

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS**

BRUNO MARQUES DE ALMEIDA

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA AUTOMAÇÃO DE PROCESSO DE
MEDIÇÃO DE PH EM PLATAFORMA ARDUÍNO**

Botucatu-SP
Agosto – 2018

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS

BRUNO MARQUES DE ALMEIDA

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA AUTOMAÇÃO DE PROCESSO DE
MEDIÇÃO DE PH EM PLATAFORMA ARDUÍNO

Orientadora: Prof^ª. M^a. Vivian Toledo Santos Gambarato

Artigo científico apresentado à FATEC - Faculdade de Tecnologia de Botucatu, para obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Botucatu-SP
Agosto – 2018

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA AUTOMAÇÃO DE PROCESSO DE MEDIÇÃO DE PH EM PLATAFORMA ARDUÍNO

DEVELOPMENT OF PROTOTYPES FOR AUTOMATION OF PROCESS OF PH MEASUREMENT IN ARDUINO PLATFORM

Bruno Marques de Almeida¹, Vivian Toledo Santos Gambarato²

RESUMO

Com o desenvolvimento cada vez maior dos circuitos de automação e do desenvolvimento de sistemas, não apenas em grandes empresas, mas também nas empresas de médio e pequeno porte, têm se desenvolvido cada vez mais tecnologias para efetuar medição e controle dos processos utilizados nas organizações, visto também o crescimento de projetos envolvendo soluções líquidas, tem-se aumentado a necessidade de medição e controle sobre os fluídos envolvidos nas atividades operacionais, sendo um dos fatores mais comuns de serem analisados o potencial hidrogeniônico da solução, o denominado pH. A medição de nível de pH é fundamental para tomar medidas de controle sobre as soluções. A plataforma *Arduíno* têm se revelado como uma tecnologia contemporânea bastante explorada, possuindo uma grande variedade de aplicações, possibilitando maior qualidade e facilidade em prototipagem de circuitos.

Palavras-chave: Circuitos. Desenvolvimento de Sistemas. Fluídos. Potencial hidrogeniônico. Tecnologia da Informação.

ABSTRACT

With the increasing development of automation circuits and systems development, not only big companies but also small and medium-sized companies have been developing more and more technologies to measure and control the processes developed in organizations, also seen the growth of projects involving liquid solutions, has increased the need of measurement and control over the fluids involved in the operational activities, being one of the most common factors to be analyzed the hydrogen potential of the solution, called pH. Measuring pH levels is critical to taking control measures over solutions. Arduino platforms have proved to be a well-exploited contemporary technology, having a wide variety of applications, allowing greater quality and ease in circuit prototyping.

Key words: Circuits. Systems development. Fluids. Hydrogen potential. Information Technology.

¹ Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Faculdade de Tecnologia de Botucatu, contact.bruno.m.almeida@gmail.com

² Mestre e Docente na Faculdade de Tecnologia de Botucatu, vsantos@fatecbt.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas têm-se aumentado muito o uso de processos envolvendo soluções líquidas, o que acarreta o aumento também na necessidade de controle sobre as propriedades físico-químicas desta, fazendo-se necessário o uso de tecnologias automatizadas para efetuar com precisão as medições no decorrer do processo. Um dos fatores mais importante para se obter uma medição precisa para efetuar controles eficazes e eficientes, é o denominado pH, sendo este, de acordo com Peruzzo e Canto (1998) o potencial hidrogeniônico de uma solução. O controle deste nível hidrogeniônico pode ser realizado de forma a utilizar reações químicas provocadas manualmente, entretanto podem ocorrer diversos erros na interpretação e visualização dos dados, já que se tratam de dados não processados apenas aproximados e interpretados. A automatização dos processos pode ser realizada de modo a proporcionar eficiência e eficácia ao processo de medição, isto é, a boa alocação dos recursos e o atingimento dos objetivos preestabelecidos (MAXIMIANO, 2010), fornecendo dados precisos e seguros, gerando informações consistentes.

Segundo Sighieri e Nishnari (2010) com a automatização de processos têm-se a melhoria na qualidade dos produtos, visto que pessoas são sujeitas a erros devido ao cansaço ou à distração e agem uma diferente da outra, entretanto, o mecanismo automático não sofre tal defeito, assaz prejudicial à homogeneidade do produto. Assim sendo, aos mesmos estímulos, reage de maneira sempre igual, durante 24 horas do dia, o que quer dizer, em termos de qualidade do produto, melhoria quanto a uniformidade.

