna necessário a utilização de circuitos eletrônicos auxiliares para ajustar o sinal gerado, calibrando assim o valor de acordo com o campo eletromagnético.

Para medir a vazão de um fluido utilizando estes sensores, é utilizado um medidor do tipo turbina. Um dos modelos disponíveis no mercado é o demonstrado na figura 5.

Figura 5 – Exemplo de um sensor de efeito Hall para medição de vazão

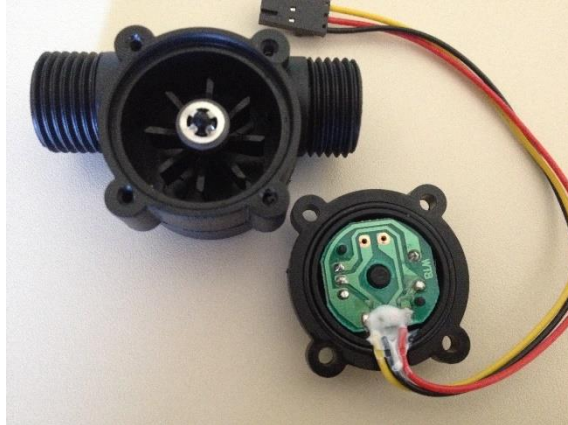


Fonte: Do autor.

O funcionamento ocorre da seguinte maneira: o escoamento do líquido pela tubulação faz com que as pás de uma pequena turbina posicionada ao longo da tubulação se movimentem. Em uma ou mais pás da turbina estão acoplados ímãs permanentes e próximo a eles é posicionado o sensor, mas este está isolado do líquido.

O movimento gerado estimula o sensor através da passagem do campo eletromagnético originado pelos ímãs, gerando uma série de pulsos com amplitude proporcional ao fluxo do líquido, os dados gerados podem ser lidos e convertidos nas unidades de medidas desejadas e calculados com o auxílio de um microcontrolador (MENA; BORTOLETO, 2013).

Figura 6 – Exemplo do sensor de fluxo de dados aberto



Fonte: Do autor.

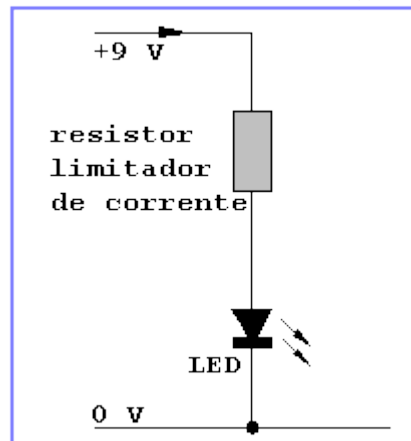
Nem todos os sinais gerados pelos sensores possuem características elétricas para serem utilizados em um sistema de controle. Frequentemente o sinal de saída gerado deve ser tratado antes de sua leitura, isso geralmente é realizado por um circuito de interface para a manipulação dos dados, transformando-os em um sinal que possa ser lido pelo controlador.

Na maioria dos circuitos, existem componentes com especificações diferentes e que trabalham com valores de tensões e correntes diferentes, para ajustar esses valores, impedindo o mal funcionamento ou a queima do mesmo, utiliza-se componentes como os resistores, responsáveis por impor uma resistência a passagem de corrente, diminuindo o valor da mesma (MENA; BORTOLETO, 2013).

### 2.2.2 Resistores

Resistores são componentes utilizados para transformar energia elétrica em energia térmica, ou seja, são utilizados como aquecedores ou dissipadores de eletricidade. Alguns exemplos de resistores mais comuns são as resistências de chuveiros e filamentos de lâmpadas, já em um circuito elétrico os resistores são utilizados para limitar a intensidade de corrente elétrica, como demonstra a figura 7.

Figura 7 – Exemplo de utilização de um resistor.

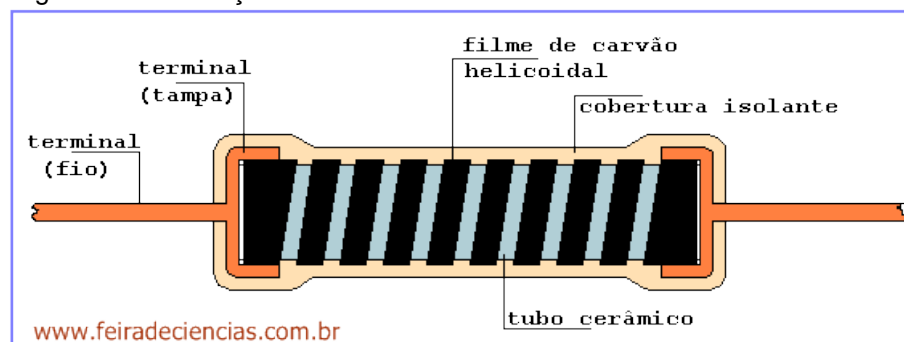


Fonte: Universidade Federal do Paraná (2014).

Na figura 7, o resistor limita a corrente que passará pelo Diodo Emissor de Luz, do inglês *Light Emitter Diode* (LED), permitindo que apenas a corrente necessária para o funcionamento do LED passe, sem ele é possível que o LED queime devido à alta corrente aplicada (NETTO, 1999).

Os modelos mais comuns de resistores são construídos a partir de filmes de carbono. Durante sua manufatura, uma fina película de carbono é enrolada sobre um tubo cerâmico, até que a resistência (filme) encontre os dois extremos. Após esta etapa são conectados terminais, que semelhantemente a resistência, devem ser conectados às extremidades, em seguida a peça é coberta por um material isolante. Na fase final da manufatura o produto é pintado com faixas que indicam seu valor de resistência (NETTO, 1999). A figura 8 ilustra um resistor cerâmico e suas partes.

Figura 8 – Construção de um resistor



Fonte: Feira de Ciências (2014).

### 2.2.2.1 Medir resistência

Resistores são, geralmente, componentes pequenos, o que dificulta a impressão de seu valor ôhmico em seu corpo, por isso cada um é coberto por quatro ou cinco faixas de cores (o número de faixas depende do seu modelo). As cores representam os valores a serem calculados para que se possa conhecer sua resistência sem a utilização de aparelhos medidores (NETTO, 1999).

Cada cor e posição da faixa representam um número, estes podem ser visualizados na figura 9.

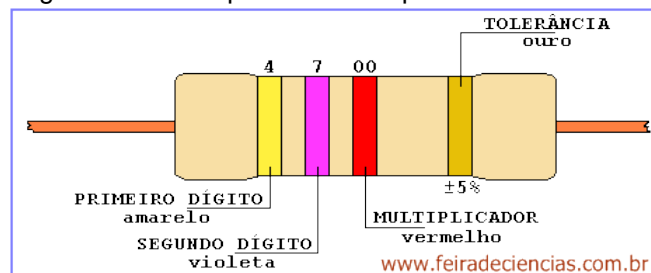
Figura 9 – Tabela de Cores de resistores.

Cor	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4
Prata	-	-	0,01	+/-10%
Ouro	-	-	0,1	+/-5%
Preto	0	0	1	-
Marrom	1	1	10	-
Vermelho	2	2	100	+/-2%
Laranja	3	3	1.000	-
Amarelo	4	4	10.000	-
Verde	5	5	100.000	-
Azul	6	6	1.000.000	-
Roxo	7	7	-	-
Cinza	8	8	-	-
Branco	9	9	-	-

Fonte: Huily ROBOT (2014).

Utilizando a figura 10, será calculado o valor da resistência do resistor como exemplo para demonstração dos cálculos.

Figura 10 – Exemplo de resistor para cálculo de resistência.



Fonte: Feira de Ciências (2014).

A primeira e a segunda faixa de cor, representam o primeiro dígito e o segundo dígito respectivamente. Na figura 10, pode-se visualizar a cor amarela, que representa o valor 4 e violeta que representa o valor 7. A terceira faixa é o multiplicador, o valor 47 (montado a partir das duas primeiras faixas) será multiplicado pelo valor da terceira faixa, neste caso ( $100, 10^2$ ) resultando em um valor total de 4700 ohms.

A última faixa é a tolerância, representa a precisão do valor real, no caso da cor ouro, pode varia 5% para mais ou para menos. Se o resistor não possuir esta faixa, a tolerância é de 20%.

### 2.2.2.2 Resistor *Pull-Up* e *Pull-Down*

Estes resistores são utilizados para evitar que pinos configurados como entrada em microcontroladores fiquem flutuando, ou seja, sem conexão com dispositivos. Estes são resistores comuns que se diferenciam pela sua conexão em circuitos. Com estas conexões, é garantido que os valores analógicos sejam ajustados para níveis lógicos esperados pelo microcontrolador quando os dispositivos são desconectados ou desligados (NETTO, 1999).

Um resistor *pull-up* serve para que ele puxe (*pulls*) a tensão do condutor a que ele for conectado para uma tensão que represente o nível lógico alto. Para isso, o resistor possui alta resistência pois, se por algum motivo, um componente puxe fortemente a tensão do condutor para 0V, a tensão deve ir para 0V.

De forma semelhante, resistores *pull-down* são usados para manter o valor de entrada em valor zero (baixo) quando nenhum outro componente estiver conduzindo a entrada (NETTO, 1999).

Na maioria dos projetos de automação, é necessário não somente o sensoriamento, mas também que o dispositivo realize alguma ação no ambiente em que está. O acionamento desta ação pode ser feito de maneira manual (intervenção do usuário) ou de maneira automática (controlado pelo próprio circuito).

### 2.2.3 Atuadores

Dispositivos que, por meio de um controlador, atuam sobre uma variável do ambiente e agem sobre o sistema controlado, geralmente trabalhando com potência elevada. Os exemplos mais comuns são válvulas, relés, cilindros, motores e solenóides (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

#### 2.2.3.1 Válvulas solenóide

Válvula solenóide é a união de dois componentes básicos (RIBEIRO, 2003):

- a) bobina (solenóide);
- b) corpo da válvula.

Usada para controlar a vazão de fluidos em tubulações, principalmente com duas funções: Abrir e fechar. A válvula é aberta ou fechada por meio do movimento de seu núcleo, que é acionado na solenóide quando a bobina é energizada.

Segundo Ribeiro (2003), as válvulas possuem dois modelos, Normalmente Fechadas (NF) e Normalmente Abertas (NA). A válvula normalmente fechada abre quando é aplicada uma corrente elétrica e fecha quando a corrente é cortada. Válvula normalmente aberta possui o funcionamento inverso, fecha quando a bobina é energizada e abre quando a corrente é cortada.

A figura 11 demonstra um modelo de válvula citado anteriormente, utilizada basicamente em sistemas de irrigação.

Figura 11 – Exemplo de válvula solenóide usada para irrigação



Fonte: Do autor.

Devido ao fato desses mecanismos utilizarem tensões maiores que os dispositivos utilizados para controlá-los, é necessário a aplicação de um componente que fará o papel de chaveamento, podendo assim ser utilizada uma fonte de tensão externa diferente do controlador para o acionamento dos diversos dispositivos.

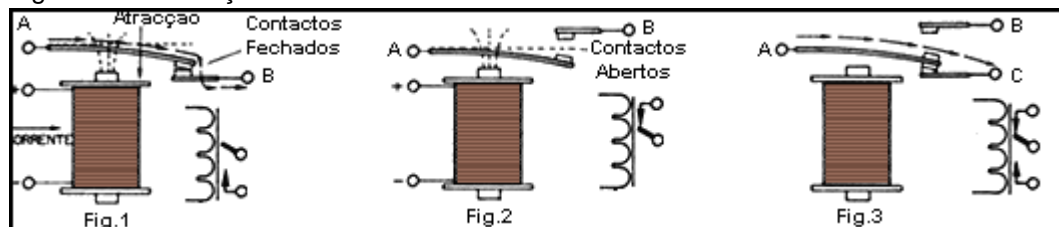
### 2.2.3.2 Relé

Relés são chaves para o acionamento de dispositivos de alta tensão ou corrente, a partir de circuitos de baixa tensão. Um exemplo simples de sua aplicação é o acionamento de uma lâmpada de 220v utilizando um microcontrolador de apenas 5v (Electronica PT, 2006).

Seu funcionamento é baseado em um contato metálico que é atraído por influência de um campo eletromagnético gerado a partir de uma bobina, quando esta é energizada.

Assim, como demonstra a figura 12, quando uma determinada corrente elétrica passa pela bobina, o contato é atraído, abrindo ou fechando o circuito dependendo do modelo de relé (Electronica PT, 2006).

Figura 12 – Ilustração funcionamento dos relés NA e NF



Fonte: Electrónica PT (2006).

Quando o circuito é aberto energizando a bobina, denomina-se que este modelo de relé é NA, normalmente aberto, enquanto os relés que fecham o circuito ao alimentarem a bobina são chamados de NF, normalmente fechado.

Estas propriedades fazem com que o relé se torne um dispositivo de segurança, pois isola do circuito controlador, que trabalha com baixa tensão/corrente, da carga que é usada para alimentar o dispositivo, evitando assim que o mesmo queime (Electronica PT, 2006).

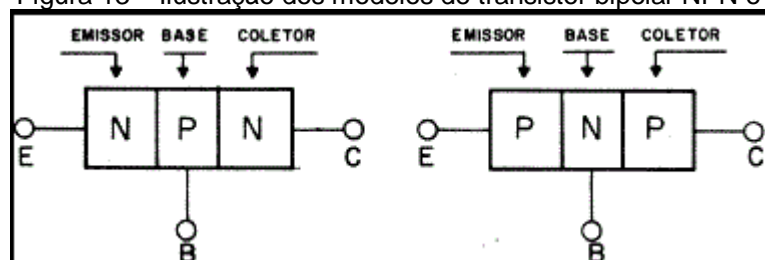
Outro tipo de dispositivo eletrônico que realiza uma função parecida são os Transistores, que diferente dos relés, não possuem partes mecânicas em sua constituição.

### 2.2.3.3 Transistores

Principal componente responsável pela revolução eletrônica na década de 1960, criado por John Bardeen e Walter Brattain, sob a supervisão de William Shockley no AT&T Bell Labs em 1947. Suas utilizações principais são de interruptores de sinais elétricos, amplificadores e retificadores de sinais. Este projeto substituiu a válvula (dispositivo utilizado para chaveamento, comum em antigas TVs e rádios), sem possuir partes mecânicas, com um funcionamento muito mais rápido e com um consumo mínimo de energia se comparado àquelas (MORIMOTO, 2005).

Os transistores são formados por materiais semicondutores, como o silício (antigamente eram constituídos de germânio), e com a adição de pequenas quantidades de outros elementos, o semicondutor pode passar a ser do Tipo P ou do tipo N. Podem ser classificados de acordo com a forma que o portador de carga utiliza para transportar a corrente, assim existem dois tipos de transistores: bipolares e unipolares. Os bipolares utilizam lacunas e elétrons livres como portadores de carga, enquanto os unipolares utilizam elétrons livres ou lacunas (PIROPO, 2012).

Figura 13 – Ilustração dos modelos de transistor bipolar NPN e PNP.



Fonte: Radio Amadores (2008).

Como demonstra a figura 13, o transistor é composto de três regiões constituídas de materiais semicondutores, onde cada uma está ligada a um contato metálico. Estas regiões são designadas emissor (conector E da figura 13), base (conector B na figura 13) e coletor (conector C na figura 13).

Seu funcionamento se constitui na alimentação da base, dependendo de sua alimentação há, ou não, uma circulação de corrente entre o emissor e o coletor. Com uma baixa tensão aplicada sobre ela, pode-se utilizar suas características como chave nos mais diversos circuitos (SILVA, 2003).

Todo o acionamento das válvulas, utilizando transistores ou relés pode ser feito de maneira independente do contato humano, para isso pode ser utilizado microcontroladores e outros dispositivos atuadores.

#### **2.2.4 Microcontroladores**

Microcontrolador é um componente eletrônico de pequeno porte, que integra uma inteligência programável. Definido como pequeno, pois em uma única pastilha de silício encapsulada possui diversos componentes eletrônicos necessários já integrados (ANTONIO, 2006).

Ainda segundo Antonio (2006), o microcontrolador é utilizado em controles de processos lógicos, este controle é definido como o controle de periféricos como LEDs, sensores, botões. Denominados controles lógicos, pois toda sua operação baseia-se nas ações lógicas executadas dependendo dos dados de entrada e saída de seus periféricos.

Todos os microcontroladores possuem cinco elementos ou unidades fundamentais: a unidade lógica e aritmética, a unidade de memória, a unidade de controle, a unidade de entrada e a unidade de saída (TOCCI; WIDMER, 2003).

A Unidade Lógica Aritmética (ULA), área que executa operações lógicas e aritméticas entre informações binárias, gerando uma nova informação na saída. Os tipos de operações realizadas são definidos pela unidade de controle e os dados utilizados podem ser originários da unidade de memória ou da unidade de entrada (MARINHO; MARINHO, 2001).

A Unidade de Memória armazena palavras (grupos de dígitos binários) que podem representar instruções que devem ser executadas e/ou dados que serão manipulados. O armazenamento é controlado pela unidade de controle por meio de posições de memória, endereços representados por números hexadecimais (TOCCI; WIDMER, 2003).

A Unidade de Entrada é formada por todos os dispositivos usados para obter informações e dados externos para posteriormente serem processados. A unidade de controle determina para onde os dados serão enviados (ULA ou unidade de memória) (MARINHO; MARINHO, 2001).

A Unidade de Saída é formada por componentes que transmitem dados do microcontrolador para outros dispositivos. Estes componentes são controlados pela unidade de controle e recebem informações para serem transmitidas da memória ou ULA. Os dispositivos de saída mais comuns são LEDs, displays, impressoras ou outros microcontroladores (TOCCI; WIDMER, 2003).

De acordo com Tocci e Widmer (2003), a Unidade de Controle tem como função controlar todas as operações entre todas as outras unidades, por meio de sinais de controle e temporização. Realiza funções de busca e execução.

A função de busca envia um endereço de memória e uma instrução de leitura à unidade de memória que retorna o dado armazenado. A função de execução processa os dados recebidos e os decodifica por circuitos lógicos para determinar o que deve ser feito e para quais unidades restantes a informação deve ser enviada.

Em diagramas que exemplificam a organização básica de um microcontrolador, as unidades de controle e ULA são mostradas combinadas em uma unidade denominada Unidade Central de Processamento, do inglês Central Processing Unit (CPU). Isto é feito para separar os componentes que atuam como o cérebro do controlador das demais unidades (TOCCI; WIDMER, 2003).

