

# DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO ANDROID PARA MONITORAMENTO MICROCONTROLADO DO NÍVEL DE UM RESERVATÓRIO DE ÁGUA RESIDENCIAL EM TEMPO REAL

Isabel R. H. Oliveira, Carlos R. B. Santos, Marco A. L. Rodrigues

Instituto Federal de Minas Gerais, Engenharia Elétrica, Formiga - MG

E-mail: isabelrho@hotmail.com, carlos.renato@ifmg.edu.br, marcoantoniolaini@gmail.com

**Resumo** – Este trabalho apresenta uma solução de baixo custo para informar aos moradores residenciais sobre o volume de água disponível em seus reservatórios de água a fim de que não sejam surpreendidos por eventuais problemas de abastecimento de água, que são muito comuns em bairros periféricos de grandes centros urbanos. A solução apresentada utiliza Arduino, Bluetooth, sensor de nível, e um aplicativo para Android desenvolvido por um programa chamado APP Inventor, a partir do qual o morador residencial pode monitorar o volume de água a partir de um smartphone ou de um tablet.

**Palavras-Chave** – Arduino, App Inventor, Módulo Bluetooth, Reservatório, Sensor de nível.

## DEVELOPMENT OF AN ANDROID APPLICATION FOR MICROCONTROLLED MONITORING THE LEVEL OF A RESIDENTIAL WATER TANK IN REAL TIME

**Abstract** - This work presents a low-cost solution to inform home residents about the amount of available water in their water tanks so that they are not surprised by any problems of water supply, which are very common in the suburbs of large urban centers. The solution presented uses Arduino, Bluetooth, level sensor, and an Android app developed by a program called App Inventor, from which a residential occupant can monitor the volume of water from a smartphone or a tablet.

**Keywords** – Arduino, App Inventor, Bluetooth module, Level sensor, Reservoir.

### I. INTRODUÇÃO

À medida que o uso de sistemas microcontrolados se populariza na sociedade, torna-se comum o uso de aplicações em tempo real. Busca-se cada vez mais fazer com que a troca e o processamento das informações de um sistema sejam eficientes e rápidos. Muitas vezes, é necessário que um

sistema seja controlado à distância tanto para que custos com manutenção sejam diminuídos quanto para se obter respostas instantâneas a problemas ou a qualquer evento ocorrido. Assim como acontece na área de automação e controle, em sites que enviam respostas automáticas aos usuários, há necessidade de monitoramento e envio rápido de respostas. É necessário buscar mais velocidade nos diversos processos, procurando minimizar os custos provenientes da logística para manutenção do sistema e os investimentos aplicados para um benefício maior [1].

A popularização dos smartphones e dos tablets, acrescentada à simplicidade de desenvolvimento de aplicativos, permite a construção de projetos direcionados à automação residencial. Hoje existem vários projetos nessa área [2].

Ao observar a evolução humana, nota-se que o conhecimento adquirido e as tecnologias desenvolvidas têm sido aplicados na adaptação do homem ao ambiente em que está inserido. Por exemplo, num ambiente que envolve a transposição de grandes distâncias para a troca de informações, tem-se tentado o uso do controle remoto. Pode-se dizer que a ciência se desenvolve a fim de melhorar em algum aspecto a vida humana, seja em termos de conforto como também em termos de minimização de custos. A engenharia também se ocupa de desenvolver equipamentos, dispositivos e mecanismos que facilitam a vida das pessoas [3].

A humanidade sabe que a água é algo essencial à vida, porém não se dá a devida importância a ela, usando este recurso tão essencial à vida de forma desmedida. A falta de água nas residências está aumentando muito devido principalmente à irregularidade das chuvas e ao insuficiente investimento das empresas de abastecimento de água faz crescer a necessidade de uma maior conscientização. Atitudes de curto e de longo prazo devem ser tomadas a fim de evitar danos maiores. A Terra possui 1,4 milhões de quilômetros cúbicos de água, mas apenas 2,5% desse total são de natureza doce. Os rios, lagos e reservatórios de onde a humanidade retira o que consome só correspondem a 0,26% desse percentual. Daí a necessidade de preservação dos recursos hídricos. Em todo mundo, cerca de 10% da água disponibilizada para consumo são destinados ao abastecimento público, 23% para a indústria e 67% para a agricultura [4].