Ainda de acordo com Sighieri e Nishnari (2010), o processo de automação é a mecanização não só dos trabalhos manuais, mas também os mentais. Isto denota que além de realizar as atividades físicas do ser humano, a automação também traz a capacidade de trabalhar a lógica, representando o trabalho mental de um indivíduo. Através da plataforma *Arduíno*, baseada em linguagem C, Algoritmos e da Lógica de programação isto torna-se possível, utilizando-se da sequência lógica e finita de passos gravados em um hardware, contendo cálculos e rotinas para efetuar a atividade.

Forbellone e Eberspacher (2005) conceituam um algoritmo, basicamente, como sendo caracterizado por ser constituído por uma sequência lógica de passos que têm objetivos bem definidos.

Segundo Damas (2007), a Linguagem C é baseada na plataforma *Unix*, incorporando características tais como *case sensitive*, sendo esta elaborada para a finalidade de possibilitar a escrita de um sistema operacional, considerada como uma linguagem potente e flexível.

Uma das causas relevantes para desenvolvimento de sistemas que tem sido crescente para a indústria é a análise de pH, sendo um fator importante relativo à qualidade da solução referente à sua aplicação, pois cada aplicação necessita de um determinado nível alcalino, ácido ou neutro, variando na escala de medição.

O tema abordado é relevante dada a tendência crescente de sistemas de medição automáticos no segmento de análise de fluidos, sendo um dos mais comuns a água, onde se aplica de vários modos diferentes variando conforme a necessidade do processo.

O objetivo do trabalho foi a elaboração de uma programação para efetuar medição através de um circuito eletrônico, baseando-se na plataforma *Arduíno* que por meio dos componentes empregados, faz a medição do potencial hidrogeniônico de uma determinada solução líquida, proporcionando a automatização dos processos de medição. O projeto possibilita melhorias de desempenho e gerenciamento através do fornecimento de informações seguras, consistentes e precisas, a partir da amostragem líquida coletada para análise, efetuando cálculos por meio de algoritmos baseados em sequência lógica de programação, gerando a saída de dados relativos à medição em questão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho surge a partir da problemática presente na metodologia da disciplina Tópicos Especiais de Informática, presente na grade do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, onde foi proposta a elaboração de um sistema para auxiliar em alguma das técnicas ou processos presentes no curso de Agronegócio. Tomou-se como referência para a elaboração do sistema de medição o sistema de cultivo hidropônico, concluindo-se que um dos fatores importantes

seria a medição do valor de pH da solução, a partir dessa observação, desenvolveu-se um medidor de pH que pode ser aplicado não somente em cultivo hidropônico, mas também na análise de soluções em geral, portanto o protótipo desenvolvido possui uma ampla possibilidade de aplicações.

O desenvolvimento do trabalho teve como referência, a pesquisa em livros, sites de empresas e entrevista com pessoas atuantes na área em questão, contou-se com recursos e tecnologias de desenvolvimento do protótipo que serão descritos a seguir.

2.1 Material utilizado

Os materiais elencados foram adquiridos por meio de indicação de fornecedores por docentes atuantes no curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, sendo utilizado o site de compras Mercado Livre para a aquisição dos materiais necessários para o desenvolvimento do protótipo, após cotação em empresas físicas locais.

A montagem do circuito contou com uma placa *Arduíno* modelo Uno R3 (Figura 1), um pH eletrodo sonda BNC *Arduíno* com módulo sensor (Figura 2), juntamente com uma *Protoboard* 830 pinus (Figura 3), além de *jumpers* macho-macho, *jumpers* macho-fêmea. Foi também utilizado *01 buzzer* e *01 led* de cor vermelha.