Para definir quais instruções o microcontrolador deve executar e como ele fará isso, é necessário que seja detalhada uma maneira e estrutura, as quais ele poderá reconhecer. Para isso, um programa deve ser escrito em uma linguagem determinada (ANTONIO, 2006).

Antonio (2006) afirma que um programa é um conjunto de instruções em sequência, em que cada uma identificará precisamente qual deve ser a função executada pelo controlador. Escrito em uma linguagem de alto nível e posteriormente convertida para uma linguagem de baixo nível, entendida pelo microcontrolador. Este processo de conversão é feito pelo compilador para posterior gravação no chip.

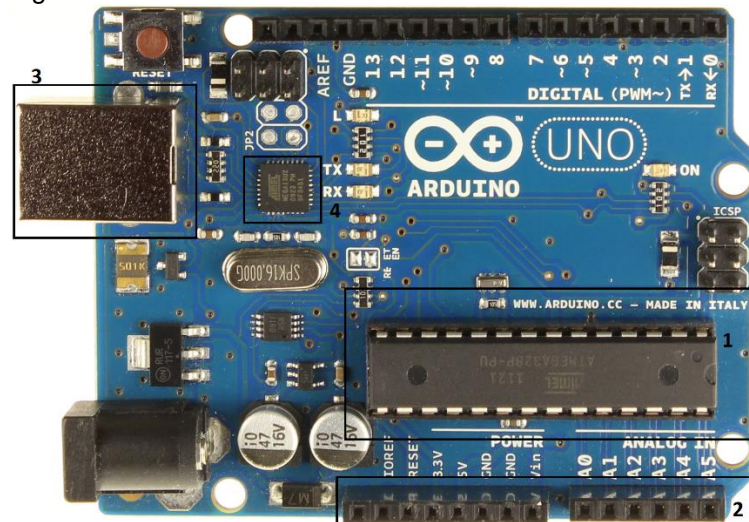
### 2.2.4.1 Arduino

Um dos microcontroladores mais populares da atualidade é o Arduino, em termos básicos é um minicomputador passível de programar suas entradas e saídas para controle de outros componentes nele conectados. O Arduino é o que chamamos de plataforma embarcada, ou seja, sistema que pode interagir com o seu ambiente por meio de hardware e software (MCROBERTS, 2011, tradução nossa). Um projeto aberto, que engloba as ferramentas de programação usadas para programá-lo e a própria placa. Possui uma grande comunidade de construtores, programadores e até apreciadores de arte dispostos a compartilhar seu conhecimento e experiências na internet (MONK, 2010, tradução nossa).

De acordo com Monk (2010, tradução nossa), já que é um projeto aberto, qualquer indivíduo pode acessar seus esquemas, criar clones e vendê-los. Cada placa oficial custa em média 30 dólares, enquanto seus clones podem custar menos de 20 dólares. O nome Arduino é reservado para o projeto original, no entanto, muitas de suas cópias mantiveram as letras “duino” no final do nome, como o Freeduino e o DFRduino.

Sua placa é composta de um microprocessador Atmel AVR, visto na figura 14 sinalizado no item 1, um oscilador ou cristal, um regulador linear de 5 volts e, na grande maioria dos seus modelos disponíveis encontra-se presente uma porta USB (item 3 da figura 14) usada para recuperação de dados ou para upload do código programado (MCROBERTS, 2011, tradução nossa). Um dos fatores que tornaram o Arduino um projeto tão conhecido e utilizado em todo o mundo é a sua facilidade de programação via porta USB, isso é possível graças a um chip FTDI (item 4 da figura 14) que converte a comunicação serial em USB. Possibilitando a gravação dos softwares por qualquer computador que contenha uma porta dessas.

Figura 14 – Arduino UNO R3



Fonte: Imagem adaptada de Arduino (2013).

Ainda segundo McRoberts (2011, tradução nossa), o Arduino também pode ser expandido utilizando *shields*, que são outras placas separadas, contendo outros dispositivos, por exemplo, um *shield Ethernet*, receptores GPS, *displays* de LCD e módulos Bluetooth. Estas placas são integradas ao Arduino por meio de seus pinos de entrada ou saída, para obter funcionalidades adicionais (destacado na figura 14, item 2).

Quanto a sua alimentação, pode ser qualquer tensão entre 7 e 12 volts, então uma pequena bateria de 9 volts funciona muito bem para projetos portáteis. Tipicamente, durante a fase de desenvolvimento do projeto, o Arduino é alimentado pela USB, mas quando ele estiver pronto, a alimentação é feita de maneira independente, então uma fonte de energia externa, adaptador ou bateria, é conectada a placa por meio de seu *socket* (MONK, 2010, tradução nossa).

Para programar as funções desejadas no Arduino, é utilizada sua linguagem de programação e sua *Integrated Development Environment* (IDE), disponível para ambientes Windows, Linux e Mac. A linguagem de programação reconhecida por ele possui como base o C, desenvolvida pela primeira vez no instituto de pesquisa *Bell Laboratories* em 1970 para ser usado no sistema operacional UNIX (EVANS, 2011, tradução nossa).

A IDE permite a escrita do código na linguagem do Arduino e faz o *upload* para a placa, e esta executará o que foi programado interagindo com o que estiver

conectado a ele, estes programas são conhecidos como *sketches* (MCROBERTS, 2011, tradução nossa).

Uma grande variedade de dispositivos pode ser ligada ao Arduino. Basicamente qualquer equipamento eletrônico como sensores, displays, botões, outros microcontroladores e os mais diversos *shields* estão disponíveis em lojas do ramo.

Utilizando as tecnologias existentes é possível comunicar vários dispositivos diferentes através de um meio de comunicação para realizar uma integração entre os mesmos.

### 2.2.5 Comunicação de dados

A comunicação de dados é o processo de troca de informações entre dois dispositivos, não necessariamente iguais, através de algum meio de comunicação. Para que ela exista, os dispositivos devem ser parte de um sistema feito com a junção de hardware e software (FOROUZAN, 2006).

Ainda segundo Forouzan (2006), para garantir a eficiência e o bom funcionamento, o sistema depende de três características básicas:

- a) entrega: o dispositivo de destino, e somente ele, deve receber os dados e os mesmos devem estar corretos;
- b) confiabilidade: a entrega dos dados deve ser garantida pelo sistema;
- c) tempo de atraso: o sistema possui um tempo limite para o envio dos dados, sendo que deve ser o mais eficiente possível.

A comunicação pode ser classificada de três maneiras de acordo com o fluxo de dados a serem trafegados (TANENBAUM, 2002, tradução nossa):

- a) *simplex*: sua comunicação é unidirecional, apenas um dispositivo é capaz de transmitir e o outro é capaz apenas de receber. Um exemplo deste modelo são os rádios;
- b) *half-duplex*: os dois dispositivos são capazes de enviar e receber dados, mas nunca ao mesmo tempo. Quando um deles está transmitindo o outro está recebendo e vice-versa. Um exemplo são os *walkie talkies*;

- c) *full-duplex*: os dispositivos podem enviar e receber simultaneamente, compartilhando a capacidade do meio de transmissão. Os celulares são os exemplos mais comuns.

Ainda segundo Tanenbaum (2002), para montar um sistema de comunicação básico, é necessário no mínimo cinco componentes:

- a) mensagem: dados em um formato protocolado que serão transmitidos;
- b) transmissor: dispositivo usado para enviar a mensagem;
- c) receptor: dispositivo usado para receber a mensagem;
- d) meio: caminho físico por onde é enviada a mensagem, do transmissor para o receptor;
- e) protocolo: é um conjunto de regras que padroniza o envio e o recebimento das informações.

#### 2.2.5.1 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

Protocolos são os elementos de maior importância na comunicação de dados, tanto que as redes passam a ser denominadas pelo protocolo utilizado (MORAES; CASTRUCCI, 2007).

Definido como um conjunto de regras e procedimentos, acordados entre as partes, sobre como será definida a comunicação entre o emissor e o receptor. A violação ou o não cumprimento do mesmo dificultará o entendimento entre as partes e, em alguns casos, poderá não haver a comunicação (TANENBAUM, 2002, tradução nossa).

Um protocolo possui três elementos fundamentais, que são (FOROUZAN, 2006):

- a) sintaxe: referente à estrutura ou o formato dos dados e a forma de apresentação. Por exemplo, um protocolo simples poderia definir que o primeiro *byte* da mensagem é o endereço de origem, o segundo *byte* o endereço de destino e o restante são os dados enviados;
- b) semântica: define o significado de cada conjunto de *bits*. A semântica define como um padrão particular será interpretado e qual a ação será tomada baseada nesta interpretação;

- c) temporização: a temporização está ligada a duas características, quando os dados podem ser enviados e qual a velocidade de envio que pode ser utilizada.

Conforme afirma Forouzan (2006), existem vários modelos de protocolos disponíveis, utilizados para situações específicas. Na internet, por exemplo, são utilizados conjuntos de protocolos denominados TCP/IP. Neste conjunto são utilizados os protocolos HTTP, FTP, ARP, ICMP, IP, TCP, UDP, SMTP, TelNet e NNTP. Existem também dispositivos que utilizam diversos protocolos independentes para realizarem a comunicação dependendo que que ação se espera na comunicação, este é o bluetooth.

#### 2.2.5.2 BLUETOOTH

O Bluetooth é um padrão de comunicação de dados sem fio de curta distância, geralmente usado para comunicar dispositivos de uso pessoal.

Disponível por um enorme número de celulares, sem falar de *tablets* e outros dispositivos, incluindo fones de ouvido, teclados e mouses. Suas vantagens incluem o uso de chips simples, o que faz com que sejam mais baratos que outras placas de comunicação sem fio e o baixo consumo elétrico, o que permite o uso de transmissores em dispositivos pequenos, como celulares e *headsets* (MORIMOTO, 2008).

A versão inicial deste padrão foi um projeto iniciado pela Ericsson em 1994, que posteriormente teve a adesão de grandes empresas como a IBM, Nokia, Toshiba e Intel. Em 1998 estas empresas formaram o Bluetooth *Special Interest Group (SIG)*, uma aliança em que o objetivo era o desenvolvimento de padrão de projeto aberto. Quando os membros fundadores abriram o projeto para a adesão de novos membros, os resultados foram inimagináveis, em menos de dois anos juntaram-se ao grupo quase 2000 participantes, entre eles estavam inclusive céticos como a Microsoft. A principal condição para a adesão é que todos os membros do SIG precisam deixar todos os membros usarem suas patentes Bluetooth impedindo assim que companhias particulares bloqueassem este padrão (DORNAN, 2002, tradução nossa).

O projeto Bluetooth foi criado visando desenvolver um único *chip* de rádio frequência com um alcance de dez metros, um pico de transferência de 720 kbps e custando menos de cinco dólares (DORNAM, 2002, tradução nossa).

Conforme citado por Dornam (2002, tradução nossa), cada aplicação é descrita por conjuntos próprios de protocolos e procedimentos chamados *profiles*. Este sistema de perfis atraiu algumas críticas, pelo fato do bluetooth ser efetivamente nove padrões e não apenas um, e este número tende a crescer cada vez mais. Entretanto o SIG se pronunciou declarando que isso é necessário para garantir a sua interoperabilidade. Os perfis podem compartilhar vários protocolos criando uma base comum, que facilita a adaptação de hardwares já existentes para as novas aplicações quando novos *profiles* forem publicados.

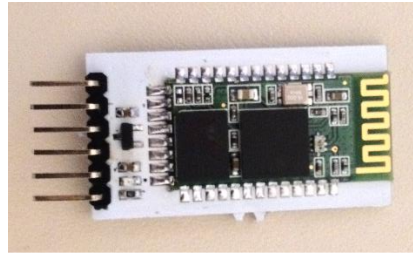
Os cinco *profiles* mais comuns são o *Headset Profile* (HSP), que é utilizado por *headsets* Bluetooth, o *Human Interface Device Profile* (HID), usado por teclados, mouses, joysticks e outros dispositivos de entrada, o *File Transfer Profile* (FTP), que permite transferir arquivos, o *Object Push Profile* (OPP) um protocolo de transferência de dados de uso geral, que pode ser usado para transferir contatos, fotos e outras informações e o *Dial-up Networking Profile* (DUN), que é usado por celulares para permitir o acesso compartilhado à web através do PC (MORIMOTO, 2008).

Cada *profile* faz com que o transmissor Bluetooth e o dispositivo do outro lado sejam vistos de forma diferente pelo sistema. No HSP, o *headset* é visto como uma placa de som remota, que permite o envio de *streams* de áudio. No HID o teclado ou mouse Bluetooth é visto pelo sistema como se fosse um dispositivo de entrada conectado a uma das portas USB do computador, enquanto no DUN o celular é visto pelo sistema como um modem ligado a uma porta serial, que é usado para se comunicar com o provedor, estabelecendo assim, uma comunicação com a internet (MORIMOTO, 2008).

O projeto bluetooth suporta um número muito grande de *profiles*, deste modo é possível criar novos dispositivos que desfrutem de sua capacidade utilizando microcontroladores e módulos bluetooth para realizar a comunicação.

Na figura 15 pode-se ver um modelo deste módulo, com suas conexões facilitadas para a rápida conexão com outros dispositivos.

Figura 15 – Exemplo de módulo bluetooth



Fonte: Do autor.

Devido à utilização de *profiles* diferentes em um mesmo módulo, é viável integrar vários dispositivos, a curta distância, com a utilização do bluetooth. Funcionalidade presente na maioria dos telefones celulares, principalmente os que utilizam o Android.

### 2.2.6 Android

Com o passar dos anos, a quantidade de celulares vem aumentando cada vez mais. Em 2011 o celular era considerado o produto de consumo mais utilizado no mundo, com 5 bilhões de aparelhos existentes, mais da metade da população mundial. Estima-se que no final de 2013 este número chegue a 5,3 bilhões (PEREIRA; SILVA, 2012).

Comparativamente, existem em torno de 1,5 bilhões de aparelhos de televisão no mundo, no ano de 2000 foram enviadas 17 bilhões de mensagens de texto por celular, em 2001, este número subiu para 250 bilhões, para 500 bilhões em 2004 e 2,3 trilhões em 2010. A quantidade de celulares com acesso à internet é o dobro do número de computadores ligado à internet. Com um mercado promissor, não restam dúvidas da grande capacidade de mercado dessa área e das inevitáveis inovações que surgirão (PEREIRA; SILVA, 2012).

Com a inovação na área telefônica como o principal motivo, com o apoio do Google, uma parceria foi instituída com mais de oitenta empresas que atuam no ramo de telefonia móvel, dando origem a Open Handset Alliance (OHA) (PEREIRA; SILVA, 2012).

Segundo Pereira e Silva (2012), a OHA é composta de todas as estruturas que envolvem o processo de telefonia móvel, sendo elas: operadoras de celular, fabricantes de aparelhos, empresas de semicondutores, empresas de software e

empresas de comercialização. A intenção é construir em conjunto um sistema operacional de código aberto, em que qualquer software instalado terá os mesmos privilégios que os softwares desenvolvidos ou licenciados pelo fabricante, possibilitando assim total integração e customização entre os aparelhos e o sistema.

De acordo com a documentação da OHA (2013), toda a comunidade de desenvolvedores podem criar softwares para o Android, não apenas as empresas envolvidas na aliança. A forte integração de todas as áreas envolvidas, permite um crescimento mais eficiente e com uma resposta mais rápida às necessidades dos consumidores. O primeiro projeto construído desta aliança, é o Android™.

O Android é o sistema operacional para smartphones que mais cresce no mundo. Com sua arquitetura flexível, simples e poderosa permite que ele seja a base para diversos produtos no mercado (LECHETA, 2012).

Composto de uma plataforma para tecnologia móvel completa baseada no Linux, que envolve pacotes de programas para celulares e *tablets*, um sistema operacional, aplicativos e interface com o usuário. O projeto Android foi iniciado por uma companhia chamada Android Inc que foi comprada pela Google em 2005, assumindo esta empresa e o trabalho de seu desenvolvimento (LEE, 2011).

Mediante descreve Lee (2011), o Android é gratuito e aberto, ou seja, a maior parte de seu código está disponível para acesso sob a Licença Apache de código aberto, o que significa que qualquer um que quiser usá-lo ou alterá-lo pode fazer isso.

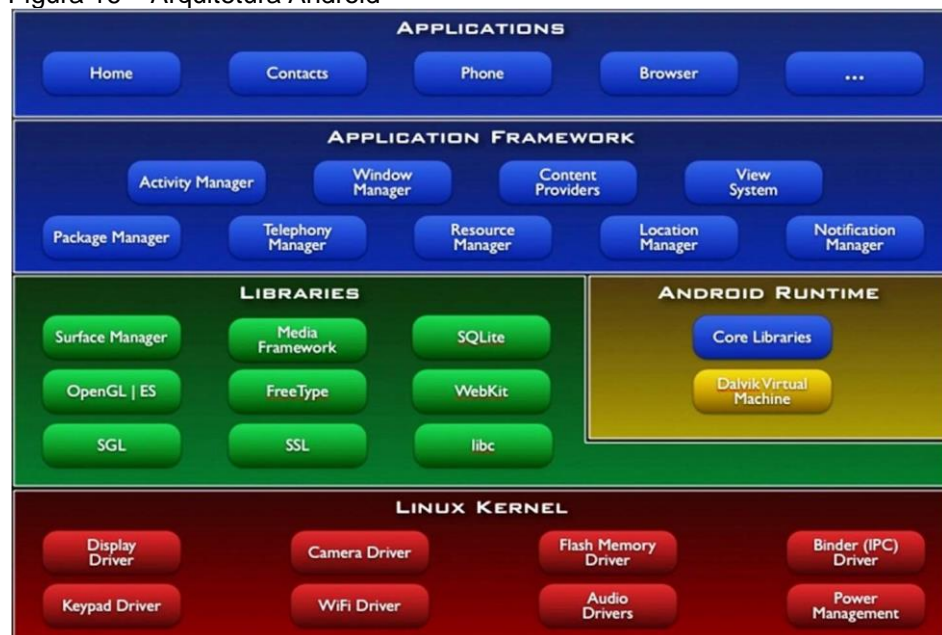
O fato de ser um projeto de código aberto, e que qualquer pessoa pode modificar seus componentes não compromete a sua segurança, pois o Android possui uma capacidade de segurança muito eficiente. Devido a sua execução ser em *kernel* Linux, para cada aplicativo instalado é criado um novo usuário com diretórios específicos, somente para este aplicativo. Os dados ficam completamente isolados uns dos outros, sendo que para acessar as informações de outros aplicativos, é necessária a autorização explícita do usuário, que pode, ou não, bloquear a instalação do mesmo (PEREIRA; SILVA, 2012).