De maneira geral, o Brasil é um país privilegiado quanto ao volume de recursos hídricos, pois abriga 13,7% da água doce do mundo. Porém, a disponibilidade desses recursos não é uniforme, mais de 73 % da água doce disponível no país encontra-se na bacia Amazônica, que é habitada por menos de 5% da população. Apenas 27% dos recursos



XII CEEL – ISSN 2178-8308  
13 a 17 de Outubro de 2014  
Universidade Federal de Uberlândia – UFU  
Uberlândia – Minas Gerais – Brasil

hídricos brasileiros estão disponíveis para as demais regiões, onde residem 95% da população do país. A Figura 1 mostra esta distribuição hídrica, da superfície e da população de acordo com cada região.

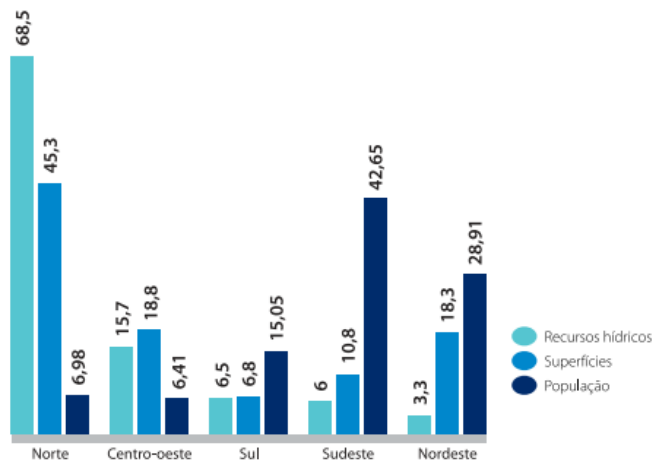


Fig. 1. Distribuição dos recursos hídricos, da superfície e da população em porcentagem do total do Brasil.

O Brasil registra também elevado desperdício de água, entre 20% e 60% da água tratada para consumo se perde na distribuição, dependendo das condições de conservação das redes de abastecimento. Além dessas perdas de água no caminho entre as estações de tratamento e o consumidor, o desperdício também é grande nas residências, envolvendo, por exemplo, o tempo necessário para tomar banho, a utilização de descargas no vaso sanitário que consome muita água, a lavagem da louça com água corrente, no uso da mangueira como vassoura na limpeza de calçadas, na lavagem de carros, etc [5].

Atualmente, a população de algumas cidades, como a de Formiga - MG, percebe a falta de água em suas residências, principalmente pelo aumento da população, baixo investimento nas redes de abastecimento de água e desperdício de água, onde a população, muitas vezes, sofre com a falta de água. A fim de tentar encontrar alguma forma de amenizar este problema realizou-se este trabalho que propõe o desenvolvimento de um aplicativo para monitoramento do nível de uma caixa d'água residencial. Para isso foi necessário um sistema constituído por um hardware controlado por uma plataforma de prototipagem eletrônica (constituído pelo dispositivo Arduino, um módulo bluetooth e um aparelho com sistema android). O Arduino irá enviar os dados coletados via bluetooth para um aplicativo criado facilmente através de um programa chamado APP Inventor, que poderá ser controlado pelo próprio consumidor, fazendo assim com que seja possível um controle tanto dos gastos quanto do desperdício e este também poderá evitar os transtornos de ficar sem água em casa. Dessa forma, a motivação e o objetivo deste trabalho estão relacionados a solucionar o problema para a situação descrita.

## II. PROPOSTA DO PROJETO

Pensou-se na proposta deste trabalho ao se observar a situação do Brasil, como o caso de São Paulo, onde o nível no sistema Cantareira já caiu abaixo de 9% em 2014, e

principalmente ao analisar a cidade em que é situado nosso instituto, Formiga-MG, onde a falta de água é comum. Alguns moradores reclamam de passar dias sem água até para tomar um banho. O propósito deste projeto é criar uma ferramenta flexível, de baixo custo e capaz de ser operada por qualquer pessoa. O sistema se encarregará de monitorar o nível de uma caixa d'água, permitindo que o usuário, via bluetooth, tenha o controle deste nível podendo monitorá-lo através de uma tela de um tablet ou smartphone, e quando o nível da água atingir um volume de água menor que 80% da capacidade do reservatório, o sistema mandará uma mensagem de alerta para o usuário.