Figura 1 - Placa *Arduíno* Uno R3

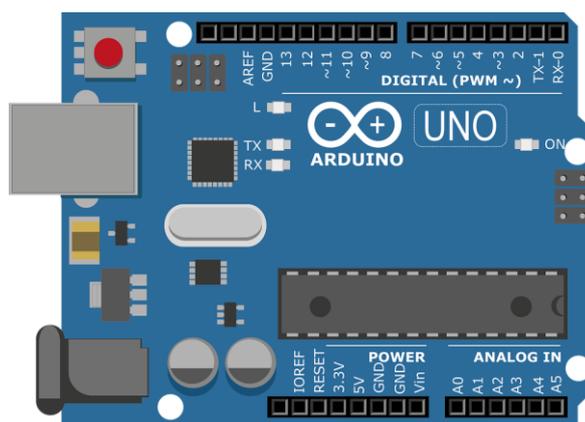
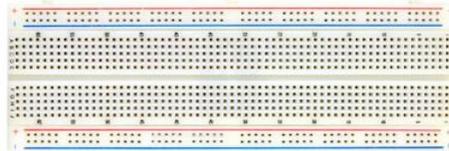


Figura 2 - pH eletrodo sonda BNC *Arduíno* + módulo sensorFigura 3 - *Protoboard* 830 pinos

Para o desenvolvimento da programação foi utilizada uma IDE, *Integrated Development Environment*, que trata-se de um conjunto de ferramentas integradas que auxiliam na construção e implementação de programas (GOLDMAN, 2006). Utilizou-se da IDE *Arduíno* versão 1.8.5, baseando-se na linguagem C para a implementação do código do protótipo conforme a Figura 4.

Figura 4 – IDE *Arduíno* versão 1.8.5

```
sketch_apr28a | Arduino 1.8.5
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
sketch_apr28a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

Foi utilizado, para a execução da IDE, um notebook com 1TB de armazenamento interno, 8GB de memória RAM, processador Intel Core i5 com o Sistema Operacional Windows 10.

Para o processo de calibração foi utilizado apenas um *jumper* macho-macho e para a verificação foram utilizadas soluções para análise e água destilada para limpeza do eletrodo.

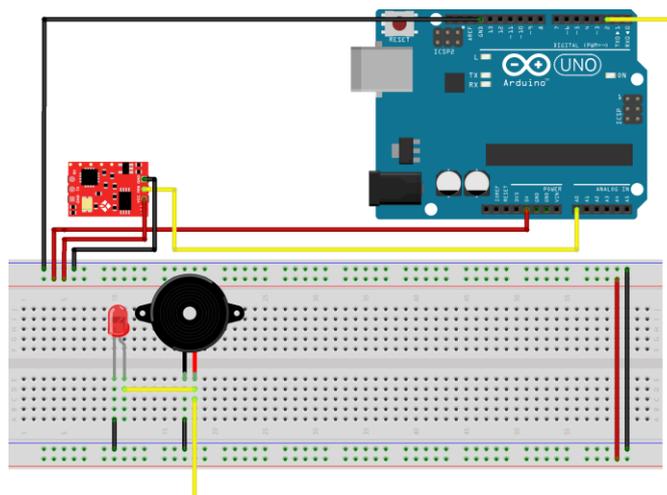
Finalmente, para o processo de medição foi utilizado um recipiente de plástico para coletar as amostras líquidas à serem analisadas.

2.2 Metodologia

O processo de medição por meio do protótipo utilizou o método Eletrométrico que se baseia à medição de um determinado potencial elétrico em função da concentração de íons hidrogeniônicos na solução, utilizando-se dos componentes de hardware e software, isto é, os componentes físicos e lógicos, específicos para a plataforma (FUSTINONI et al., 2013). Adotou-se também a metodologia de estatística por método de amostragem a partir de uma coleta de amostra da solução referente à população (MAROCO, 2011).

Para efetuar a montagem do circuito eletrônico utilizou-se dos componentes citados no item 2.1, sendo estes componentes, a placa *Arduíno* UNO R3, *protoboard*, *jumpers*, pH eletrodo sonda BNC *Arduíno* com módulo sensor, *buzzer* e *led*. A montagem do circuito deu-se de acordo com o esquema ilustrado pela Figura 5.

Figura 5 – Esquema de montagem do circuito



No circuito do eletrodo, o módulo sensor possui sua alimentação de 5v fornecida pela placa *Arduíno* sendo alimentada via cabo USB. A energia é distribuída para os componentes por intermédio da *Protoboard* com sinal positivo e terra, já os dados são enviados de forma analógica para o *Arduíno* saindo do pino p0 do módulo sensor conectados na entrada analógica A0. A porta p0 emite sinal de *bits* assumindo valores entre 0 a 1023 *bits*, correspondendo ao sinal elétrico da concentração de íons de hidrogênio. As entradas GNDs presentes no circuito do módulo sensor representam o terra, sendo conectadas à porta GDN do circuito *Arduíno*, já a porta VCC representa os sinais positivos emitidos pelo circuito *Arduíno*, conectada à porta 5v por meio da *Protoboard*. O circuito possibilita a alimentação dos componentes, captação do sinal elétrico através do eletrodo, envio do sinal elétrico para o módulo sensor do pHmetro e envio de dados para o circuito *Arduíno*.

O circuito de alerta contou com um *buzzer* e um *led* também conectados à *Protoboard* em paralelo. O circuito tem a função de emitir um aviso sonoro e luminoso ao estar sob devidas condições pré-estabelecidas na codificação, este alerta é variável de acordo com a aplicação de medição desejada e simbolizam aviso para que o operador tome as medidas necessárias para a correção de pH da solução em questão.

2.2.1. Desenvolvimento do equipamento

Para a elaboração da codificação do circuito foi necessário utilizar a IDE *Arduíno* versão 1.8.5 para programar todas as rotinas do sistema. A IDE armazena suas rotinas diretamente no microcontrolador ATmega328P, que utiliza de memória EEPROM (ARDUINO, 2018).

A implementação foi elaborada utilizando como base as sintaxes presentes na linguagem C e divididas em funções *setup* e *loop*. A Figura 6 contém o código desenvolvido para efetuar a medição do pH, com suas respectivas variáveis, funções, estruturas e cálculos elaborados para possibilitar a atividade de medição dos bits, da tensão captada e do potencial Hidrogeniônico da solução.

Figura 6 – Implementação do sistema de medição de pH