Por ser um projeto de código aberto, o Android está disponível para que os fabricantes de celulares o alterem, assim não há configurações fixas de hardware e software. Entretanto, suporta por padrão as seguintes funcionalidades (LEE, 2011):

- a) armazenamento: utiliza um banco de dados relacional interno, o SQLite, para o armazenamento de dados por ser um outro projeto de código aberto e ser muito leve;
- b) conectividade: suporta GSM/EDGE, IDEN, CDMA, EV-DO, UMTS, Bluetooth, WiFi, LTE e WiMAX;
- c) troca de mensagens: possui suporte a SMS e MMS;
- d) navegador web: aplicativo baseado no WebKit de código aberto e com o mecanismo de JavaScript V8 do Chrome;
- e) suporte a mídias: inclui o suporte para várias mídias, mas os mais comuns são o H.264, MPEG-4, AMR, MP3, MIDI, Ogg, WAV, JPEG, PNG, GIF e BMP;
- f) suporte a hardware: sensor de acelerômetro, sensor de proximidade, GPS e câmera bússola digital;
- g) multitoques: suporte a telas com capacidade de multitoque;
- h) multitarefa: sistema com suporte a multitarefa de aplicativos;
- i) *tethering*: suporte ao compartilhamento de conexões de Internet como um *hotspot* com e sem fios;

O Sistema Operacional do Android está dividido em cinco camadas como mostra a figura 16.

Figura 16 – Arquitetura Android



Fonte: Mobile2go (2013).

A primeira camada é o Linux *Kernel*, base do sistema operacional é uma versão modificada do *kernel* Linux 2.6, que provê ao SO serviços essenciais como segurança, gerenciamento de memória e de processos. Esta camada contém todos os drivers de baixo nível para os seus vários componentes (LEE, 2011).

A próxima é a camada *Libraries*, bibliotecas que contém funções escritas em C e C++ para dar acesso as principais funcionalidades do SO. Nela estão contidos os códigos de acesso ao banco de dados SQLite por exemplo e a biblioteca WebKit, para acessar as funcionalidades da navegação na web (LEE, 2011).

De acordo com Rabello (2008), a camada de *Runtime* é uma subdivisão da camada de bibliotecas, composta da máquina virtual (VM) *Dalvik* bibliotecas centrais. Toda aplicação Android, é executada dentro de seu próprio processo, isto é, uma instância da máquina virtual. A VM foi escrita para possibilitar aos dispositivos suporte a múltiplas máquinas virtuais eficientemente. As bibliotecas centrais segundo Lee (2011), provê aos desenvolvedores a possibilidade de desenvolverem aplicativos utilizando a linguagem Java.

A quarta camada é denominada *Application Framework*. Contém as estruturas dos aplicativos que garantem o acesso dos aplicativos as capacidades do Android para que possam serem utilizados (LEE, 2011). Rabello (2008) destaca os componentes desta camada. Sendo eles: um rico conjunto de componentes gráficos, provedores de conteúdo para dar acesso a dados de outras aplicações, gerenciador de recursos, gerenciador de notificações para as aplicações exibirem alertas e o gerenciador de atividades que gerencia o ciclo de vida de aplicações.

Quinta e última camada, como cita Rabello (2008), é a camada *Applications*, contém os aplicativos que já vem instalados como Telefone, Contatos, Navegador, entre outros, e os aplicativos desenvolvidos pela comunidade e escritos em Java que serão baixados e instalados posteriormente.

O Android não está disponível apenas para smartphones, pode-se citar *tablets*, dispositivos *e-reader*, *netbooks*, MP4 players e Tvs com Internet. Isso mostra a capacidade e amplitude desta poderosa ferramenta (LEE, 2011).

### 3 TRABALHOS CORRELATOS

Para a realização deste trabalho foram pesquisados alguns trabalhos semelhantes, adquirindo assim um maior embasamento do que já foi realizado.

#### 3.1 CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO DE MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido por Bruno Coutinho Fernandes apresentado na Universidade Federal do Espírito Santo e defendido em Janeiro de 2007. O presente projeto consiste no desenvolvimento de um sistema para monitoramento eletrônico de consumo de água residencial, para posterior aplicação no Prédio Experimental da Estação de Tratamento de Esgoto da UFES. Possui como objetivo o monitoramento do consumo de água em pontos como torneiras, sanitários, chuveiros e mictórios. O monitoramento é realizado utilizando hidrômetros e o armazenamento dos dados de consumo é salvo em um computador. O sistema foi desenvolvido utilizando uma rede de comunicação aberta sobre a interface RS-485 e em uma estrutura de comunicação da forma mestre / escravo, sendo utilizado o mestre remoto para o registro das informações e os módulos escravos baseados em microcontrolador contendo a interface de comunicação com os hidrômetros (FERNANDES, 2007).

#### 3.2 MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA EM APARTAMENTOS

Weber de Freitas Carvalho defendeu este trabalho de conclusão de curso na Universidade Federal de Minas Gerais em Fevereiro de 2010. O trabalho apresentado possui o objetivo de analisar as diferentes soluções de projeto para implantação de sistemas de medição individualizada de água em apartamentos, inclusive com soluções que integrem edificações com sistemas de aquecimento de água. Foram analisadas diversas formas de execução, abordando as particularidades de cada solução e traçando um panorama das leis vigentes no país que tratam deste assunto (CARVALHO, 2010).

### 3.3 MEDIÇÃO E CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA EM INSTALAÇÕES PREDIAIS

Defendido na Universidade Federal de Ouro Preto, pelo curso de Engenharia de Controle e Automação em Abril de 2013 por Paula Cristina de Souza Batista. Esse trabalho, além de difundir o conceito de medição individualizada para prédios multifamiliares, mostra algumas das tecnologias já existentes no mercado para o processo de automatização da leitura do consumo de água, como a conectividade por Rádio Frequência, por *Wireless* e *Power Line*, e ainda sugere novas possibilidades para melhorar a automatização do sistema, sempre pensando numa maior economia e conforto para o consumidor e ainda preservando o meio ambiente (BATISTA, 2013).

### 3.4 SISTEMA DE TELEMETRIA REMOTA DE CONSUMO DE ÁGUA PARA CLIENTES DE COMPANHIAS DE SANEAMENTO

Desenvolvido por Higor Campos Dias Gondim e apresentando na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema para medição remota de consumo de água. No projeto é trabalhada a construção de uma solução microcontrolada. A aquisição de dados será feita utilizando um hidrômetro convencional e o envio das informações obtidas será através da rede GSM/GPRS, o software para a recepção, armazenamento e disponibilização dos dados foi desenvolvido utilizando tecnologias web (GONDIM, 2010).

### 3.5 A MICROCONTROLLER-BASED DATA-ACQUISITION SYSTEM FOR METEOROLOGICAL STATION MONITORING

Artigo desenvolvido por Rosiek e Batlles e publicado na *Energy Conversion and Management*. Este trabalho apresenta um estudo de viabilidade de diferentes metodologias existentes ligados à aquisição de dados de estações meteorológicas remotas. A transmissão de dados serve para coletar informações meteorológicas do campo, tais como temperatura, umidade e radiação. No estudo realizado, os dados experimentais são registrados em uma estação meteorológica localizada a cerca de

100 km da Universidade de Almeria. Várias técnicas existentes são estudadas para que possa ser realiza a comunicação de dados, especialmente radio, GSM e GPRS.

Para o desenvolvimento do projeto também foi criado um sistema de aquisição de dados de campo. O sistema utilizado um microcontrolador ATmega 16, que verifica 8 sensores em conjunto. Para verificar o seu funcionamento são comparados alguns sistemas de medição com dois outros sistemas de aquisição de dados comercial (Campbell e hobo H8) (ROSIEK; BATLLES, 2008, tradução nossa).

## 4 DESENVOLVIMENTO DO HIDRÔMETRO

O trabalho consiste em criar um protótipo de hidrômetro digital com controle automático de gastos. Os valores são computados em tempo real e comparados a um saldo de créditos disponíveis, onde cada consumo computado será descontado do saldo disponível. Quando este chegar a zero o hidrômetro irá automaticamente impedir a passagem de água para a residência até que o saldo seja recarregado.

### 4.1 METODOLOGIA

#### 4.1.1 Desenvolvimento do hardware

Para a montagem do projeto, foi utilizado o microcontrolador ATmega 1280, disponível nos Arduinos modelos Mega, pois permite ao projeto uma maior variedade de possibilidades, entre elas: pinos de entrada e saída, maior capacidade de processamento e memória. A programação do Arduino foi realizada utilizando a IDE nativa do mesmo, que pode ser encontrada no site dos criadores<sup>2</sup> do projeto.

##### 4.1.1.1 Sensor de fluxo

O primeiro passo do projeto, foi a implementação do sensor de fluxo de água. O modelo escolhido foi o YF-S201 da empresa Sea, este possui 3 fios para conexão com o circuito: preto, vermelho e amarelo, sendo estes GND, VCC e *Output* respectivamente. Para ligar o sensor ao Arduino foi conectado o fio GND do sensor a um dos pinos GND do Arduino, o fio VCC do sensor ao pino VCC +5v do Arduino, este podendo também ser alimentado de 5 a 24 volts utilizando uma fonte externa, e por último o *output* é conectado ao pino 2 no Arduino.

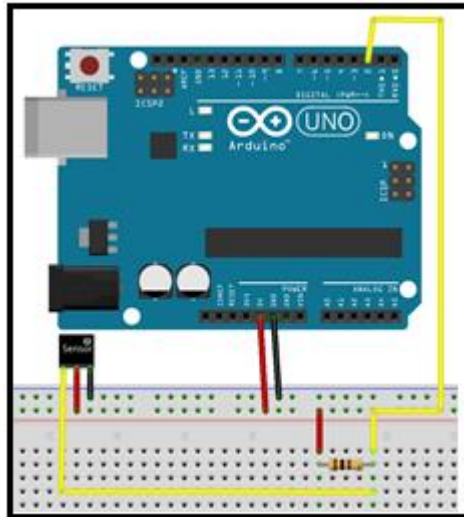
Para que o pino de sinal não fique flutuando, o que resulta na leitura de valores inconsistentes, é posto um resistor de 100 Ohms ligando o sinal do sensor ao

---

<sup>2</sup> Site dos criadores do projeto: <<http://www.arduino.cc>>. Onde pode ser efetuado o download da IDE de desenvolvimento de maneira gratuita, juntamente com bibliotecas criadas e disponibilizadas pela comunidade.

VCC do Arduino para a realização do *pull-up*, que nivela a entrada em níveis lógicos coerentes. Estas conexões são exemplificadas na figura 17.

Figura 17 – Exemplo de conexão Arduino – Sensor de Fluxo



Fonte: Do autor.

A leitura dos valores fornecidos pelo sensor é realizada através de interrupções externas, por isso é utilizado o pino digital 2, entrada pré-definida nas especificações do microcontrolador e inalterável. Quando o Arduino recebe um sinal nesta porta, o programa principal é abortado por executar uma função prioritária definida anteriormente pelo programador, nesta, é apenas incrementada uma variável para totalizar o número de interrupções (sinais) recebidas, por fim este é utilizado na fórmula 4 (variável  $nTp$ ), descrita anteriormente. O processo de cálculo ocorre a cada *loop* do sistema.

Para cada cálculo, as interrupções são ativadas (inicia-se a monitorar as atividades no pino 2); é esperado um segundo para a realização da totalização dos pulsos; as interrupções são desativadas; e por fim é realizado o cálculo de consumo.

O sensor retorna, através do seu *output*, o fluxo atual de água que está passando por suas turbinas. Para obter este valor, é necessário realizar um cálculo para converter os sinais enviados no formato que o sistema irá utilizar. O cálculo de consumo é realizado através de uma fórmula e uma constante disponibilizada pelo fabricante. O valor da constante provem do diâmetro e capacidade de fluxo do sensor, utilizando teste horizontais, o fabricante especifica que o número de pulsos

multiplicado por 60 e seu resultado dividido por 7.5, resulta na vazão de água em litros por hora, conforme fórmula (4):

$$(nTp \times 60)/7.5 \quad (4)$$

Sendo que:

- a) nTp é o número de pulsos recebidos pelo Arduino;
- b) 60 é referente a quantidade de minutos em uma hora;
- c) 7.5 é a constante disponibilizada pelo fabricante.

Para a utilização neste projeto, esta fórmula sofreu uma pequena alteração, seu resultado é dividido por 3600 para que seu valor seja convertido de litros por hora para litros por segundo, conforme visto na figura 18.

Figura 18 – Código fonte do cálculo realizado

```
//(Número de Pulsos x 60) / 7.5Q, = taxa de fluxo in L/hora
// 3600 - Converter em L/segundos
return ((NbTops * 60) / 7.5) / 3600;
```

Fonte: Do autor.

Com o cálculo pronto, foram implementadas as conexões com a válvula solenóide que irá gerenciar o fluxo, impedindo ou não a passagem de água.

#### 4.1.1.2 Válvula solenóide

A válvula solenóide utilizada no desenvolvimento do projeto é de uso comum em sistemas de irrigação (utilizada mesmo modelo da figura 11), que trabalha com uma tensão de 12v. Como o Arduino utiliza uma tensão de 5v, foi necessário a utilização de um componente para realizar o chaveamento entre tensões diferentes, o componente utilizado foi um *ReleShield* de 5v, com capacidade de gerenciar tensões de até 220v.

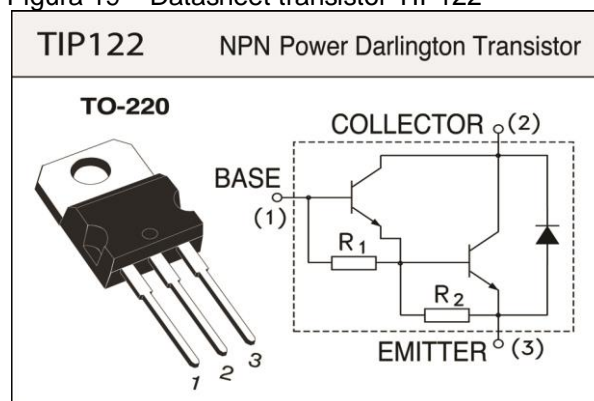
Este *ReleShield* possui cinco pinos a serem conectados: VCC, GND, sinal, NF e C. O VCC e o GND são os pinos de alimentação do relé que são conectados ao VCC e GND do Arduino respectivamente. O pino de sinal é conectado ao pino 12 do Arduino, este é responsável pelo controle do acionamento do relé. O pino NF é conectado a uma fonte de alimentação de 12v e o C é o pino comum (saída do VCC

do relé e ligado ao VCC da mesma). Desta maneira ao se definir o pino do Arduino ligado ao relé como tendo nível lógico alto, o relé é acionado, permitindo a passagem de corrente entre o NF e o C, abrindo assim a válvula para a passagem de água. Quando se define o pino como nível lógico baixo, o relé bloqueia a passagem de corrente para a válvula, como o modelo desta é normalmente fechada, sem a passagem de corrente ele fecha impedindo a passagem de água.

Por meio de testes de acionamento da válvula, evidenciou-se um problema: interferência do relé no Arduino. Algumas consequências significativas, que merecem destaque foram o aparecimento de caracteres estranhos no *display* LCD, desconfiguração de linhas e colunas escritas e desligamento do sistema sem motivo, embora o *shield* já contenha diodos e capacitores de filtro para a proteção contra estes tipos de problemas. Por meio de pesquisas em diversos sites especializados foram encontrados casos similares, ou seja, com a mesma dificuldade e todos sem solução definitiva.

Para a resolução deste problema, o *ReleShield* foi removido do projeto e em seu lugar foi posto um transistor com capacidade para 5A, utilizando este novo componente, o consumo de energia foi reduzido e uma parte mecânica do projeto foi eliminada (o relé). O modelo inserido no circuito é o TIP122 (figura 19), sendo que foram necessárias algumas alterações nas conexões com Arduino.

Figura 19 – Datasheet transistor TIP122



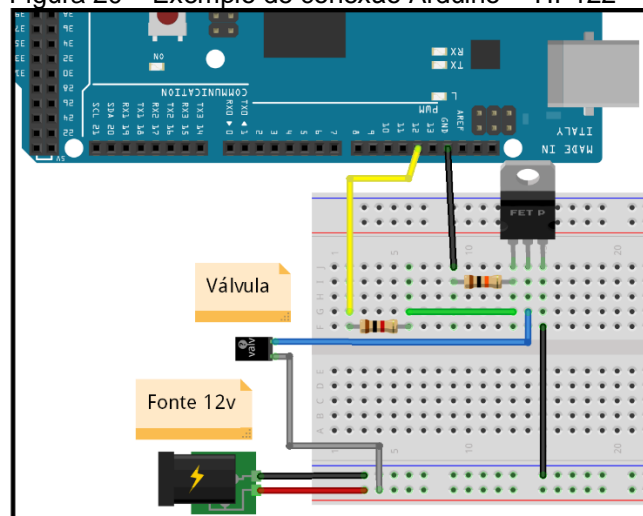
Fonte: Umass Amherst M5 (2014).

Para utilizar este modelo, o pino de saída (pino 12 do Arduino) é conectado a um resistor de 1K $\Omega$  (responsável por regular a tensão de entrada na base do transistor) e é utilizado outro resistor de 10K $\Omega$  ligado do pino do Arduino ao GND para

que o mesmo não fique flutuando, as saídas destas conexões são ligadas ao terminal BASE do transistor (Figura 19, terminal 1).

O GND da fonte da válvula é conectado ao emissor do transistor (figura 19, conector 3) e por fim o coletor (figura 19, conector 2) é ligado ao GND da válvula. O VCC da fonte é ligado diretamente ao VCC da válvula, assim ao ser definido nível lógico alto na base do transistor, ocorrerá a passagem de corrente entre o coletor e o emissor, acionando a válvula. A figura 20 representa um exemplo das ligações realizadas.

Figura 20 – Exemplo de conexão Arduino – TIP122 – Válvula.



Fonte: Do autor.

Outro problema percebido ao realizar os testes foi o aquecimento anormal da válvula, para realizar a alimentação da mesma estava sendo utilizada uma fonte de projetos que gera 12v a 2A, podendo ocasionar o derretimento da carcaça do componente (material plástico) dependendo do tempo que o circuito permanecesse ligado. A solução para o problema foi a utilização de um resistor de potência ligado entre o emissor do transistor e a válvula.