Portanto, este sistema fará com que o usuário tenha um controle do volume de água disponível em sua caixa de água e a partir daí poderá administrar a água disponível, como reduzir o tempo de banho, adiar a limpeza de veículos, cancelando a limpeza de calçadas com água, evitando, de forma geral, o transtorno em ser surpreendido pela falta de água na torneira.

A seguir, serão apresentados os principais componentes do projeto.

### A. Arduino Mega 2560

Como parte inicial deste trabalho, foi adotado o dispositivo Arduino conforme ilustrado pela Figura 2, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* livre. O dispositivo em questão tem as vantagens de permitir programações em linguagem C/C++ através de uma IDE escrita em Java com múltiplas bibliotecas que facilitam essas programações [6].

Além disso, é um dispositivo robusto que possui *hardware* e software integrados, incluindo um editor de código com diversos recursos que facilitam a programação e a edição de códigos. Também é capaz de compilar e carregar programas para a placa de uma maneira bastante simples e fácil.

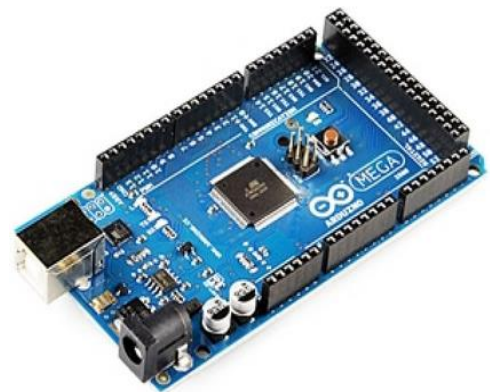


Fig. 2. Arduino Mega 2560.

### B. Módulo bluetooth para arduino

A Figura 3 mostra o módulo bluetooth RS 232 HC-05 que oferece uma forma fácil e barata de comunicação com qualquer projeto feito com um Arduino. Em sua placa existe um regulador de tensão e este pode ser alimentado com tensões entre 3.3 a 5V. Antes de comunicar com o módulo precisará pará-lo com o dispositivo que se deseja conectar, dependendo do Sistema Operacional que for usado (neste

caso o Android). Um LED indicará se o módulo está pareado com outro dispositivo [7].

O módulo usado neste projeto possui um alcance de até 10m, sendo assim é possível que um usuário monitore sua caixa d'água que estará a uma altura de 3 metros de altura em uma casa convencional.

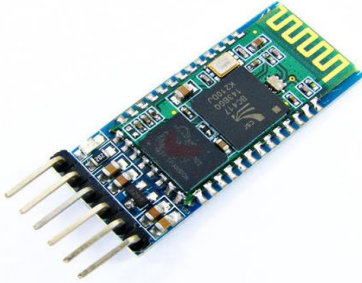


Fig. 3. Módulo bluetooth para comunicação com Arduino.

### C. Sensor de pressão MPX 5010dp

Estes sensores fornecem uma tensão de saída linear em relação à pressão medida. A tensão de saída cresce linearmente à medida que a diferença de pressão entre a entrada P1 (lado de pressão) e o lado P2 (lado de vácuo) aumenta. O sensor é mostrado na Figura 4. Neste projeto usou-se este sensor para medir o nível de água a partir da pressão exercida pela coluna de água.

Este sensor foi concebido para aplicação em microcontroladores, gerando um nível de sinal de saída analógico proporcional à pressão aplicada, além de ter um erro máximo de 5,0 %, considerado satisfatório para os testes deste projeto [8].



Fig. 4. Sensor de pressão MPX5010.

Através de medições realizadas com este sensor para verificar sua linearidade, obteve-se o gráfico da figura 5. Observa-se uma perfeita linearidade, uma vez que o valor de  $R^2$  foi de aproximadamente 100%.

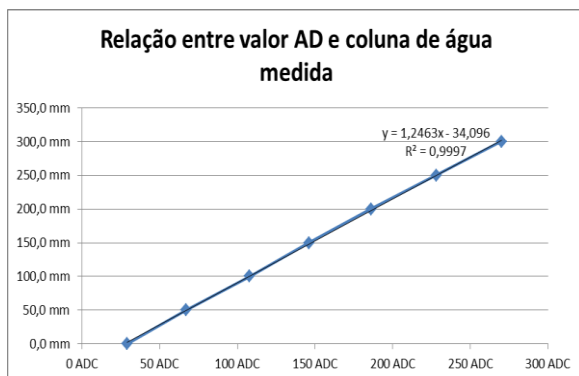


Fig. 5. Teste do sensor de pressão MPX5010.