```

phmetroFinal$
Código desenvolvido por Bruno Almeida e Jefferson Santos
2ª turma A.D.S.Nocturno - 6º Ciclo
FATEC - Botucatu/SP
*/
int alerta = 2;
int ph_pin = A0; // pin conectado ao Po
float Po = 0;
float volts = 0;
int bits = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(alerta, OUTPUT); //saída digital
}

void loop() {
  bits = analogRead(ph_pin);
  Serial.print("Bits: ");
  Serial.print(bits);
  //Cálculo de Voltagem
  volts = 5 / 1024.0 * bits; // 5 volts / 1024 * bits de leitura
  Serial.print("\tVolts: ");
  Serial.print(volts, 3);
  //Cálculo de pH
  Po = 7 + ((2.5 - volts) / 0.18); //Valor neutro + ((Valor de voltagem neutro - voltagem lida)/ razão)
  Serial.print("\tPH: ");
  Serial.print(Po, 1);
  Serial.println("");
  delay(2000);
}

```

Para o código de medição iniciou-se declarando as variáveis globais “Po” do tipo *float*, “volts” do tipo *float* e “bits” do tipo *int*, também foi declarada a porta analógica utilizada para recepção do sinal do módulo sensor, sendo esta denominada “ph_pin”, recebendo a porta A0.

A variável “bits” é responsável por realizar a leitura do bit da entrada através da função “*analogRead()*”, que recebe como parâmetro a porta analógica “ph_pin” definida no escopo.

A variável “volts” é responsável por converter o valor analógico de entrada da porta A0 para a tensão, ou voltagem, relativa ao potencial Hidrogeniônico da solução lida, isto é, mede a diferença de potencial elétrico entre dois pontos cuja unidade é dada em volts (MARKUS, 2001). A variável recebe valor 5 que é referente à voltagem máxima, é dividida pelo valor máximo de bits da porta analógica, isto é, 1024 bits, e multiplicada pelo número de bits gerados pelo módulo sensor.

A variável “Po” recebe o valor médio da escala de leitura do pHmetro, isto é, o valor 7, e soma com o valor médio 2,5v da voltagem máxima que é 5v, subtraído pelo valor da

voltagem recebida da variável “volts” que varia de acordo com a solução analisada e multiplicando pelo valor da razão, neste caso “0.18”.

A implementação do sistema de alerta contou com duas condicionais “*if*” que fazem a verificação se o valor lido do pH se encontra dentro do intervalo pré-estabelecido na codificação. Foi estabelecido um intervalo somente para finalidade de testes da funcionalidade do sistema de alerta, o intervalo escolhido foi dado entre o valor mínimo de 5.0 e o valor máximo de 6.7, sendo que se o dado coletado atingir valores excedentes aos limites definidos o sistema emite o comando de aviso ativando os componentes de alerta e desativando a cada 1000ms, vide Figura 7.

Figura 7 – Implementação de sistema de alerta