Com o sensor de fluxo e a válvula implementados, foi desenvolvida a parte de gerência de créditos, ligando o circuito a um LCD para mostrar em tempo real os valores lidos e três LEDs para simbolizar a situação dos créditos. O LED de cor vermelha sinaliza que os créditos foram esgotados, o LED de cor amarela indica que os créditos resultam de 20% do valor total de créditos resultante da última recarga e o LED da cor verde indica as demais situações.

#### 4.1.1.3 Controle de créditos

Para a realização de controle de créditos disponíveis, foi criada uma biblioteca em C++ chamada ControleHidrometro, esta recebe como parâmetros os pinos onde a válvula e os três pinos onde os LEDs estão ligados. Esta também armazena os valores totais de créditos disponíveis e recebe os valores das novas recargas.

A biblioteca é salva na pasta de bibliotecas do Arduino e importada para o projeto utilizando o comando *include*. A cada leitura do sensor, o valor lido é passado por parâmetro para a função “verificaDisp”, esta diminui o valor recebido com o total de créditos disponíveis e trata o valor resultante controlando o acionamento da válvula e os LEDs.

Esta biblioteca também faz o controle de recargas pelo método “efetuaRecarga”, onde são passados por parâmetro o total de créditos recarregados, o valor do litro de água, o total de litros correspondente ao total de créditos e o valor do litro, nesta função, após a atualização dos dados é realizada a validação de créditos para atualizar os componentes (válvulas e LEDs).

A recarga dos créditos é realizada por comunicação via bluetooth, escolhida devido a praticidade nos testes do protótipo, podendo ser adaptada posteriormente para comunicação via rede de computadores, RFID ou outras formas de comunicação sem necessidade de alterar o gerenciamento de dados da biblioteca.

#### 4.1.1.4 Comunicação bluetooth

A comunicação bluetooth foi realizada utilizando um módulo HC-05, este permite o tráfego de dados em uma velocidade de 38400 bits por segundo (a velocidade pode ser aumentada realizando comandos de configuração, mas esta é a velocidade recomendada com melhor custo benefício entre a velocidade e a menor perda de dados), utilizando as portas RX e TX disponíveis no Arduino. Como este dispositivo se comunica utilizando as portas seriais, os códigos e validações para o envio e recebimento de dados são abstraídos pelas funções padrões disponíveis na linguagem, como o *println()* e *read()*.

Para realizar o envio de dados foi criada uma função para diminuir o uso de código e simplificar a escrita. Esta função foi chamada de “sendStringBT”, onde é passado uma *String* por parâmetro e a função repassa este parâmetro para a função de escrita da porta Serial padrão da linguagem (*Serial.println(string var)*) adicionando alguns tratamentos adicionais.

Devido ao fato do Arduino utilizar o conjunto de portas serial padrão (RX0 e TX0) para realizar o *upload* do código criado, não deve-se ter nenhum dispositivo conectado a uma destas portas, pois causa conflitos de endereço resultando na mensagem de erro “*out of sync: resp=0x00*” durante o *upload*. Para facilitar o desenvolvimento e remover a necessidade de desconectar o módulo bluetooth a cada *upload* de código, o módulo está conectado nas portas RX1 e TX1. Isto é possível graças ao modelo do microcontrolador que contém quatro conjuntos de portas seriais para uso. A única diferença a nível de código para utilizar um conjunto ou o outro, são as classes chamadas. Para utilizar a Serial0, basta escrever “*Serial.println()*” e para utilizar a Serial1, “*Serial1.println()*” e assim sucessivamente com as outras seriais.

Para realizar a leitura de informações via serial é utilizado um evento padrão da linguagem chamado “*serialEvent()*”, esta função é chamada a cada pacote de dados recebido pela porta RX. Nem sempre que uma informação é enviada, a mesma chega em um único pacote, este pode ser dividido pelo protocolo de comunicação utilizado entre os dois dispositivos bluetooth, assim, é realizada uma checagem para saber o exato momento em que todas as informações foram recebidas com sucesso. Geralmente a verificação de que tudo foi recebido pode ser feita por meio da validação de que o caractere “\n”, responsável pela quebra de linha, está contido no final do texto.

Foi definido pelo protocolo desenvolvido (explicado posteriormente) que o final do pacote é o caractere “\*”, então, a rotina fica aguardando o recebimento deste caractere para finalizar o pacote de dados e tratá-lo de maneira adequada.

A rotina para leitura das informações é exemplificada na figura 21, sendo visível a função “*serialEvent1()*”, e a utilização do Serial1, possibilitando o acesso a segunda porta serial do Arduino.

Figura 21 – Funções do Arduino utilizando a segunda porta serial.

```

void serialEvent1() {
  while (Serial1.available()) {
    char inChar = (char) Serial1.read();

    inputString += inChar;

    if (inChar == '*') {
      stringComplete = true;
    }
  }
}

```

Fonte: Do autor.

Com os processos anteriores concluídos, inicia-se a montagem do circuito para a conexão entre o Arduino e os componentes utilizados. No Apêndice A, está a imagem do *sketch* do circuito completo desenvolvido utilizando o software Fritzing<sup>3</sup>, este foi utilizado como base para o desenvolvimento de uma placa de circuito para facilitar e organizar a montagem e prototipação dos sensores.

#### 4.1.1.5 Montagem de circuito

No início não foi desenvolvida uma placa completa com a utilização de layouts, foi utilizada uma placa de testes previamente furada em um plano cartesiano, sendo necessário apenas soldar os componentes e realizar as conexões.

Para facilitar e agilizar a montagem as trilhas foram feitas com fios e não impressas na mesma. A primeira tentativa de montagem da placa, teve problemas de posicionamento e layout dos conectores, motivo pelo qual teve que ser construída uma nova.

A placa é composta de um conector de quatro entradas para o encaixe do módulo bluetooth, ligados a quatro pinos para a conexão do mesmo ao Arduino. Três LEDs, seus respectivos resistores e seus pinos para controle do Arduino. Dois pinos para a entrada do VCC, um para 5V e outro para 3,3V e um GND. Para conectar o display LCD foram utilizados um conector fêmea com dezesseis conexões, das quais seis são redirecionadas para o Arduino nas portas analógicas (portas escolhidas para

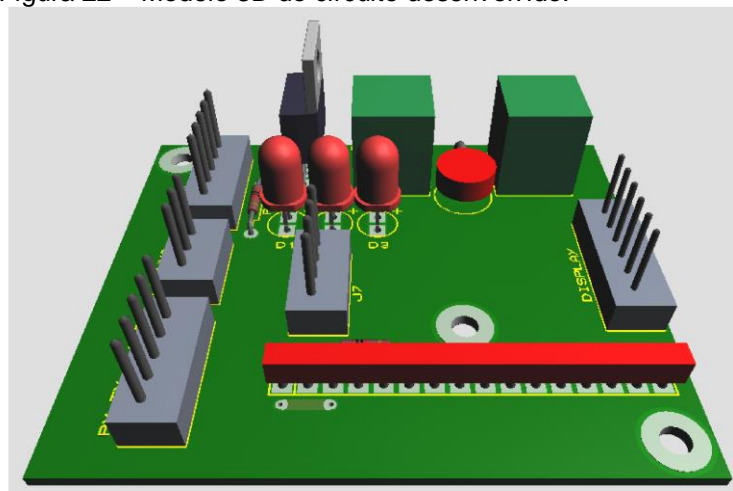
<sup>3</sup> Site dos desenvolvedores do Fritzing onde o software pode ser baixado e utilizado gratuitamente: <<http://www.fritzing.org>>.

economizar portas digitais). Pinos para a entrada do sensor de fluxo e três pinos para o controle da válvula utilizando o transistor.

Depois de concluída foi possível reduzir um grande número de conexões com o Arduino, deixando somente o necessário para o controle do dispositivo. Desta maneira, caso necessário, é possível trocar do Arduino Mega para o Arduino UNO, sem perda de funcionalidades devido ao limite de número de portas.

Entretanto, após um período de tempo, as soldas realizadas nos fios geraram um grande número de mal contatos e inconsistências que impossibilitavam os testes. Uma nova placa no mesmo estilo poderia ocasionar os mesmos problemas, por estes motivos, foi construída uma placa fixa com as trilhas impressas diretamente na placa. A nova placa foi confeccionada com o auxílio de um colega de classe (Israel Burigo Dalmolin) utilizando o software Proteus 8 Demo<sup>4</sup> para o desenvolvimento do layout dos esquemáticos e do PCB. A figura 22 mostra o modelo 3D de como ficará a placa após o layout definido.

Figura 22 – Modelo 3D do circuito desenvolvido.



Fonte: Do autor.

Os Apêndices B e C, mostram o esquemático e o PCB da placa criada.

---

<sup>4</sup> O software Proteus 8 é pago, mas é possível realizar o download de uma versão de testes de graça no site: <[http://www.labcenter.com/download/prodemo\\_download.cfm#professional](http://www.labcenter.com/download/prodemo_download.cfm#professional)>.

### 4.1.2 Desenvolvimento do software

Para a realização da recarga foi desenvolvido um simples protocolo de comunicação, para ter uma padronização das informações a serem enviadas e maior facilidade no momento da leitura.

#### 4.1.2.1 Protocolo de comunicação

O protocolo foi desenvolvido utilizando valores fixos como comandos. Ao interpretar estes valores o software sabe o que fazer e qual resposta enviar. Foram criados alguns comandos possíveis para definir o protocolo, na tabela 1 estes comandos são listados.

Tabela 1 – Lista de comandos do protocolo e seus valores

Situação do domicílio	Valor
COMANDO_EFETUA_RECARGA	a
COMANDO_RESPOSTA_RECARGA	b
COMANDO_RESPOSTA_OK	c
COMANDO_RESPOSTA_ERR	d

Fonte: Do autor.

Ao enviar um pacote de dados, o software (tanto para no hidrômetro quanto no Android) monta uma *String* no formato pré-configurado contendo o comando e os valores necessários para ação solicitada.

O padrão desenvolvido é composto por um caractere para definir o início do pacote (para os testes este valor é preenchido com um espaço em branco), o comando, um separador de comando (definido como o caractere “=”) que separa o comando dos parâmetros a serem recebidos, um conjunto de valores sendo separados por um separador de parâmetro (caractere “|”) e o caractere “\*” que define o final do pacote. A figura 23 exemplifica um pacote de testes enviado.

Figura 23 – Exemplo de pacote de dados

Msg Enviada: a=10.2|0.05|10|\*

Fonte: Do autor.

Para automatizar a geração e leitura de pacotes, foi criada uma biblioteca, chamada “GeradorPacote”, para Android e outra para Arduino com o mesmo princípio de funcionamento. É configurada na declaração da biblioteca os valores de início de pacote, separador de comando e de pacotes e o final de pacote. Informando o comando e uma lista com os parâmetros, a biblioteca gera uma *string* já formatada e pronta para o envio.

Para a leitura dos pacotes o processo é o inverso, é passado como parâmetro a *string* recebida com o formato esperado e a biblioteca separa em comando e em uma lista de parâmetros.

O envio de dados para o hidrômetro e a gerencia dos gastos é realizado por um software desenvolvido para a plataforma Android.

#### 4.1.2.2 Software Android

Desenvolvido utilizando a IDE Eclipse juntamente com o plugin ADT Bundle<sup>5</sup> do Android. Escolhido por ter código aberto, sem custos e por ser a IDE padrão de desenvolvimento disponibilizada pelo Google, atual mantedor do sistema operacional.

O software tem como objetivo realizar a recarga de créditos no hidrômetro e gerenciar seus gastos utilizando relatórios e gráficos. O sistema conta com uma tela de configurações (Apêndice E), onde é possível definir o valor do litro de água (necessário para a recarga) e outras opções para gerenciar a manipulação de dados (exclusões de recarga já efetuadas e alterações de datas) que não são permitidas por padrão.

A primeira tela do projeto é utilizada para selecionar qual hidrômetro ira ser gerenciado (Apêndice D), os dispositivos cadastrados aparecem em uma lista com seus nomes e endereços MAC. Os aparelhos são adicionados utilizando os seus MACs como chave, impedindo a inclusão de dispositivos duplicados. Os novos são adicionados realizando uma busca por dispositivos bluetooth que se encontram no alcance (os mais comuns possuem um alcance de dez metros), para isso foi criada

---

<sup>5</sup> Um pacote com o sdk de desenvolvimento e uma versão do eclipse já contendo o plugin instalado pode ser baixado do site <<https://developer.android.com/sdk/index.html>>.

uma rotina de busca que realiza *broadcasts* de solicitação para todos que estiverem na área, os que responderem são adicionados a uma nova lista para o usuário escolher qual será incluso no sistema. Esta tela é visível no Apêndice F.

Por padrão todos os dispositivos bluetooth vem configurados para responder a esta solicitação, o que possibilita a localização dos mesmos utilizando estes pedidos de descoberta (*service discovery*). A figura 24 demonstra o código utilizado para iniciar a busca por dispositivos bluetooth que estão ao alcance, utilizando serviço de broadcast.

Figura 24– Código de busca de dispositivos bluetooth

```

/**
 * Método responsável por iniciar a busca de novos dispositivos.
 *
 */
public void startFindDevices() {
    if (buscaAtiva) {
        Utils.alertDialog(applicationContext,
            applicationContext.getString(R.string.txt_busca_ja_iniciada));

        return;
    }

    buscaAtiva = true;

    // Registra os Broadcast necessários para a busca de dispositivos
    IntentFilter filter = new IntentFilter(
        BluetoothDiscoveryListener.ACTION_FOUND);
    IntentFilter filter2 = new IntentFilter(
        BluetoothDiscoveryListener.ACTION_DISCOVERY_FINISHED);
    IntentFilter filter3 = new IntentFilter(
        BluetoothDiscoveryListener.ACTION_DISCOVERY_STARTED);
    applicationContext.registerReceiver(this, filter);
    applicationContext.registerReceiver(this, filter2);
    applicationContext.registerReceiver(this, filter3);

    // Inicia a busca e retorna o objeto que vai ter a lista de dispositivos
    dispositivo.startDiscovery();
}

```

Fonte: Do autor.

Após adicionados é possível acessar suas funcionalidades clicando sobre o mesmo na lista da tela inicial. Neste momento será realizada uma tentativa de conexão com o endereço bluetooth cadastrado, caso a tentativa falhe, não é possível realizar nenhuma atividade ou acessar seus dados. Para fins de teste, a tela de opções possui um parâmetro para desativar a conexão com os dispositivos, assim, foi possível realizar testes quando o hidrômetro não estiver presente, entretanto, todas as alterações feitas não serão repassadas ao dispositivo, mas serão armazenadas.

Na página principal do hidrômetro (Apêndice G), é apresentado um resumo de gastos agrupados por mês e ano, sendo possível avançar e recuar o ano usando

as setas localizadas na parte superior. Para visualizar as informações de forma mais detalhada é necessário utilizar o botão “Detalhar”, que resulta na abertura de uma nova tela listando as informações completas de cada recarga efetuada (data, descrição, valor recarregado e quantidade de litros), separadas por ano (Apêndice H).

Outra possibilidade de apresentação dos dados é por meio de gráficos. Para acessar esta opção é necessário clicar no botão “Gráfico” localizado na página principal do sistema, nele é aberto uma tela com as opções de plotagem do mesmo (Apêndice J). É possível selecionar o ano dos dados, escolher se deseja visualizar os valores em reais ou em litros e se o gráfico apresentado será de barras ou de linhas. Com as opções selecionadas uma janela com o gráfico é apresentada ao clicar no botão “Gerar”.

O Android não possui opção nativa para plotagem de gráficos sem utilizar uma conexão com a internet, com isso, foi utilizado uma biblioteca de terceiros para a realização desta tarefa. Pesquisando algumas bibliotecas para serem utilizadas foram encontradas diversas opções, entre elas foi selecionado duas: “aFreeChart<sup>6</sup>” e “AChartEngine<sup>7</sup>”, destas duas foi escolhido a segunda opção por ter mais funcionalidades e por possibilitar uma montagem de dados mais dinâmica. No Apêndice K, é possível visualizar um exemplo de gráfico plotado utilizando a biblioteca AChartEngine.

Para efetuar a recarga, na tela inicial do hidrômetro, é necessário clicar no botão “Recarregar”. O usuário é direcionado para a tela de recarga (Apêndice I), nela é necessário informar o valor da recarga e, caso o usuário deseje, uma descrição ou comentário para posterior consulta. Ao clicar no botão “Salvar”, o sistema monta um pacote de dados com os dados informados e envia para o dispositivo via bluetooth. Enquanto o mesmo não enviar uma resposta, positiva ou negativa, sobre a situação da recarga, uma tela para que o usuário aguarde é exibida. Após esta confirmação, as informações são salvas no banco de dados do sistema e estão disponíveis para consulta, e então o sistema é liberado para usuário poder utiliza-lo.

Para efetuar a conexão e o envio de dados via bluetooth, foi desenvolvida uma biblioteca que mantém e gerencia os dados da mesma, contendo *listeners* para retornar a aplicação os dados recebido em tempo real. Todas as rotinas de envio e

---

<sup>6</sup> AFreeChart disponível para download em <<https://code.google.com/p/afreechart/>>.

<sup>7</sup> AChartEngine disponível para download em <<http://www.achartengine.org/>>.

monitoramento de recebimento são realizadas utilizando *AsyncTask*, que mantém as tarefas programadas sendo executadas em *background* para não atrapalhar no funcionamento de outras tarefas do sistema, na figura 25 é possível ver um trecho de código que será executado desta maneira. O mesmo ocorre com todas as ações de carregamento de listas do banco de dados, para não influenciar na usabilidade do sistema e não trava-lo por muito tempo, pois se o software não responde ao sistema operacional dentro de alguns segundos, o Android pode fecha-lo automaticamente ou perguntar ao usuário de deseja encerra-lo, fazendo com que o usuário pense que há algum problema com o sistema.