## III. METODOLOGIA E MÉTODOS

Nesta seção são apresentadas as partes do *hardware* e do *software*, descrevendo os passos para o desenvolvimento do trabalho e os cálculos necessários para a execução do projeto.

### A. Hardware

Primeiramente, houve a necessidade de utilização de um dispositivo (Arduino), capaz de se comunicar com o dispositivo Bluetooth, responsável pela transmissão de dados.

Como exposto anteriormente, utilizou-se o RS 232 HC-05 para fazer a comunicação que permitisse o acesso a uma página criada em um aplicativo android através de um programa desenvolvido e implementado no Arduino.

Com relação ao sensor de pressão MPX 5010dp, houve a necessidade de se converter o seu sinal analógico por meio de um canal (A/D) do Arduino.

Em termos de circuito, o conversor A/D do Arduino possui entrada analógica cujos valores de tensão devem estar entre 0 e 5 V. Como ele possui resolução de 10 bits, converte os valores analógicos em valores digitais que variam entre 0 a 1023. Dessa forma, a equação de conversão entre o valor digital e o valor analógico é dado por:

$$\text{Digital} = (5 * \text{Tensão}) / 1024$$

O Arduino se comunica com o aplicativo tendo o módulo bluetooth como intermediário. A comunicação entre Arduino e módulo é do tipo serial onde são usados os pinos 0 (RX) e 1 (TX). Usados para receber (RX) e transmitir (TX) dados seriais TTL.

O software do Arduino inclui um monitor serial que permite que dados simples de texto sejam enviados e recebidos à placa Arduino. Os LEDs RX e TX da placa piscam quando os dados estão sendo transferidos ao computador pelo chip FTDI e há conexão USB (mas não quando há comunicação serial pelos pinos 0 e 1).

O VCC do módulo pode ser conectado no 3,3 V do Arduino. O RX do módulo será ligado no TX do Arduino e o TX do módulo no RX do Arduino.

Quando o usuário apertar no botão conectar do seu aplicativo ele irá permitir que o aplicativo interaja com o módulo. Ao clicar no botão ligar o aplicativo irá enviar para o bluetooth um sinal que fará com que o Arduino envie os dados do sensor recebidos através da porta 0 do Arduino para o aplicativo, exibindo no aplicativo o nível de água encontrado na caixa d'água do usuário.

Caso a água esteja em um nível menor que 80%, uma mensagem de alerta será exibida para o usuário.

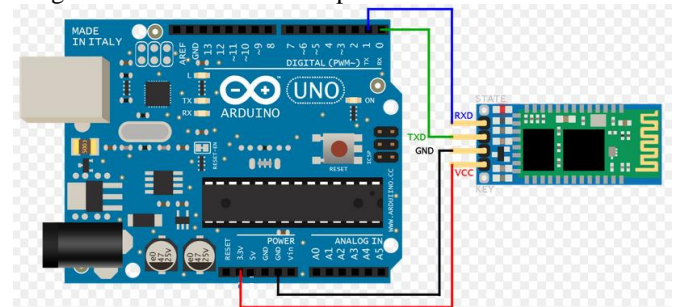


Fig. 6. Conexão módulo bluetooth e Arduino.

A Figura 6 apresenta uma ilustração da comunicação entre o Arduino e o módulo bluetooth.

### B. Software

O Arduino foi configurado de forma que a página do aplicativo criado interagisse com ele e nela fossem mostrados os dados do nível de água do reservatório atual recebidos do sensor.

O programa utilizado para criar este aplicativo foi o App Inventor. Este tem a vantagem de não necessitar de um alto conhecimento em programação, pois é bastante didático e simples de programar. Os aplicativos são projetados em uma página web, montando-se peças de blocos lógicos juntos na mesma página, sendo possível testar o aplicativo em um emulador ou até mesmo no telefone durante a fase de projeto. Todos os projetos são hospedados pelo Google [10].

A Figura 7 mostra a página onde é feita toda a parte gráfica do aplicativo; no lado esquerdo têm-se as ferramentas que irão interagir com o usuário. No meio, a simulação de uma tela do aparelho Android. No lado direito tem-se as propriedades das ferramentas selecionadas.