```
// Alerta
if(Po>6.7){
  digitalWrite(alerta, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(alerta, LOW);
} else if(Po<5.0){
  digitalWrite(alerta, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(alerta, LOW);
}
}
```

Para efeitos de análises dentro da própria IDE, foi inicializada na função “*Setup()*” a porta serial 9600 que a própria IDE utiliza para exibição dos dados no monitor serial, conforme mostrada na Figura 8.

Figura 8 – Monitor serial



A impressão dos dados é dada pelo comando “*Serial.print()*”, passando por parâmetro para a escrita o texto a ser inserido e o nome das variáveis desejadas.

Para o sistema de avisos foi levado em consideração um intervalo entre um valor mínimo e um valor máximo de pH, sendo que, quando os limites do intervalo são ultrapassados, o sistema aciona os componentes de alerta ligados à protoboard, ligando o *buzzer* e o *led*. A saída foi declarada na função “*setup*” pela declaração “*pinMode*”, recebendo dois parâmetros, sendo o primeiro referente a variável “*alerta*” declarada no escopo e o segundo é referente ao tipo de utilização da porta digital, que neste caso utilizou-se como saída, ou “*output*”.

A função *loop* é responsável por atribuir os valores às variáveis, executar os cálculos e realizar a impressão dos dados processados, bem como o acionamento do sistema de alerta caso os valores limites sejam ultrapassados.

2.2.2. Calibração do equipamento

Após concluído o processo de desenvolvimento foi necessária a calibração do equipamento possibilitando o fornecimento de dados corretos para análises das amostras.

O processo de calibração iniciou-se executando a aplicação por meio do monitor serial da IDE *Arduíno*, já o procedimento físico efetuou-se desconectando o cabo BNC, após isto foi realizado um curto circuito no módulo sensor através da conexão BNC fêmea, este procedimento utilizou um *jumper* macho-macho conectando uma extremidade na fonte de tensão 5VCC, isto é, o centro do conector BNC fêmea, e a outra extremidade foi conectada no terra do corpo do conector fêmea.

Considerando que para a calibração do equipamento, o fechamento do curto circuito deveria gerar uma tensão de fase para terra de 2,5v, isto é a metade da tensão máxima, logo esta tensão seria equivalente ao valor de 512 bits, resultando no valor do pH neutro 7.0. A calibração foi realizada através do ajuste do potenciômetro de calibração conforme ilustrado na Figura 9. Ajustou-se o parafuso até que os valores fossem, respectivamente: 512bit, 2.5v e pH 7.0.

Caso os valores de bits e tensão estivessem corretos e o valor do pH não resultasse em 7.0, a razão deveria ser reajustada de “0.18” para um valor em que o pH resultasse em seu valor neutro, isto é, 7.0.