Figura 25 – Código de recebimento de dados.

```

@Override
protected Void doInBackground(Integer... arg0) {
    String linha;

    if (btSocket == null || inpStream == null) {
        return null;
    }

    while (active) {
        try {
            BufferedReader r = new BufferedReader(
                new InputStreamReader(inpStream));
            StringBuilder total = new StringBuilder();
            linha = r.readLine();

            if (linha != null) {
                total.append(linha);
            }

            if (linha.charAt(linha.length() - 1) == '*') {
                sendMsgHandle(Utils.BLUETOOTH_MSG_RECEBIDA,
                    total.toString());
            }
        } catch (IOException e) {
            Log.e(Utils.TAG,
                "Erro ao ler inputStream: " + e.getMessage());
        }

        if (listener != null){
            listener.alertaConexao(context.getString(R.string.txt_conec_abortada));
        }
    }
    return null;
}

```

Fonte: Do autor.

Para o envio de dados é utilizado um objeto chamado *OutputStream*, que conecta ao módulo bluetooth utilizando *sockets* e permite o envio de dados através do envio de bytes. Para a leitura é utilizado um objeto parecido, *InpuStream*, utilizando a mesma conexão via *sockets*, nele é necessário o constante monitoramento para sabermos se algum dado foi recebido. Para tornar este processo mais prático, foi criada uma rotina que funciona como um serviço em *background* e em um *loop* constante, ou seja, ao receber algum dado, este é tratado e a rotina de verificação é reiniciada e é finalizada apenas ao desconectar o hidrômetro ou fechar o sistema.

A figura 26 representa uma parte do código utilizado para o envio de dados, nela é possível visualizar a biblioteca de geração de pacote (“geradorPacote”) e a biblioteca de gerenciamento bluetooth (“btConnection”) em funcionamento.

Figura 26 – Detalhes da rotina de envio de dados.

```

if (settings.getBoolean("conectaBluetooth", true)) {
    geradorPacote.clearParametros();
    geradorPacote.setComando(Utils.COMANDO_EFET_RECARGA);
    geradorPacote.addParametro(recarga.getValor());
    geradorPacote.addParametro(recarga.getLitro());
    geradorPacote.addParametro(vlrLitro);

    try {
        btConnection.enviarDados(geradorPacote.montaPacote());

        progressDialog = ProgressDialog
            .show(appContext,
                appContext.getString(R.string.app_name),
                appContext
                    .getString(R.string.txt_espetando_resposta));

    } catch (IOException e) {
        Utils.alertDialog(appContext,
            R.string.txt_erro_envio_dados);

        Log.e(Utils.TAG,
            "Erro ao enviar dados! " + e.getMessage());
    }
} else {
    recarga = new RecargaDAO(appContext).salvar(recarga);

    atualizaLista = new AtualizaLista_Task(
        ActivityHidrometro.this);
    atualizaLista
        .executeOnExecutor(AsyncTask.THREAD_POOL_EXECUTOR);
}

```

Fonte: Do autor.

Com todas as etapas realizadas, é possível chegar a um valor aproximado do total gasto com o projeto.

#### 4.1.3 Materiais utilizados

Para a montagem final do projeto, foram necessários os itens descritos na tabela 2, nela não foram acrescentados os custos com os fios, soldas, placas de prototipagem e valores de frete.

Nem todos os produtos foram comprados em lojas brasileiras, assim seus valores são referentes a cotação do dólar no momento da compra.

Tabela 2 – Lista de componentes utilizados na montagem do projeto

<b>Componente</b>	<b>Site de compra</b>	<b>Qtd</b>	<b>Valor Unitário (reais)</b>	<b>Valor Total (reais)</b>
Sensor de fluxo	BrasilRobotics	1	45,00	45,00
Válvula Solenóide	Mercado Livre	1	35,00	35,00
Módulo Bluetooth	Mercado Livre	1	33,90	33,90
Arduino Mega	DX	1	52,65	52,65
Resistores	SoldaFria	8	0,14*	1,12
Transistor	SoldaFria	1	1,06*	1,06
LED 5mm	SoldaFria	3	0,66*	1,98
Display LCD 20x4	SoldaFria	1	46,49	46,49
Módulo Relé 1 canal	BrasilRobotics	1	13,00	13,00
Válvula de retenção	Bremen	1	16,30	16,30
<b>Total:</b>				<b>246,50</b>

\* Valores aproximados devido a compra em maiores quantidades.

Fonte: Do autor.

Para a realização dos testes, foram comprados alguns materiais a mais, estes descritos na tabela 3.

Tabela 3 – Lista de componentes utilizados nos testes do projeto

<b>Componente</b>	<b>Site de compra</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
Micro hydro generator	SeeedStudio	1	75,00	75,00
Fonte 12v 2A	FilipeFlop	1	39,90	39,90
<b>Total:</b>				<b>114,90</b>

Fonte: Do autor.

Totalizando R\$ 361,40 reais, sendo considerado neste cálculo também os materiais comprados mas não utilizados no projeto final. Para realizar uma comparação de preços, foi pesquisado no site MercadoLivre o custo de um hidrômetro convencional. Levando em consideração apenas os produtos com especificações parecidas com as obtidas pelo protótipo, foi obtido valores entre 100,00 e 130,00 reais. Sem levar em consideração o material comprado para poder realizar os testes, a diferença é de 130,00 reais.

## 4.2 RESULTADOS OBTIDOS

Os testes iniciais foram realizados unindo os componentes do circuito utilizado mangueiras, pois os mesmos já contêm os conectores próprios para esta conexão. Foram realizadas conexões fazendo com que o fluxo de água passe pela válvula retentora, o sensor de fluxo e por último a válvula solenóide.

Os extremos dos mesmos foram ligados a uma bomba d'água conectada a uma caixa para simular a passagem de água que ocorre nas conexões do hidrômetro e possibilitar os testes em vários ambientes.

A água passa pela válvula retentora que impede que a mesma retorne de dentro da residência de volta para o sistema central e remove boa parte do ar na tubulação. O ar não é totalmente removido por uma limitação deste modelo de válvula, não foi utilizado um modelo mais eficiente pois seria necessário a utilização de uma maior pressão da água, o que dificulta a simulação e testes. A água então passa pelo sensor que envia informações para o controle do Arduino e por último passa pela válvula de controle, está estará aberta ou fechada de acordo com os créditos disponíveis.

A interface e os ícones do software foram testados em diferentes resoluções de tela e nos modos *landscape* e *portrait*. Para funcionar nos dois modos, apenas a tela de configurações do gráfico teve de ser alterada para permitir o *scroll* das informações. Como as telas serão as mesmas para os dois modos, o próprio sistema operacional se encarrega de controla-la no momento em que o usuário gira o aparelho.

Um detalhe encontrado nos testes que não obteve correção, é o fato do sistema travar enquanto o a conexão bluetooth com o hidrômetro não for finalizada, mesmo esta rotina já estar sendo executada em *background*, o sistema todo tem que esperar o seu término e não é possível nem colocar uma mensagem de espera enquanto isso, mas isto não interfere no funcionamento, apenas na estética.

O último teste realizado foi tentar tornar o circuito auto sustentável, utilizando um mini hidro gerador acoplado antes da válvula de retenção para alimentar o circuito todo. Existem poucos modelos deste tamanho em produção, o que tornou difícil a compra e longa a espera pela chegada. O modelo escolhido foi o "3.6V Micro hydro generator", adquirido no site [SeeedStudio.com](http://SeeedStudio.com), que dispõem de uma bateria interna para regular a tensão de saída quando o fluxo de água for baixo. Este modelo gera 3,6v com corrente contínua, o que não é suficiente para alimentar diretamente a válvula e o Arduino. Foi utilizado então um multiplicador de tensão aumentando assim para 12v, porém quando a tensão aumenta, a corrente diminui, caindo para níveis onde não é possível energizar a bobina da válvula, por isso não foi obtido sucesso na implementação desta ideia.

A precisão da medição de fluxo posta em teste é de aproximadamente 3%, valor disponibilizado pelo fabricante. Sendo despejado dois litros de água nas tubulações o mesmo totalizou 2,01 litros, que está dentro da faixa de precisão correta.

## 5 CONCLUSÃO

A realização deste trabalho de conclusão de curso exigiu do autor a realização de pesquisas sobre a situação das águas no Brasil e no mundo e o funcionamento de suas distribuidoras, para assim, possibilitar a criação de um sistema mais eficiente e de fácil manuseio.

Foram realizados estudos e levantamentos técnicos sobre os aparelhos medidores e a maneira de como são aferidos pelos técnicos das companhias. Tornou-se indispensável também o conhecimento técnico em eletrônica, adquirido com o auxílio de colegas e livros, para possibilitar a montagem do circuito tornando-o eficiente e mais estável.

Com o protótipo montado, pode-se analisar os custos de um hidrômetro convencional com o modelo criado, sendo evidente a possibilidade de redução de custos se utilizar componentes específicos, como apenas o chip controlador Atmega ao invés do Arduino.

As dificuldades encontradas foram a nível de hardware por ser de pouco conhecimento do autor, mesmo o Arduino abstraindo uma boa parte do conhecimento necessário o funcionamento de circuitos microcontrolados.

Com as dificuldades superadas foi possível realizar toda a automação e gerência de gastos com água utilizando um meio de comunicação sem fio para a comunicação com o dispositivo móvel utilizado nos testes.

Após a conclusão do projeto, pode-se pensar sobre a possibilidade de trabalhos futuros, um deles é a implementação de uma comunicação utilizando xBee, para que os mesmos possam se conectar com uma central de abastecimento sem a necessidade de implantação de uma infraestrutura complexa. Com esta implementação é possível recarregar o hidrômetro pela internet ou outras formas que dependam da mesma, removendo a necessidade de estar próximo do aparelho.

Como trabalho futuro também pode ser estudado uma técnica de geração de energia eficiente para alimentar o circuito todo, tornando o hidrômetro auto sustentável e reduzindo o custo com energia elétrica utilizada para alimentá-lo.

## REFERÊNCIAS

- ALLOUREIRO, Roberto. **Sabesp inicia medição individual em São Paulo**. Disponível em: <<http://www.blogtecnisa.com.br/mercado/sabesp-inicia-medicao-individual-em-sao-paulo/>>. Acesso em: 31 out. 2013.
- ALVES, Toni dos Santos. **Automação Industrial 1**. Abrantes: Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, 2005. ANTONIO, Marco. **Programação de Microcontroladores PIC Usando Linguagem C**. Vitória: CEFET ES, 2008. 98 p.
- ANA. **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaarrecadacao/cobrancaarrecadacao.aspx>>. Acesso em: 12 out. 2013.
- ANJOS, Gabriel Dos. **Saiba porque sua conta de água pode subir após troca do hidrômetro**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2010/07/conheca-o-funcionamento-do-hidrometro.html>>. Acesso em: 31 out. 2013.
- AOYAMA, Enrico Sablich; SOUZA, Igor A. S. De; FERRERO, Wagner Brasileiro. Análise de consumo e desperdício de água em atividades diárias por alunos da UNICAMP. **Revista Ciências do Ambiente On-line**, Campinas, v. 3, n. 2, p.15-20, 01 ago. 2007. Disponível em: <[http://www.permacultura-bahia.org.br/artigos/consumo\\_agua.pdf](http://www.permacultura-bahia.org.br/artigos/consumo_agua.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2013.
- BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIN, Mário M.. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 4, n. 1, p.75-108, 01 jan. 2008. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/012008/artigo4.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2013.
- BATISTA, Paula Cristina de Souza. **Medição e Controle de Consumo de Água em Instalações Prediais**. 2013. 52 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.
- CAPELLI, Alexandre. Sensores Industriais nos Processos da Manufatura. **Saber Eletrônica**, Tapuapé, n. 462, p.52-58, 01 jul. 2012.
- CARVALHO, Weber de Freitas. **Medição individualizada de água em apartamentos**. 2010. 109 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- CASAN - COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Recursos Hídricos e Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.casan.com.br/menu->

conteudo/index/url/recursos-hidricos-e-meio-ambiente#708>. Acesso em: 14 out. 2013.

CASSIOLATO, César. **Medição de Pressão**. ProfiBus, São Paulo, 10 jan. 2008 Disponível em: <[http://www.profibus.org.br/files/artigos/Artigo\\_Pressao\\_Cesar\\_Cassiolato\\_CI\\_2008.pdf](http://www.profibus.org.br/files/artigos/Artigo_Pressao_Cesar_Cassiolato_CI_2008.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2013.

CASSIOLATO, César; ALVES, Evaristo O.. **Medição de Vazão**. ProfiBus, São Paulo, 23 nov. 2008 Disponível em: <[http://www.profibus.org.br/files/artigos/Artigo\\_Vazao\\_CI\\_2008.pdf](http://www.profibus.org.br/files/artigos/Artigo_Vazao_CI_2008.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2013.

COELHO, Adalberto Cavalcanti; MAYNARD, João Carlos de Britto. **Medição individualizada de água em apartamentos**. Recife: Comunicarte, 1999.

CUOCO, Luciana Graziela Araujo. A Escassez de Água sob a Ótica das Instituições Financeiras. **Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, Brasília, 23 nov. 2005 Disponível em: <[http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi\\_en/artigos/ mesa2/A\\_escassez\\_de\\_gua\\_sob\\_a\\_tica\\_das\\_instituies\\_financeiras.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/ mesa2/A_escassez_de_gua_sob_a_tica_das_instituies_financeiras.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2013.

DORNAN, Andy. **The Essential Guide to Wireless Communications Applications**. 2. New Jersey: Prentice Hall PTR, 2002. 414 p.

ELECTRONICA PT. **Relé**. 2006. Disponível em: <<http://www.electronica-pt.com/content/view/179/>>. Acesso em: 03 maio 2014.

EVANS, Brian. **Beginning Arduino Programming**. Denver: Apress, 2011. 272 p.

FARIA, Caroline. **Cobrança pelo uso da Água**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/meio-ambiente/cobranca-pelo-uso-da-agua/>>. Acesso em: 12 out. 2013.

FERNANDES, Bruno Coutinho. **Construção de um Sistema Eletrônico de Monitoramento de Consumo de Água Residencial**. 2007. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

FOTETTO, Thais Botezeli. **Projeto de Instalações Hidráulicas com Medição Individualizada em Edifícios Residenciais**. 2008. 60 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. 3. São Paulo: artmed, 2006. 840 p

GONDIM, Higor Campos Dias. **Sistema de telemetria remota de consumo de água para clientes de companhias de saneamento**. 2010. 49 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Computação e Automação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. Água: sem ela seremos o planeta Marte amanhã. Jaguariúna. 22/03/2011.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. Água: sem ela seremos o planeta Marte amanhã. Jaguariúna. 22/03/2011.

GRASSI, Marco Tadeu. As Águas do Planeta Terra. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. , p.31-40, 01 maio 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2013.

HYDROTECH, Rca. **Perdas comerciais**. Disponível em: <[http://vazamentos.blogspot.com.br/2009\\_06\\_01\\_archive.html](http://vazamentos.blogspot.com.br/2009_06_01_archive.html)>. Acesso em: 31 out. 2013.

JASINSKI, Ricardo; PETERS, Eduardo. **Interface De Baixo Custo para Automação Residencial**. Revista Ágora, Caçador, 2006.

LECHETA, Ricardo R.. **Google Android para tablets**: Aprenda a desenvolver aplicações para o Android. São Paulo: Novatec, 2012. 448 p.

LEE, Wei-Meng. **Introdução ao Desenvolvimento de Aplicativos para Android**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011. 442 p.

MASSEY, B.S. **Mecânica dos Fluidos**. Tradução de J.R. Guedes de Carvalho. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002. 998 p. il.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. 1. São Paulo: Novatec, 2011. 453 p.

MENA, Rafael Maciel; BORTOLETO, José Roberto Ribeiro. **Controle de Fluxo Via Sensoriamento por Efeito Hall e Instrumentação Virtual**. Disponível em: [http://prope.unesp.br/xxi\\_cic/27\\_02394886102.pdf](http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_02394886102.pdf). Acesso em: 13 set. 2013.

MARINHO, José Edson Dos Santos; MARINHO, Ednaldo Dos Santos. Microcontrolador 8051. Saber Eletrônica, Tatuapé, v. 2, n. 2, p.13-33, 2 jan. 2001.

Mobile2go. **Special package to buy Android™ phone from Maxis**. Disponível em: <<http://mobile2go.blogspot.com.br/2010/05/special-package-to-buy-android-phone.html>>. Acesso em: 31 out. 2013.

MONK. Simon. **30 Arduino Projects For The Evil Genius**. New York: McGraw-Hill, 2010. 191 p.

MO-RAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. 2.ed. LTC, 2007.

MORIMOTO. Carlos. **Redes, Guia Prático**. 2. ed. São Paulo: GDH Press e Sul Editores, 2008. 560 p.

MORIMOTO, Carlos E.. **Transistor**. 2005. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/termos/transistor>>. Acesso em: 03 maio 2014.

MUNSON, Bruce R.; YOUNG, Donald F.; OKIISHI, Theodore H.. **Fundamentos da Mecânica dos Fluidos**. 4. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2004. 572 p.

NETTO, Luiz Ferraz. **Resistores**. 1999. Disponível em: <[http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12\\_T02.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_T02.asp)>. Acesso em: 03 maio 2014

**Open Handset Alliance**. nov. 2007, Disponível em: <[http://www.openhandsetalliance.com/oha\\_overview.html](http://www.openhandsetalliance.com/oha_overview.html)>. Acessado em 28 set. 2013.

PEREIRA. Lúcio Camilo Olivera; SILVA. Michel Lourenço da. **Android para Desenvolvedores**. 2. Rio de Janeiro: Brasport, 2012. 233 p.

PIROPO, B. (Org.). **Transistor para principiantes**. 2012. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/07/transistores-para-principiantes.html>>. Acesso em: 03 maio 2014.

RABELLO, Ramon Ribeiro. Android: Um novo paradigma de desenvolvimento móvel. **Webmobile Magazine**, Grajaú, n.18, p.6-13, 15 abr. 2008. Bimestral.

RADIO AMADORES. **Transístores**. 2008. Disponível em: <<http://www.radioamadores.net/transistores.htm>>. Acesso em: 03 maio 2014.

REDE DAS ÁGUAS. **O que é a cobrança da água**. Disponível em: <<http://www.rededasaguas.org.br/instrumentos-gestao/conbranca-uso-agua/>>. Acesso em: 12 out. 2013.

RESISTORES. 2001. Disponível em:

<<http://hailyrobot.tripod.com/compo/resistores.htm>>. Acesso em: 03 maio 2014.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Medição de Vazão**. 6. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria, 2004. 330 p.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Válvulas de Controle e Segurança**. 5. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria, 2003. 267 p.

ROSIEK, S.; BATTLE, F. J.. A microcontroller-based data-acquisition system for meteorological station monitoring. **Elsevier: Energy Conversion and Management**, Atlanta, v. 48, n. 12, p.3746-3754, 01 dez. 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890408002239>>. Acesso em: 11 nov. 2013.