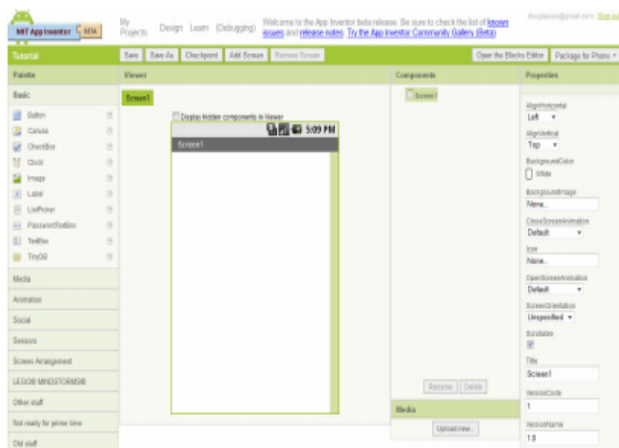


Fig. 7. Interface onde é feita a parte gráfica do aplicativo.

Para a criação deste aplicativo utilizou-se os seguintes componentes na paleta básica do programa:

- Botões -> Adiciona um botão ao projeto para que haja interação do usuário com o aplicativo;
- Label -> Adiciona um texto ao projeto; é utilizado quando não se deseja que o usuário altere o seu conteúdo;
- TextBox -> Uma caixa para que o usuário insira texto. O valor inicial do texto é introduzido pelo utilizador.

Dois dos botões foram inseridos para conectar e desconectar o buetooth do aparelho e os outros dois para acionar ou desligar o envio de dados. O label foi utilizado para escrever o texto Volume do reservatório. O textBox irá mostrar o volume de água que se encontra no reservatório em tempo real inicializada em 00 L.

Após ter feito toda a parte gráfica do programa é feita a programação em blocos. Deve-se ter o programa JAVA instalado no computador. Para abrir o ambiente de programação, escolhe-se a opção “Open the blocks editor” no menu superior esquerdo. Após o ambiente de

programação ter sido aberto pode se começar a montar o quebra cabeça que fará a programação [10].

A Figura 8 mostra o quebra cabeça formado pra que este aplicativo fosse criado.

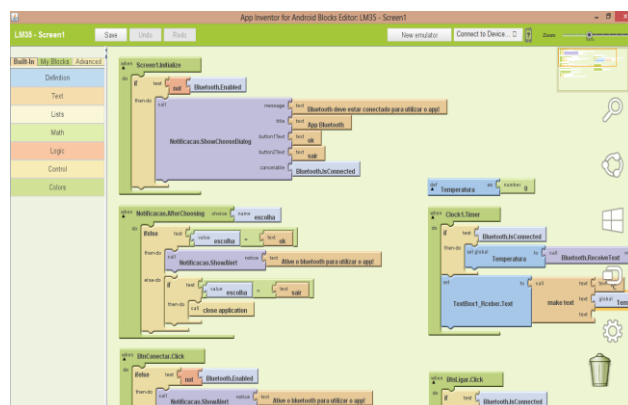


Fig. 8. Editor de blocos do App Inventor.

O App inventor também apresenta um simulador para o programa, antes de baixar o programa no celular poderá ser visualizado como ele aparecerá na tela do celular e também podem ser testadas algumas notificações programadas. A Figura 9 mostra o simulador que é apresentado pelo programa.



Fig. 9. Simulador do App Inventor.

Após todo o programa ser montado no App Inventor é necessário fazer a programação no Arduino que irá receber os dados do sensor de pressão (MPX5010), realizando os devidos cálculos pra transformar os dados recebidos em volume e transmitirá para o aplicativo. A Figura 10 mostra a interface de programação do Arduino.



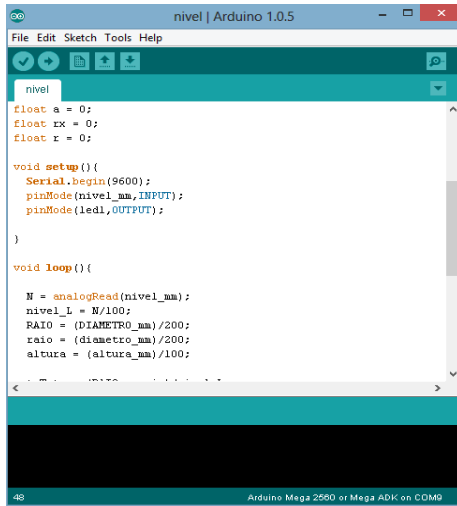


Fig. 10. Interface de programação do Arduino.