Figura 9 – Especificação dos potenciômetros do módulo sensor



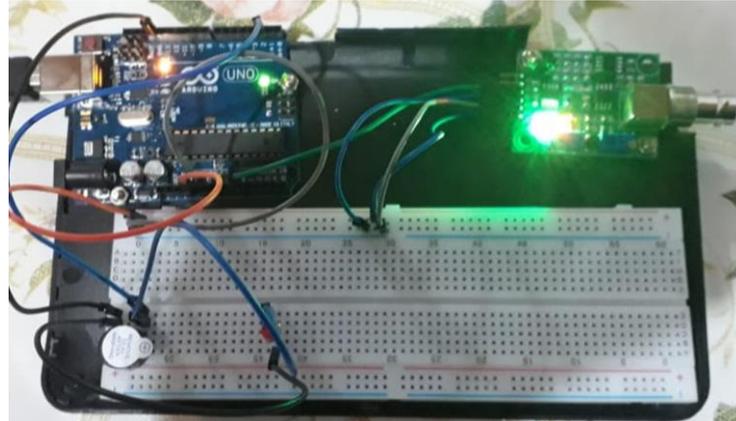
2.2.3. Manutenção do aparelho

Segundo entrevista realizada, para conservar o aparelho em bom estado, algumas medidas foram tomadas para manter a precisão do equipamento, tais como, limpeza do bulbo do eletrodo com material absorvente, lavagem do bulbo com água destilada e armazenamento em solução neutra, água destilada (ALMEIDA, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo desenvolvido apresentou-se de forma positiva na realização das tarefas executadas, pois as leituras dos valores foram eficazes, isto é, atingiram as expectativas, demonstrando a funcionalidade do circuito eletrônico e da implementação da codificação desenvolvida para o projeto, atingindo o objetivo final de desenvolvimento do trabalho.

Figura 10 – Resultado do circuito físico



Para comprovar sua funcionalidade o protótipo foi submetido a medições em soluções selecionadas, sendo utilizadas uma solução ácida, com valor próximo do pH 4.5 e também uma solução neutra, com valor de pH 7.0. Os resultados das medições deram-se em valores corretos em relação às leituras, demonstrando a funcionalidade do protótipo. As Figuras 11 e 12 contém os resultados capturados.

Figura 11 – Medição em solução ácida

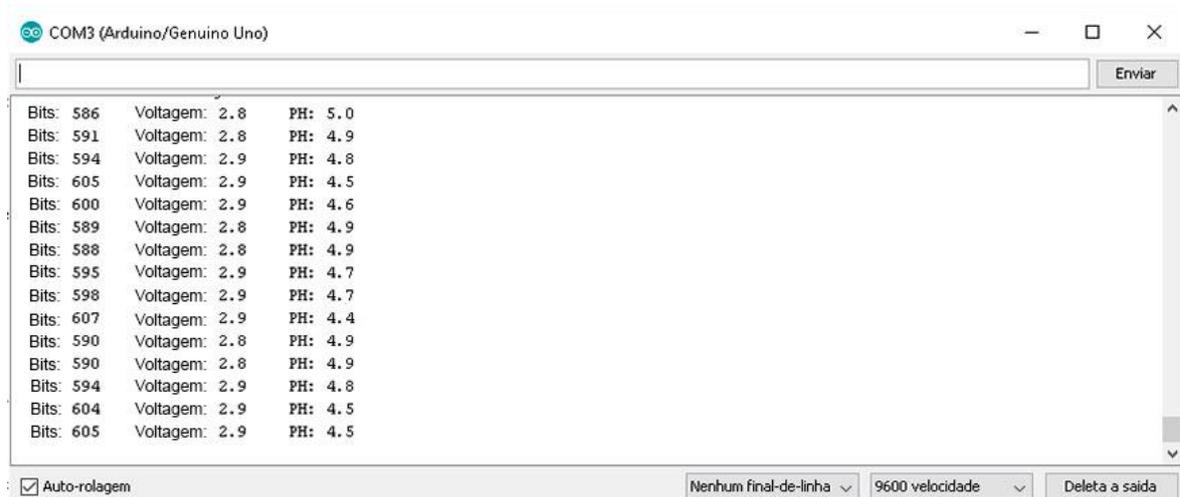
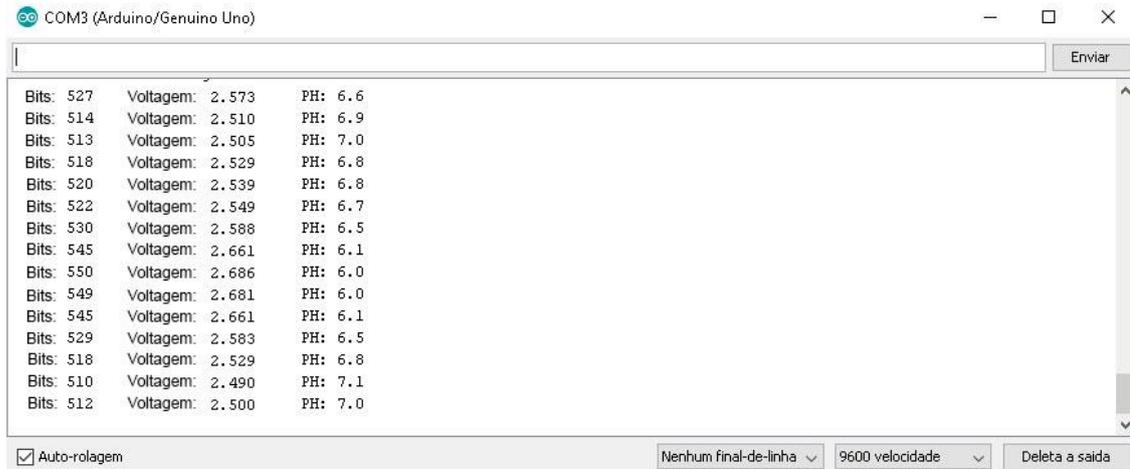


Figura 12 – Medição em solução neutra



Observou-se um intervalo importante para estabilização do aparelho para poder efetuar mais precisamente a medição, sendo que após o bulbo ser submerso deve-se aguardar cerca de 30 a 60 segundos para que o aparelho esteja estabilizado, fornecendo valores mais precisos.

Em relação ao equipamento, um ponto interessante a ser analisado foi que o eletrodo juntamente com o módulo sensor era proveniente de fabricante estrangeiro, não possuindo especificações em outras línguas mais habituais, devido a este fato o processo de desenvolvimento foi bastante afetado em relação ao tempo necessário para implementar o protótipo. Outro ponto também relevante analisado foi o fato de possuir poucos materiais relativos ao desenvolvimento de sensores de pH como bases de referências para o trabalho.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com o protótipo desenvolvido foram satisfatórios para as medições em questão, obtendo uma pequena taxa de variação entre os intervalos de medição, dados em 2000ms. O trabalho comprovou a eficiência e eficácia das medições automatizadas além de uma vantagem relevante que o protótipo criado pode dar suporte para adição de novos componentes, podendo fornecer uma grande variedade de opções para aplicação, podendo ser aplicado em vários processos que exigem a análise de fluídos.