SANTOS, Nuno. **Introdução ao Arduíno**. Revista PROGRAMAR, 17.ed, Portugal, 2008.

SCHNEIDER, Paulo; **Medição de Pressão em Fluidos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SHAMES, Irving H. **Mecânica dos Fluidos: princípios básicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973. 192 p. il.

SILVA, Manuel de Medeiros. **Circuitos com Transistores Bipolares e MOS**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003. 523 p.

TAMAKI, Humberto Oyamada. **Medição Setorizada como Instrumento de Gestão da Demanda de Água em Sistemas Prediais - Estudo de Caso: Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo**. 2003. 173 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

TANENBAUM, Andrew. **Computer Networks**. 4. Amsterdam: Campus, 2002. 912 p.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U. B. de. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2005. 220 p.

TOCCI, Ronald J.; WIDMER, Neal S.. **Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações**. 8. São Paulo: Pearson Education, 2003. 754 p.

TUCCI, Carlos E.M.; HESPANHOL, Ivanildo; Netto, Oscar de M. Cordeiro. **Gestão da Água no Brasil**. **UNESCO**, Brasília, 01 set. 2001. Disponível em:

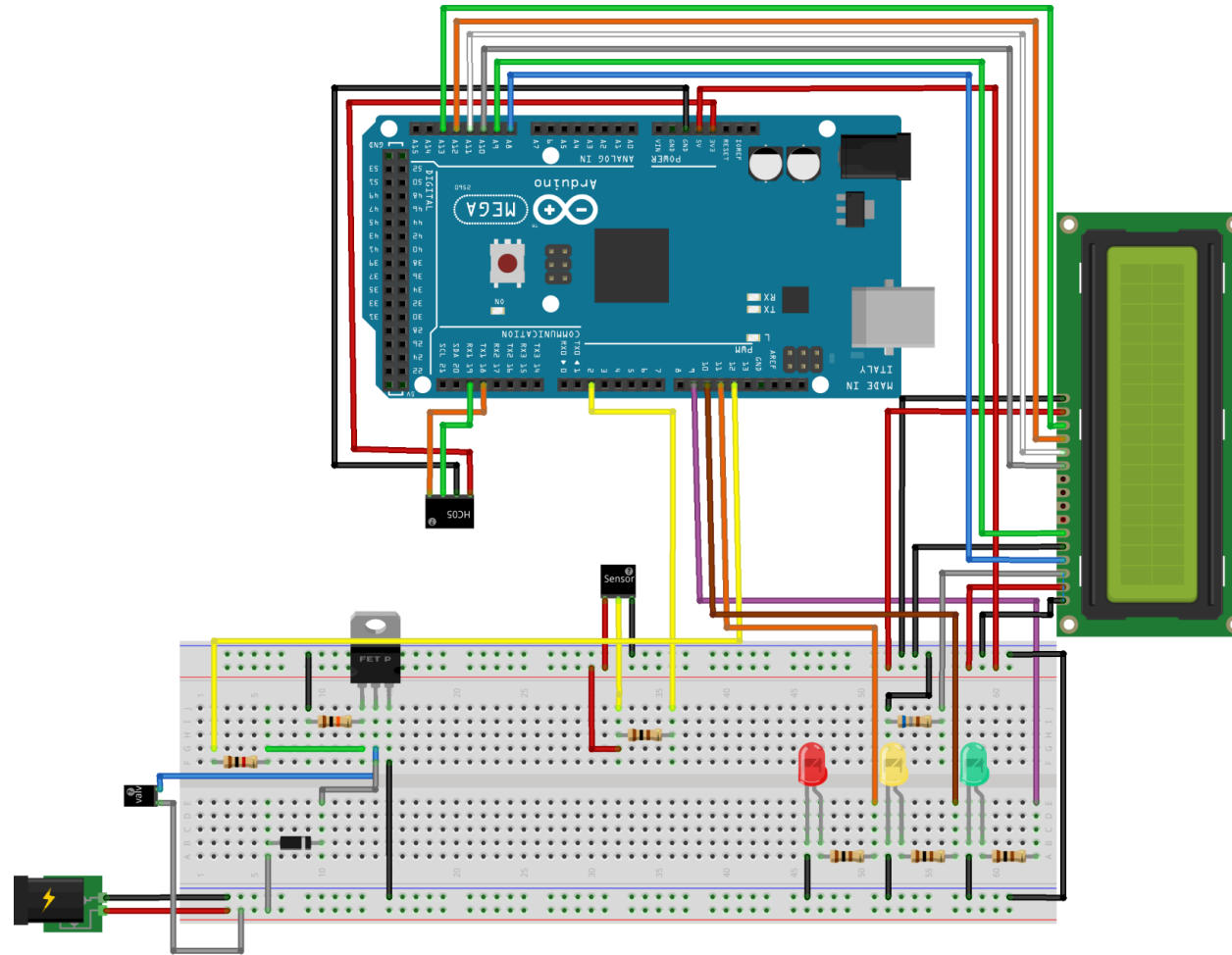
<[http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/pol/gestao\\_agua.pdf](http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/pol/gestao_agua.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2013.

Umass Amherst M5. **High Current DC Devices**. 2014. Disponível em: <[http://www.ecs.umass.edu/ece/m5/tutorials/tip122\\_transistor\\_tutorial.html](http://www.ecs.umass.edu/ece/m5/tutorials/tip122_transistor_tutorial.html)>. Acesso em: 03 maio 2014.

VIANA, Ricardo Luiz. **Aula 18 - Aplicações de circuitos elétricos**. Disponível em: <[http://fisica.ufpr.br/viana/fisicab/aulas2/a\\_18.htm](http://fisica.ufpr.br/viana/fisicab/aulas2/a_18.htm)>. Acesso em: 03 maio 2014.

## APÊNDICES

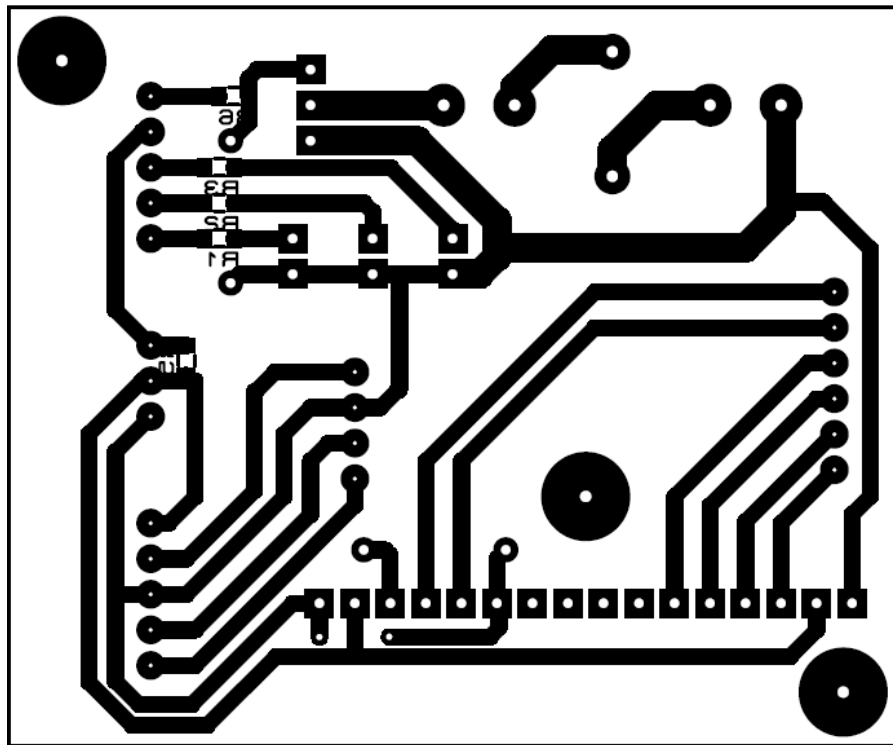
# APÊNDICE A – Sketch do circuito desenvolvido



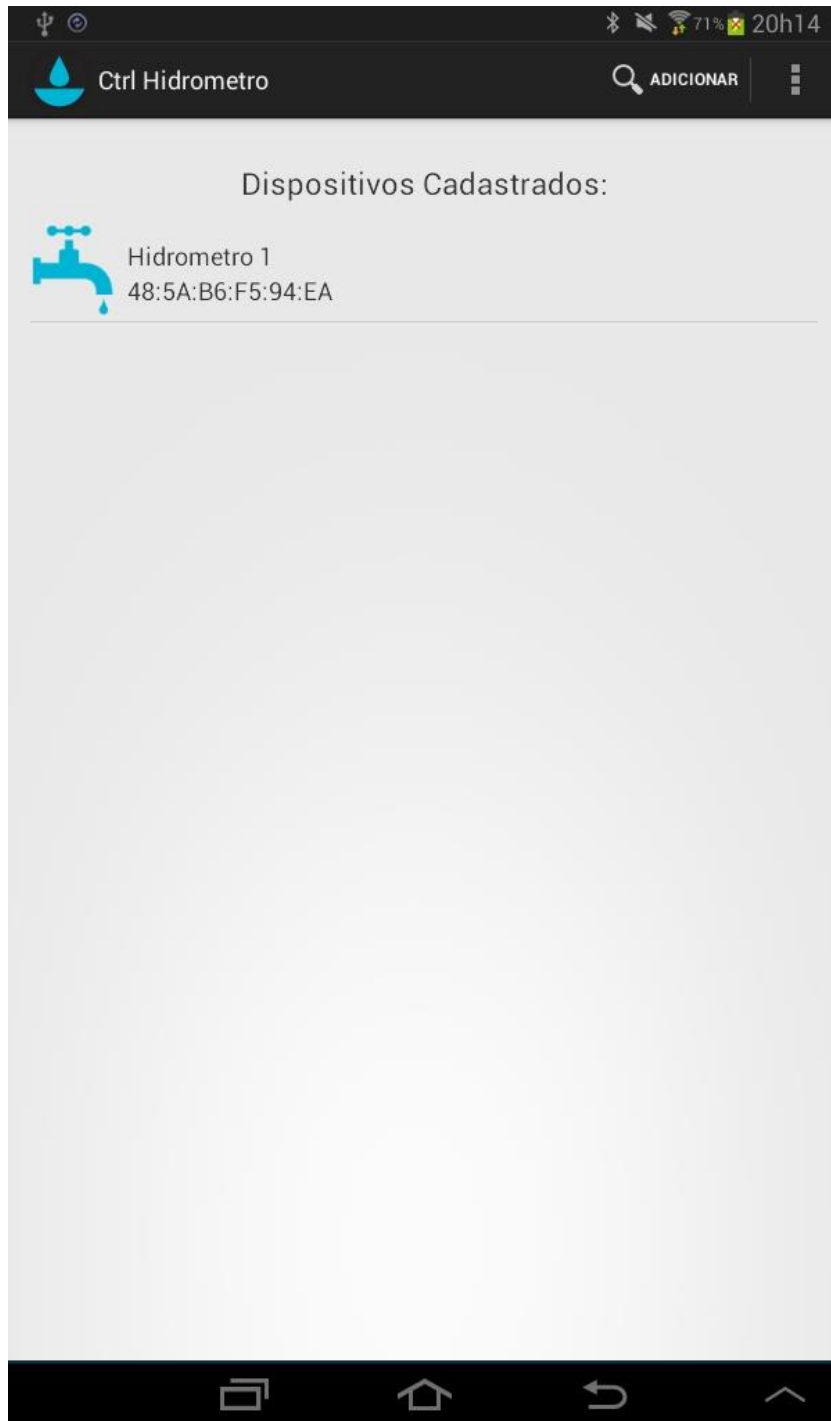
fritzing



APÊNDICE C – PCB do circuito desenvolvido



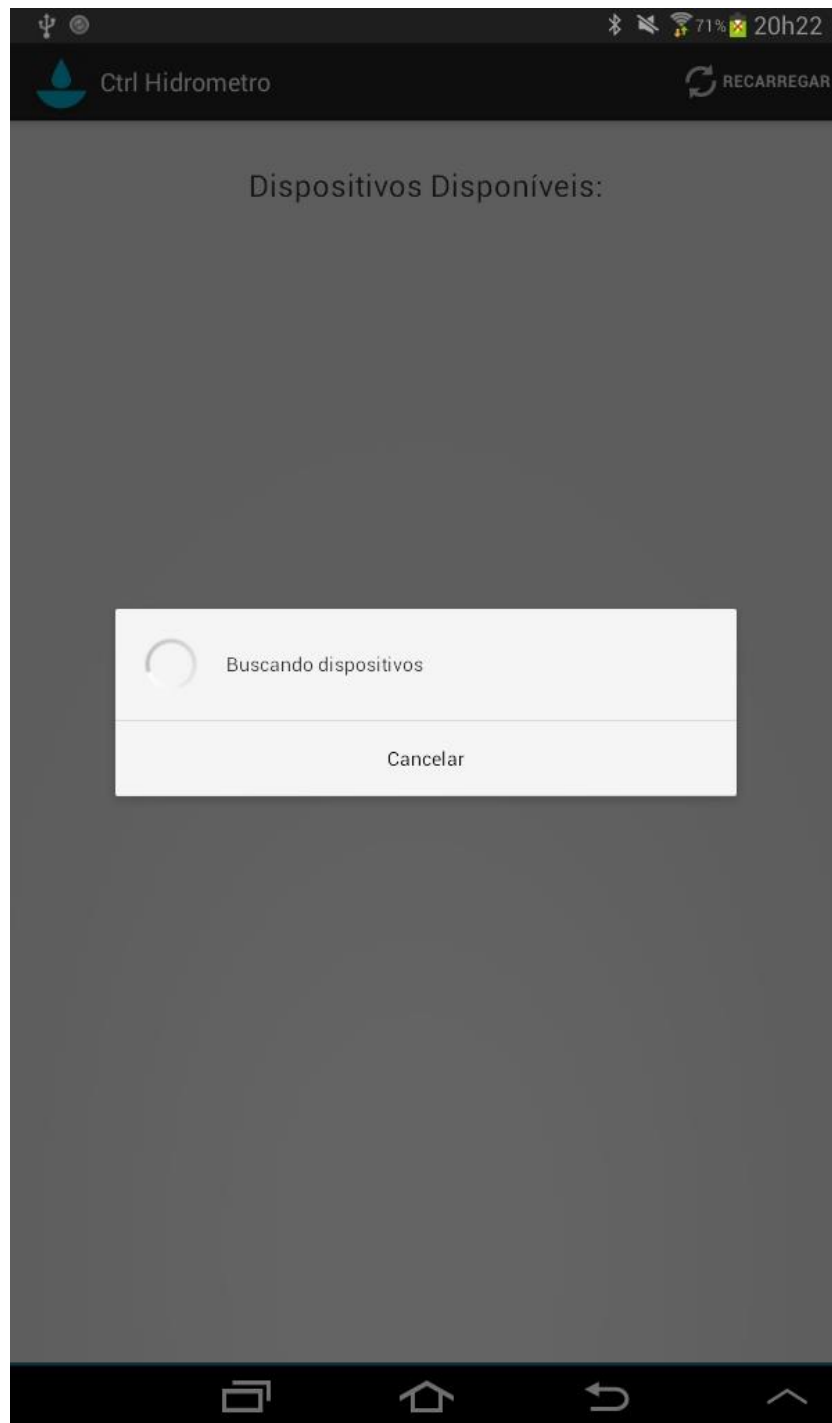
APÊNDICE D – Tela inicial do sistema Ctrl Hidrômetro



## APÊNDICE E – Tela de opções do sistema



## APÊNDICE F – Tela busca por dispositivos



## APÊNDICE G – Tela inicial do hidrômetro



## APÊNDICE H – Tela de detalhes de recarga



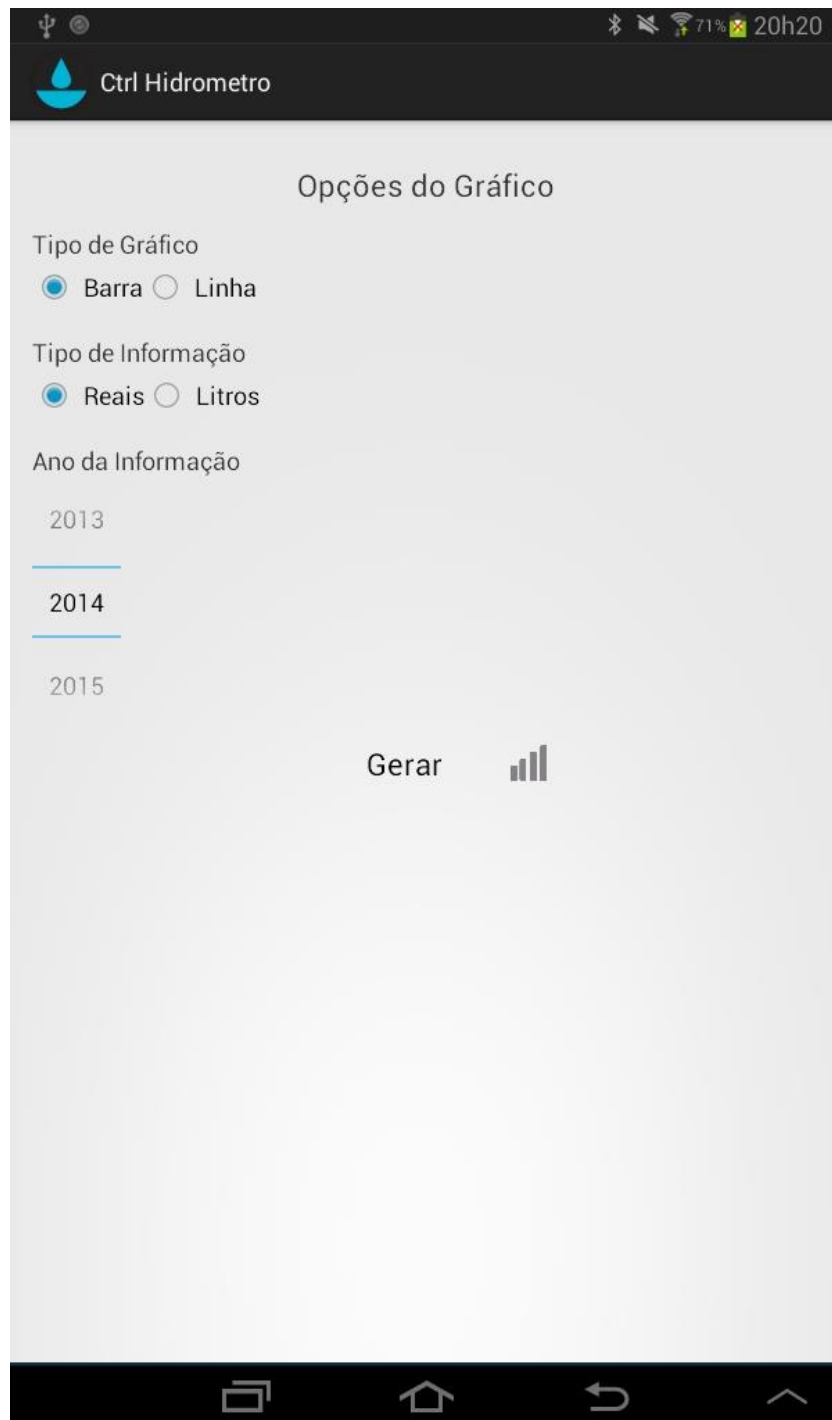
The screenshot displays the 'Ctrl Hidrometro' application interface. At the top, there is a status bar with icons for USB, Bluetooth, signal strength, 71% battery, and the time 20h20. Below the status bar is a header with a blue water drop icon and the text 'Ctrl Hidrometro'. The main content area shows a list of refills for the year 2014, with a left arrow and the year '2014' in the center, and a right arrow on the right. The list contains seven entries, each with a date and time on the left, and the amount in R\$ and Litros on the right. The entries are separated by horizontal lines. At the bottom, there is a black navigation bar with four white icons: a square, a house, a circular arrow, and an upward-pointing arrow.