### C. Cálculos

Para encontrar o volume de água existente no reservatório foram necessários alguns cálculos. A figura 11 mostra o formato do reservatório, a extensão de um cone foi feita para ajudar nos cálculos, a altura e os diâmetros do reservatório existentes também são mostradas.

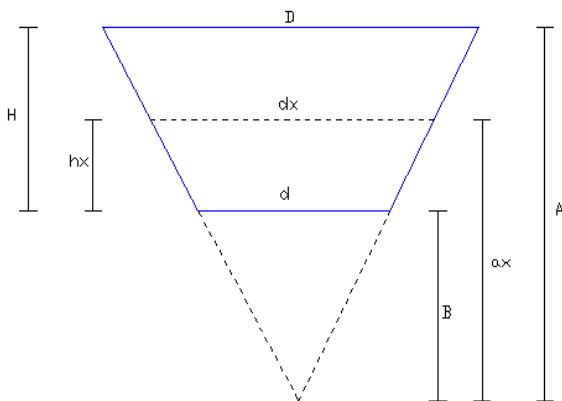


Fig. 11. Esquemático do reservatório.

A Figura 12 mostra um corte feito no desenho da Figura 11 para melhor visualização.

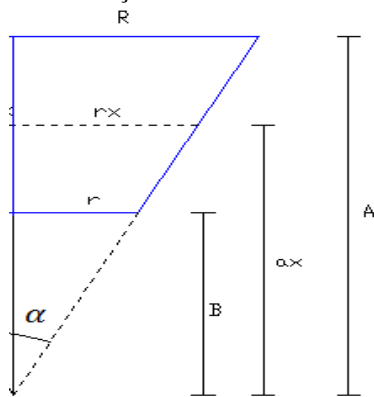


Fig. 12. Corte feito para encontrar o valor de  $r_x$ .

Os cálculos foram feitos a partir das fórmulas abaixo a fim de encontrar o valor total teórico do volume existente na caixa d'água.

$$R = \frac{D}{2} \therefore r = \frac{d}{2} \therefore d_x = \frac{r_x}{2} \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R - r}{H} \quad (2)$$

$$B = \frac{r}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (3)$$

$$x = \operatorname{tg} \alpha \cdot h_x \quad (4)$$

$$r_x = r + x \quad (5)$$

$$a_x = \frac{rx}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (6)$$

Onde:

- D - Diâmetro maior do reservatório.
- $d_x$  - Diâmetro do reservatório onde a água se encontra.
- d - Diâmetro menor do reservatório.
- R - Raio maior do reservatório.
- r - Raio menor do reservatório.
- $r_x$  - Raio onde o nível da água se encontra.
- H - Altura do reservatório.
- $h_x$  - Altura da base do reservatório até onde se encontra o nível da água.
- $a_x$  - Altura do vértice do cone da lâmina de água.
- B - Altura do vértice do cone até a base do reservatório.

Através da equação 7 é possível calcular o volume do cone a partir das equações 8 e 9 poderá se obter o volume de água existente no reservatório.

$$V_{\text{cone}} = \frac{1}{3} * \pi * R^2 * A \quad (7)$$

$$V_{\text{caixa}_{\text{teórico}}} = (V_{\text{cone}})^{r_x} - (V_{\text{cone}})^r \quad (8)$$

$$V_{\text{caixa}_{\text{teórico}}} = V_{a_x} - V_B \quad (9)$$

Onde:

- $V_{\text{cone}}$  - Volume do cone.
- A - Altura do cone.
- $V_{\text{CaixaTeórico}}$  - Volume da caixa d'água teórico.
- $a_x$  - Altura do vértice do cone até onde tem água.
- B - Altura do vértice do cone até a base do reservatório.

Calcula-se o volume médio aproximado através da média de volumes de cilindros  $r_x$  e  $r$  e da média de raios de cilindros  $r_x$  e  $r$  através das equações 10 e 11, respectivamente.

$$V_{cilindro\ médio} = \frac{\pi \cdot h x [r_x^2 + r^2]}{2} \quad (10)$$

$$V_{cilindro\ raio\ médio} = \frac{\pi \cdot (r_{médio})^2 \cdot h x}{2} \quad (11)$$