Após o desenvolvimento concluído o aparelho está pronto para ser utilizado nas mais diversas aplicações de medições. Alguns exemplos de aplicações podem ser citados, tais como, análise de fluido para o tratamento de água, como por exemplo uma ETA, Estação de tratamento de Água, com fins de uso industrial, como máquinas, sistemas de arrefecimento, torres de resfriamento, caldeiras, geradores de vapor, dentre outros (ALMEIDA, 2018). Também pode-se utilizar da medição em processos para obtenção de produto potável para consumo (SPERLING, 2005), a medição também possui utilidade nos processos de uma ETE, Estação de Tratamento de Efluentes. Outras aplicações que podem ser citadas são: Análises ambientais, laboratórios, processos industriais, Indústria alimentícia, agricultura de precisão, aquarismo, controle de processos químicos, dentre outras aplicações possíveis.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. R, 2018. Operador de Caldeiras Duratex S.A. Em entrevista realizada 09, junho 2018.

ARDUINO, Open-source Electronic Prototyping Platform Enabling Users to Create Interactive Electronic Objects. 2018. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>>. Acesso em 30 mai. 2018.

DAMAS, L. **Linguagem C**. 10. ed. Rio de Janeiro. LTC, 2007.

FORBELLONE, A. L. V; EBERSPACHER, H. F. **Lógica de Programação: a construção de algoritmos e estruturas de dados**. 3. ed. São Paulo. Editora Pearson Education do Brasil LTDA., 2005.

FUSTINONI, D. F. R. et al. **Informática básica para o ensino técnico profissionalizante**. 1. ed. Brasília. Editora IFB, 2013.

GOLDMAN, A.; KON, F.; SILVA, P. J. S. **Introdução à Ciência da Computação com Java e Orientação a Objetos**. 1. ed. São Paulo. IME-USP, 2006.

MARKUS, O. **Circuitos Elétricos: Corrente Contínua e Corrente Alternada**. 3. ed. São Paulo. Editora Érica LTDA, 2001.

MAROCO, J.; **Análise Estatística com o SPSS Statistics**. 5. ed. Pêro Pinheiro. Report Number Análise e Gestão de Informação LTDA. 2011.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à Administração**. Ed. Compacta. 7 ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2010.

PERUZZO, T. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 1. ed. São Paulo. Editora Moderna LTDA., 1998.

SIGHIERI, L.; NISHINARI, A. **Controle Automático de Processos Industriais: Instrumentação**. 2. ed. São Paulo. Edgard Bluncher LTDA., 2010.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.