	2014	
09/05/2014 08:18:15		R\$ 15,00 30,000 Litros
09/05/2014 08:17:30		R\$ 50,00 100,000 Litros
09/04/2014 12:00:00		R\$ 40,00 80,000 Litros
09/04/2014 12:00:00		R\$ 33,00 66,000 Litros
09/03/2014 12:00:00		R\$ 39,00 78,000 Litros
09/02/2014 12:00:00		R\$ 33,00 66,000 Litros
09/01/2014 12:00:00		R\$ 51,00 102,000 Litros

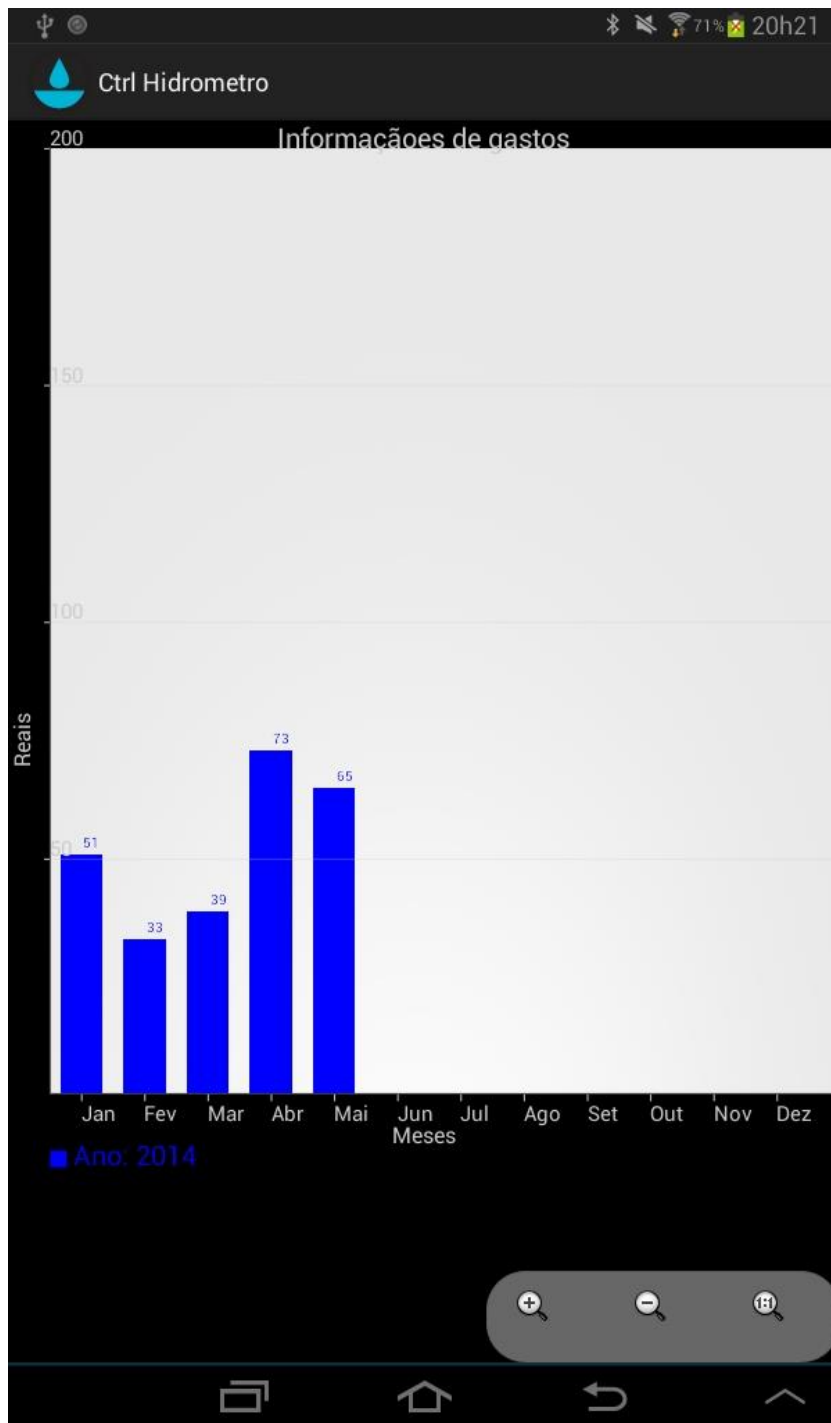
## APÊNDICE I – Tela de recarga



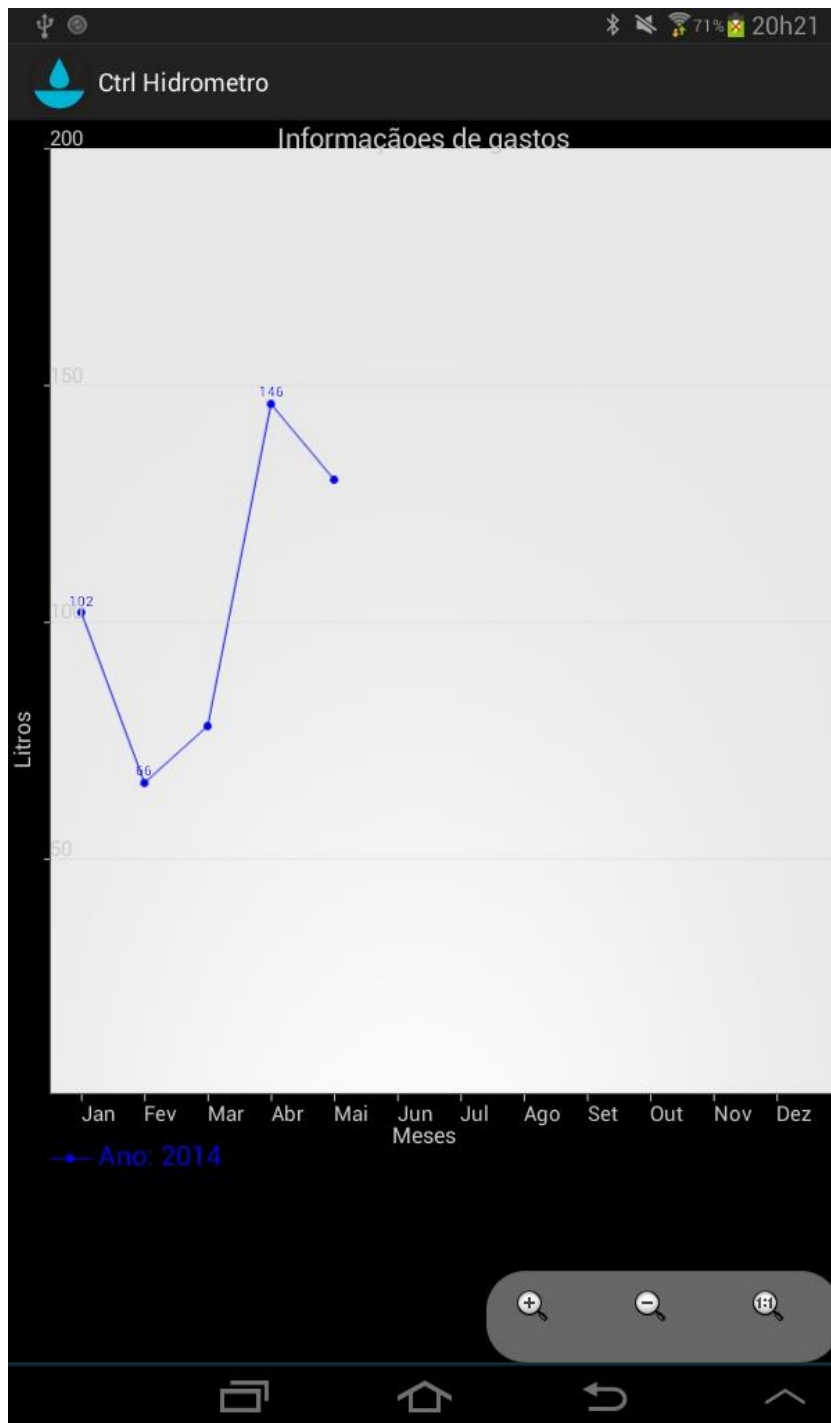
## APÊNDICE J – Tela de configurações de gráfico



### APÊNDICE K – Tela de gráfico em barras



### APÊNDICE L – Tela de gráfico em linha



# SISTEMA DE CONTROLE DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA COBRANÇA VIA COMPRA DE CRÉDITOS PRÉ- PAGOS POR DISPOSITIVOS MÓVEIS

**Prof Esp. Sérgio Coral<sup>1</sup>, Luigi Maestrelli<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Instituto de Informática – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) CEP 88806-000 – Criciúma – SC – Brasil

sergiocoral@unesc.net, lgmaestrelli@gmail.com

**Abstract.** *The bad use of natural resources associated with wastefulness, unfortunately, has taken only part of society reconsider and adopt new politics in favor of sustainability. Thereby, the possibility of automating the control of current hydrometer was identified in order to better manage and reduce spending by both the consumer and the distribution companies. The development of a prototype automated hydrometer is presenting a proposal for controlling the flow of water to residences. The water passes through the circuit being added up by a sensor connected to the microcontroller that identifies the total credit available and manages a valve to release or not its way into the residence. When the credits run out, you need to recharge them using a smartphone. The process allows us to reduce the costs of distribution companies, removes the need for intervention to block the debtors and enables users to a system of control and management of its consumption.*

**Resumo.** *O mau uso dos recursos naturais associados ao seu desperdício tem levado, infelizmente, apenas parte da sociedade a repensar e a adotar novas políticas em prol da sustentabilidade. Assim, identificou-se uma possibilidade de automatização de controle dos hidrômetros com o objetivo de melhor gerenciar e reduzir gastos tanto pelo consumidor quanto pelas companhias distribuidoras. O desenvolvimento de um protótipo de hidrômetro automatizado vem apresentar uma proposta de controle do fluxo de água para residências. A água passa pelo circuito sendo totalizada por um sensor conectado ao microcontrolador, que identifica o total de créditos disponíveis e gerencia uma válvula para liberar ou não sua passagem para a residência. Quando os créditos acabarem, é necessário realizar a sua recarga utilizando um smatphone. O processo possibilita a redução dos custos das companhias distribuidoras, remove a necessidade de intervenção das mesmas para o bloqueio de devedores, possibilita aos usuários um sistema de controle e gestão do seu consumo.*

## 1. Introdução

O hidrômetro é um instrumento para medição volumétrica de água, sendo utilizado em larga escala pelas companhias de saneamento básico para medir o consumo dos seus clientes, emitindo assim contas que levam em consideração o volume consumido individualmente. Também utilizado pelas mesmas para estimar as perdas entre o centro de distribuição e os locais de destino.

Para a medição do volume de água pelo hidrômetro, um dispositivo interno é acionado pela pressão que a água exerce sob uma turbina ou hélice gerando um movimento de rotação,

assim, um totalizador é acionado de acordo com a proporcionalidade da rotação indicando o volume do líquido em metros cúbicos ou litros. Para cada tipo de líquido medido, existe um modelo de hidrômetro específico, com componentes internos específicos e adaptados para cada situação.

Devido ao grande número de erros providos do hidrômetro atual, tais como a medição da vazão de ar que passa juntamente com a água, o alto custo com o deslocamento de colaboradores que aferem mensalmente o aparelho medidor, a inconveniência ao bloquear clientes devedores, a dificuldade de controle de gastos, gerência e previsão de despesas por parte do cliente, foi desenvolvido um protótipo de circuito para controle de abastecimento e corte de uso de água. O dispositivo medirá a vazão de água que passa por um tubo, através de um sensor, verificando a quantidade de créditos que estará disponível na conta do cliente e, caso o mesmo não possua saldo positivo, uma válvula fechará a passagem de água para dentro da residência. A passagem só será liberada novamente no momento em que os créditos forem recarregados utilizando um dispositivo móvel.

Usando um smartphone ou tablet para realizar a integração com o usuário, tem-se uma grande possibilidade de recursos que podem ser implantados para aprimorar e adicionar funcionalidades ao projeto, pois se trata de um telefone celular que possui a capacidade de estender suas funcionalidades através de aplicativos que serão executados pelo seu sistema operacional. Permitindo assim que desenvolvedores criem inúmeros aplicativos para as mais variadas necessidades. Segundo Pereira e Silva (2012), o fator que impulsiona o mercado de aplicativos para smartphones é o crescente aumento nas vendas dos mesmos, sendo este o produto mais utilizado no mundo. A quantidade de aparelhos existentes é mais da metade da população mundial (cinco bilhões em 2011) e a quantidade de celulares acessando a internet atinge mais que o dobro de computadores com acesso a mesma.

No desenvolvimento do circuito do projeto, é possível usar microcontroladores para a realização de cálculos, leitura de sensores e acionamento de válvulas, pois alguns modelos possuem a capacidade de ler tanto valores analógicos como digitais, além de possibilitar a capacidade de armazenamento interno de dados. Utilizados para funções específicas de acordo com sua programação e montagem do circuito.

## **2. Justificativa**

Segundo Gomes (2011), levantamentos geoambientais constataram que cerca de 70% da superfície do Planeta é constituída por água, sendo que somente 3% são de água doce e, deste total, 98% estão na condição de água subterrânea e calotas polares. Isso significa que a maior parte da água disponível e própria para consumo é mínima perto da quantidade total de água existente, assim deve ser preservada e não desperdiçada.

Sempre que o tema água é posto em discussão, fala-se sobre técnicas que podem diminuir gastos, racionamento e métodos para reaproveitamento. No entanto, não é usual uma abordagem que envolva assuntos, tais como: técnicas para controle, gerência de gastos e análise de consumo. Esses itens fazem parte de uma etapa importante que permite identificar os locais exatos em que podem estar ocorrendo um mau uso do recurso, para então poder conscientizar os responsáveis de forma mais efetiva e direta.

Com a utilização do protótipo desenvolvido, é possível aumentar a precisão da medição, tornando o método mais confiável, diminuindo custos com colaboradores que não necessitariam se deslocar até as residências mensalmente, bloqueio automático de clientes que não efetuarem o pagamento, neste caso, os que ficaram sem créditos. E proporcionará o levantamento de dados estatísticos de recargas anteriores para possibilitar ao usuário uma

estimativa de gasto para os meses posteriores. Tudo isso disponível por meio dos smartphones e tablets.

Como afirma Pereira e Silva (2012), os smartphones, são os produtos mais vendidos e utilizados no mundo, tornando-se assim de fácil acesso para os consumidores. O software desenvolvido para o dispositivo celular poderá ser disponibilizado gratuitamente para download, reduzindo os custos com a troca e utilização do dispositivo medidor.

Com pequenas alterações no projeto, o circuito poderá ser utilizado não apenas por companhias de saneamento básico, mas por qualquer indústria que deseja medir eletronicamente a vazão de um líquido e coletar dados e estatísticas de seu consumo. Sendo necessário também utilizar um sensor de vazão específico para cada tipo de líquido que será medido.

### 3. Desenvolvimento

O trabalho consiste em criar um protótipo de hidrômetro digital com controle automático de gastos. Os valores são computados em tempo real e comparados a um saldo de créditos disponíveis, onde cada consumo computado será descontado do saldo disponível. Quando este chegar a zero o hidrômetro irá automaticamente impedir a passagem de água para a residência até que o saldo seja recarregado.

#### 3.1. Sensor de Fluxo

O modelo escolhido foi o YF-S201 da empresa Sea, este possui 3 fios para conexão com o circuito: preto, vermelho e amarelo, sendo estes GND, VCC e *Output* respectivamente. Para ligar o sensor ao Arduino foi conectado o fio GND do sensor a um dos pinos GND do Arduino, o fio VCC do sensor ao pino VCC +5v do Arduino, este podendo também ser alimentado de 5 a 24 volts utilizando uma fonte externa, e por último o *output* é conectado ao pino 2 no Arduino. Este necessita de tratamento via hardware para que não fique flutuando e causa leituras equivocadas.

A leitura dos valores fornecidos pelo sensor é realizada através de interrupções externas, por isso é utilizado o pino digital 2. O sensor retorna, o fluxo atual de água que está passando por suas turbinas. Para obter este valor, é necessário realizar um cálculo para converter os sinais enviados no formato que o sistema irá utilizar.

$$(nTp \times 60)/7.5$$

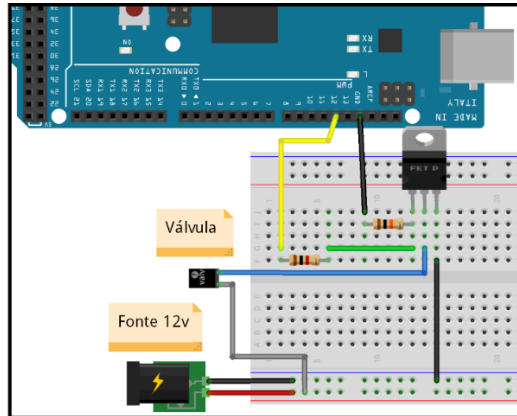
**Figura 1. Cálculo utilizado para obter o fluxo de água que passa pelo sensor.**

Os valores enviados pelo sensor são aplicados na fórmula no lugar da variável “nTp”. Para a utilização do projeto foi necessário realizar a conversão de Litros/Hora para Litros/Segundo, para isso o resultado do cálculo é multiplicado por 3600.