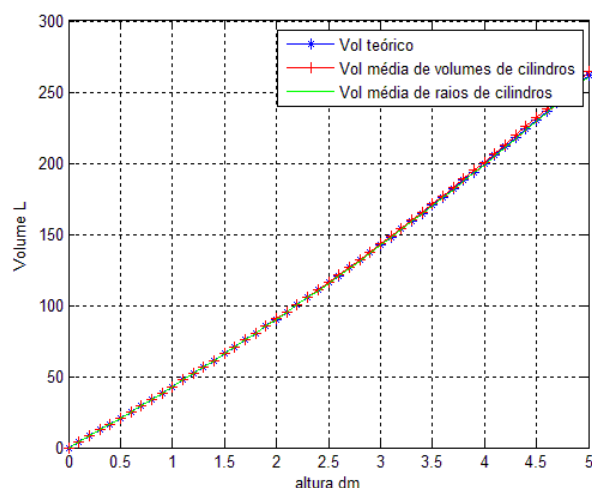


Fig. 13. Gráfico do volume médio encontrado.

O gráfico da Figura 13 mostra os resultados encontrados para os cálculos feitos a partir das equações 9, 10 e 11. Os cálculos foram feitos para um reservatório de água com um volume de 250 L: (D = 9,1 dm d = 7,2 dm H = 5 dm).

Para reduzir o tempo de processamento do cálculo de volume e, tendo em vista que as metodologias de cálculo mostram praticamente os mesmos resultados (visto na Figura 13), adotou-se a metodologia de cálculo da média dos volumes de cilindros.

## CONCLUSÕES

Através deste trabalho verificou-se a facilidade de manuseio da plataforma baseada no aplicativo App Inventor. A plataforma mostrou-se versátil, de uso gratuito e suficiente para se atingir os objetivos propostos neste projeto.

Com o uso do Arduino e do módulo Bluetooth, foi possível a conexão do dispositivo ao aplicativo de forma que o usuário possa monitorar remotamente o nível de um reservatório de água, sem grandes modificações nas instalações residenciais devido ao dispositivo bluetooth.

O sistema integrado de *hardware* e *software* que viabiliza a comunicação com o usuário via bluetooth e o controle de

equipamento pelo usuário localizado a distância foi testado e o seu funcionamento devidamente comprovado.

O objetivo de medir o nível de água e estimar o volume de água disponível e enviar a informação da quantidade de água disponível ao usuário por meio de um smartphone ou tablet foi concretizado. Uma vez instalado esse sistema, os integrantes da residência não serão surpreendidos por uma inadvertida falta de água, pois poderão ser informados em tempo real sobre o volume de água disponível em sua residência. O software permite ao usuário entrar com os dados de diâmetro e altura da caixa d'água para que o sistema possa calcular o volume disponível e o volume máximo da caixa.

A redução do processamento de cálculo do volume também foi contemplada, simplificando o algoritmo e reduzindo o tempo de cálculo para o formato da caixa d'água tronco de cone invertido.

Como proposta para trabalhos futuros, vê-se a possibilidade de uma implementação do sistema para uso em uma residência e conexão com a internet.

## REFERÊNCIAS

- [1] Alves, L. J. "Instrumentação, Controle e Automação de Processos", 2ª ED, LTC, 2010.
- [2] Monk, Simon. Projetos com Arduino e Android. Editora Bookman, 2014.
- [3] Guilherme C. A. Tolentino, Douglas B. Tsukamoto, Shigueo Nomura, "Estudo de caso: Utilização do Arduino para um Sistema de Controle remoto de dispositivos via internet", Uberlândia MG.
- [4] Grassi, M. T. "As águas do Planeta Terra", Cadernos Temáticos de Química nova na Escola, Maio 2001.
- [5] Whately, M. Blauth, F. Wei, B. "Água nas Metrôpoles, o Risco da Escassez", Fevereiro 2008.
- [6] TIMMIS, H. "Practical Arduino Engineering", 1a Ed., Technology in Action, 2011.
- [7] Filipeflop. Módulo Bluetooth RS 232 HC – 05. Disponível em: <<http://www.filipeflop.com/pd-b4742-modulo-bluetooth-rs232-hc-05.html?ct=&p=1&s=1>> . Acesso em: 06 Maio 2014.
- [8] Freescale Semiconductor. Disponível em: <[http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MPX5010.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX5010.pdf)>. Acessado em: 06 Maio 2014.
- [9] Veja, A. S. Introdução ao kit de desenvolvimento Arduino. Niterói/ RJ. Junho 2013.
- [10] App Inventor. Disponível em: <<http://beta.appinventor.mit.edu/learn/tutorials/>> . Acessado em: 08/05/2014.