#### 3.2. Válvula Solenoide

A válvula escolhida é de uso comum em sistemas de irrigação, sendo alimentada por 12v. Esta é chaveada utilizando um transistor modelo TIP122, com capacidade para até 5 A. Para o funcionamento do transistor, o pino de saída (pino 12 do Arduino) é conectado a um resistor de 1KΩ (responsável por regular a tensão de entrada na base do transistor) e é utilizado outro resistor de 10KΩ ligado do pino do Arduino ao GND para que o mesmo não fique flutuando, as saídas destas conexões são ligadas ao terminal BASE do transistor.

O GND da fonte da válvula é conectado ao emissor do transistor e por fim o coletor é ligado ao GND da válvula. O VCC da fonte é ligado diretamente ao VCC da válvula, assim ao ser definido nível lógico alto na base do transistor, ocorrerá a passagem de corrente entre o coletor e o emissor, acionando a válvula. A figura 2 representa um exemplo das ligações realizadas.



**Figura 2. Conexões entre o Arduino, o transistor e a válvula.**

### 3.3. Controle de Créditos

O controle de créditos é realizado pelo Arduino, para isso foi desenvolvida uma biblioteca para gerenciar o total de créditos disponíveis, receber as informações da recarga e gerenciar o controle da válvula e os Leds de alerta. A cada recarga e consumo, os valores totais são atualizados e posteriormente é chamada a função de atualização dos componentes externos, acionando ou não a válvula.

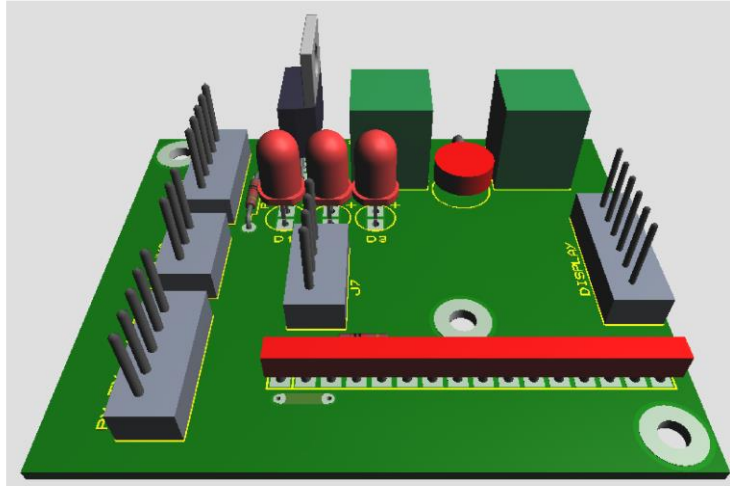
### 3.4. Comunicação Bluetooth

A comunicação foi realizada utilizando a porta serial do Arduino conectada a um módulo bluetooth. Este envia e recebe dados utilizando as portas e comandos seriais padrões dos Arduino.

A leitura dos dados enviados é feita através o evento “serialEvent”, que é chamado a cada dado recebido. Após receber todo o pacote, o mesmo é tratado de acordo com o comando recebido.

### 3.5. Montagem do Circuito

A placa desenvolvida é composta de um conector de quatro entradas para o encaixe do módulo bluetooth, ligados a quatro pinos para a conexão do mesmo ao Arduino. Três LEDs, seus respectivos resistores e seus pinos para controle do Arduino. Dois pinos para a entrada do VCC, um para 5V e outro para 3,3V e um GND. Para conectar o display LCD foram utilizados um conector fêmea com dezesseis conexões, das quais seis são redirecionadas para o Arduino nas portas analógicas (portas escolhidas para economizar portas digitais). Pinos para a entrada do sensor de fluxo e três pinos para o controle da válvula utilizando o transistor. A figura 3 mostra o layout que foi desenvolvido para a fabricação da placa descrita.



**Figura 3. Layout da placa desenvolvida para controle.**

Depois de concluída foi possível reduzir um grande número de conexões com o Arduino, deixando somente o necessário para o controle do dispositivo. Desta maneira, caso necessário, é possível trocar do Arduino Mega para o Arduino UNO, sem perda de funcionalidades devido ao limite de número de portas.

### 3.6. Protocolo de Comunicação

O protocolo foi desenvolvido utilizando valores fixos como comandos. Ao interpretar estes valores o software sabe o que fazer e qual resposta enviar. Ao enviar um pacote de dados, o software (tanto para no hidrômetro quanto no Android) monta uma *String* no formato pré-configurado contendo o comando e os valores necessários para ação solicitada.

Para automatizar a geração e leitura de pacotes, foi criada uma biblioteca, chamada “GeradorPacote”, para Android e outra para Arduino com o mesmo princípio de funcionamento. É configurada na declaração da biblioteca os valores de início de pacote, separador de comando e de pacotes e o final de pacote. Informando o comando e uma lista com os parâmetros, a biblioteca gera uma *string* já formatada e pronta para o envio.

Para a leitura dos pacotes o processo é o inverso, é passado como parâmetro a *string* recebida com o formato esperado e a biblioteca separa em comando e em uma lista de parâmetros.

### 3.7. Software de Gestão para Android

Desenvolvido utilizando a IDE Eclipse juntamente com o plugin ADT Bundle do Android. Escolhido por ter código aberto, sem custos e por ser a IDE padrão de desenvolvimento disponibilizada pelo Google, atual mantedor do sistema operacional.

O software tem como objetivo realizar a recarga de créditos no hidrômetro e gerenciar seus gastos utilizando relatórios e gráficos. O sistema conta com uma tela de configurações, onde é possível definir o valor do litro de água (necessário para a recarga) e outras opções para gerenciar a manipulação de dados (exclusões de recarga já efetuadas e alterações de datas) que não são permitidas por padrão.

A primeira tela do projeto é utilizada para selecionar qual hidrômetro ira ser gerenciado, os dispositivos cadastrados aparecem em uma lista com seus nomes e endereços MAC. Os aparelhos são adicionados utilizando os seus MACs como chave, impedindo a inclusão de dispositivos duplicados. Os novos são adicionados realizando uma busca por dispositivos

bluetooth que se encontram no alcance (os mais comuns possuem um alcance de dez metros), para isso foi criada uma rotina de busca que realiza broadcasts de solicitação para todos que estiverem na área, os que responderem são adicionados a uma nova lista para o usuário escolher qual será incluso no sistema.

Por padrão todos os dispositivos bluetooth vem configurados para responder a esta solicitação, o que possibilita a localização dos mesmos utilizando estes pedidos de descoberta (service discovery).

Após adicionados é possível acessar suas funcionalidades clicando sobre o mesmo na lista da tela inicial. Neste momento será realizada uma tentativa de conexão com o endereço bluetooth cadastrado, caso a tentativa falhe, não é possível realizar nenhuma atividade ou acessar seus dados. Para fins de teste, a tela de opções possui um parâmetro para desativar a conexão com os dispositivos, assim, foi possível realizar testes quando o hidrômetro não estiver presente, entretanto, todas as alterações feitas não serão repassadas ao dispositivo, mas serão armazenadas.

Na página principal do hidrômetro, é apresentado um resumo de gastos agrupados por mês e ano, sendo possível avançar e recuar o ano usando as setas localizadas na parte superior. Para visualizar as informações de forma mais detalhada é necessário utilizar o botão “Detalhar”, que resulta na abertura de uma nova tela listando as informações completas de cada recarga efetuada (data, descrição, valor recarregado e quantidade de litros), separadas por ano.

Outra possibilidade de apresentação dos dados é por meio de gráficos. Para acessar esta opção é necessário clicar no botão “Gráfico” localizado na página principal do sistema, nele é aberto uma tela com as opções de plotagem do mesmo. É possível selecionar o ano dos dados, escolher se deseja visualizar os valores em reais ou em litros e se o gráfico apresentado será de barras ou de linhas. Com as opções selecionadas uma janela com o gráfico é apresentada ao clicar no botão “Gerar”.

O Android não possui opção nativa para plotagem de gráficos sem utilizar uma conexão com a internet, com isso, foi utilizado uma biblioteca de terceiros para a realização desta tarefa. Pesquisando algumas bibliotecas para serem utilizadas foram encontradas diversas opções, entre elas foi selecionado duas: “aFreeChart ” e “AChartEngine ”, destas duas foi escolhido a segunda opção por ter mais funcionalidades e por possibilitar uma montagem de dados mais dinâmica.

Para efetuar a recarga, na tela inicial do hidrômetro, é necessário clicar no botão “Recarregar”. O usuário é direcionado para a tela de recarga, nela é necessário informar o valor da recarga e, caso o usuário deseje, uma descrição ou comentário para posterior consulta. Ao clicar no botão “Salvar”, o sistema monta um pacote de dados com os dados informados e envia para o dispositivo via bluetooth. Enquanto o mesmo não enviar uma resposta, positiva ou negativa, sobre a situação da recarga, uma tela para que o usuário aguarde é exibida. Após esta confirmação, as informações são salvas no banco de dados do sistema e estão disponíveis para consulta, e então o sistema é liberado para usuário poder utiliza-lo.

Para efetuar a conexão e o envio de dados via bluetooth, foi desenvolvida uma biblioteca que mantém e gerencia os dados da mesma, contendo listeners para retornar a aplicação os dados recebido em tempo real. Todas as rotinas de envio e monitoramento de recebimento são realizadas utilizando AsyncTask, que mantém as tarefas programadas sendo executadas em background para não atrapalhar no funcionamento de outras tarefas do sistema. O mesmo ocorre com todas as ações de carregamento de listas do banco de dados, para não influenciar na usabilidade do sistema e não trava-lo por muito tempo, pois se o software não responde ao sistema operacional dentro de alguns segundos, o Android pode fecha-lo

automaticamente ou perguntar ao usuário de deseja encerra-lo, fazendo com que o usuário pense que há algum problema com o sistema.

Para o envio de dados é utilizado um objeto chamado `OutputStream`, que conecta ao módulo bluetooth utilizando sockets e permite o envio de dados através do envio de bytes. Para a leitura é utilizado um objeto parecido, `InpuStream`, utilizando a mesma conexão via sockets, nele é necessário o constante monitoramento para sabermos se algum dado foi recebido. Para tornar este processo mais prático, foi criada uma rotina que funciona como um serviço em background e em um loop constante, ou seja, ao receber algum dado, este é tratado e a rotina de verificação é reiniciada e é finalizada apenas ao desconectar o hidrômetro ou fechar o sistema.

#### 4. Testes e Resultados

Os testes iniciais foram realizados unindo os componentes do circuito utilizado mangueiras, pois os mesmos já contêm os conectores próprios para esta conexão. Foram realizadas conexões fazendo com que o fluxo de água passe pela válvula retentora, o sensor de fluxo e por último a válvula solenóide.

Os extremos dos mesmos foram ligados a uma bomba d'água conectada a uma caixa para simular a passagem de água que ocorre nas conexões do hidrômetro e possibilitar os testes em vários ambientes.

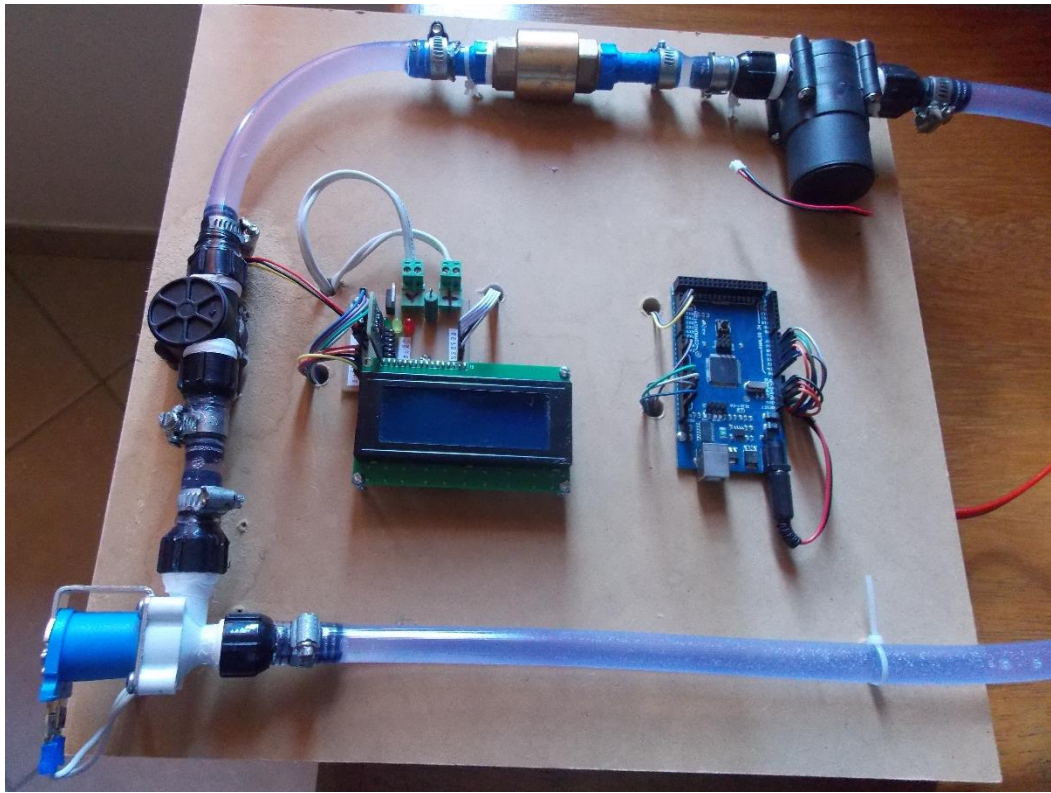
A água passa pela válvula retentora que impede que a mesma retorne de dentro da residência de volta para o sistema central e remove boa parte do ar na tubulação. O ar não é totalmente removido por uma limitação deste modelo de válvula, não foi utilizado um modelo mais eficiente pois seria necessário a utilização de uma maior pressão da água, o que dificulta a simulação e testes. A água então passa pelo sensor que envia informações para o controle do Arduino e por último passa pela válvula de controle, está estará aberta ou fechada de acordo com os créditos disponíveis.

A interface e os ícones do software foram testados em diferentes resoluções de tela e nos modos *landscape* e *portrait*. Para funcionar nos dois modos, apenas a tela de configurações do gráfico teve de ser alterada para permitir o *scroll* das informações. Como as telas serão as mesmas para os dois modos, o próprio sistema operacional se encarrega de controla-la no momento em que o usuário gira o aparelho.

Um detalhe encontrado nos testes que não obteve correção, é o fato do sistema travar enquanto o a conexão bluetooth com o hidrômetro não for finalizada, mesmo esta rotina já estar sendo executada em *background*, o sistema todo tem que esperar o seu término e não é possível nem colocar uma mensagem de espera enquanto isso, mas isto não interfere no funcionamento, apenas na estética.

O último teste realizado foi tentar tornar o circuito auto sustentável, utilizando um mini hidro gerador acoplado antes da válvula de retenção para alimentar o circuito todo. Existem poucos modelos deste tamanho em produção, o que tornou difícil a compra e longa a espera pela chegada. O modelo escolhido foi o “3.6V Micro hydro generator”, adquirido no site [SeedStudio.com](http://SeedStudio.com), que dispõem de uma bateria interna para regular a tensão de saída quando o fluxo de água for baixo. Este modelo gera 3,6v com corrente contínua, o que não é suficiente para alimentar diretamente a válvula e o Arduino. Foi utilizado então um multiplicador de tensão aumentando assim para 12v, porém quando a tensão aumenta, a corrente diminui, caindo para níveis onde não é possível energizar a bobina da válvula, por isso não foi obtido sucesso na implementação desta ideia.

A precisão da medição de fluxo posta em teste é de aproximadamente 3%, valor disponibilizado pelo fabricante do sensor. Sendo despejado dois litros de água nas tubulações o mesmo totalizou 2,01 litros, que está dentro da faixa de precisão correta.



**Figura 4. Protótipo pronto e utilizado em testes.**

## 5. Conclusão

A realização deste trabalho de conclusão de curso exigiu do autor a realização de pesquisas sobre a situação das águas no Brasil e no mundo e o funcionamento de suas distribuidoras, para assim, possibilitar a criação de um sistema mais eficiente e de fácil manuseio.

Foram realizados estudos e levantamentos técnicos sobre os aparelhos medidores e a maneira de como são aferidos pelos técnicos das companhias. Tornou-se indispensável também o conhecimento técnico em eletrônica, adquirido com o auxílio de colegas e livros, para possibilitar a montagem do circuito tornando-o eficiente e mais estável.

Com o protótipo montado, pode-se analisar os custos de um hidrômetro convencional com o modelo criado, sendo evidente a possibilidade de redução de custos se utilizar componentes específicos, como apenas o chip controlador Atmega ao invés do Arduino.

As dificuldades encontradas foram a nível de hardware por ser de pouco conhecimento do autor, mesmo o Arduino abstraindo uma boa parte do conhecimento necessário o funcionamento de circuitos microcontrolados.

Com as dificuldades superadas foi possível realizar toda a automação e gerência de gastos com água utilizando um meio de comunicação sem fio para a comunicação com o dispositivo móvel utilizado nos testes.

Após a conclusão do projeto, pode-se pensar sobre a possibilidade de trabalhos futuros, um deles é a implementação de uma comunicação utilizando xBee, para que os mesmos possam se conectar com uma central de abastecimento sem a necessidade de implantação de uma infraestrutura complexa. Com esta implementação é possível recarregar o

hidrômetro pela internet ou outras formas que dependam da mesma, removendo a necessidade de estar próximo do aparelho.

Como trabalho futuro também pode ser estudado uma técnica de geração de energia eficiente para alimentar o circuito todo, tornando o hidrômetro auto sustentável e reduzindo o custo com energia elétrica utilizada para alimentá-lo.

### **Referências**

GOMES, M. A. F. (2011). “Água: sem ela seremos o planeta Marte amanhã.”. Em Jaguariúna.

PEREIRA, L. C. O., e SILVA. M. L. da. (2012). “Android para Desenvolvedores”. Em Brasport.