

## **DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO PARA AULAS DE QUÍMICA EXPERIMENTAL**

Marco Antônio da Silva<sup>1</sup>, Bruno Alberto Soares Oliveira <sup>2</sup>, Meryene de Carvalho Teixeira<sup>3</sup>.

1 Marco Antônio da Silva, Bolsista (CNPq), Bacharelado em Engenharia de Computação, IFMG Campus Bambuí, Bambuí -MG; marcoas2566@gmail.com

2 Coorientador: Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, brunoalbertobambui@gmail.com

3 Orientadora: Pesquisadora do IFMG, Campus Bambuí; meryene.carvalho@ifmg.edu.br

### **RESUMO**

A falta de materiais adaptados para estudantes que possuem deficiência visual minimiza a chance de abrangência dos conhecimentos, incluindo as ciências. Quando se fala na área das ciências logo pensa-se em laboratórios. Como um não-vidente pode ser inserido nesse ambiente completamente visual? Assim, dada essa questão, o presente artigo tem como foco a problemática da inclusão de deficientes visuais em laboratórios de química e como objetivo a construção de um medidor de pH acessível a deficientes visuais. Dentre os diversos equipamentos e vidrarias presentes escolheu-se o medidor de pH por ser de extrema utilização não somente durante as aulas, mas também em laboratórios de diversas áreas. Foi considerado que com a criação de equipamentos de medição de pH de baixo custo, esses estudantes poderão ter um maior acesso e autonomia não somente às áreas de estudo, mas também uma abertura para campos de trabalho antes não almejados.

Os autores consideram que será possível uma inclusão efetiva dos não-videntes em laboratórios com um acesso seguro, prático e autônomo. O desenvolvimento do protótipo tem como módulo principal a plataforma arduino, em que seu desenvolvimento foi dividido em 9 passos, sendo eles a montagem de coleta de pH, a montagem do sistema de texto para fala, montagem do leitor de temperatura, montagem do menu, o acoplamento dos passos anteriores, programação do sistema de gerenciamento de dados, testes de consumo de energia e amplificador de som, escolha e montagem da fonte de alimentação, e, por fim, a montagem física do protótipo. O projeto está sendo desenvolvido e com a finalização de todas as etapas, o protótipo será testado por deficientes visuais. Até o presente momento esse teste ainda não foi realizado. Os resultados obtidos durante cada fase foram satisfatórios, sendo possível a medição do pH e a qualidade de áudio fornecida pelo sistema de texto para fala não necessitou de um amplificador de áudio. Além disso, foi possível a criação de um menu onde todas as funções de medição, calibração e a função de redefinição de fábrica foram vocalizadas. Foi adicionado um ajuste para volume no canto direito do pHmetro, no qual o não-vidente pode ajustar seu volume. Por fim, o equipamento foi inserido em uma caixa de acrílico com dimensões 12x12x6cm, onde o equipamento pode ser guardado a fim de manter sua integridade e praticidade. Ao final do projeto espera-se que o equipamento seja utilizado nos laboratórios do IFMG Campus Bambuí e que ele possa facilitar a inserção de deficientes visuais, a multiplicação da ideia com a confecção de outros equipamentos, além de ser gerador de ideias para demais áreas disciplinares.

### **INTRODUÇÃO:**

A inclusão de estudantes com necessidades educacionais especiais (NEE) nas instituições de ensino regulares, vem desde muitos anos, buscando espaço e normatização do ensino igualitário, com qualidade, preservando o respeito às diferenças contidas nesse ambiente (ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS, 1994).

Nepomuceno *et al* (2016), diz que alunos com deficiência visual geralmente são desencorajados a participar de atividades envolvidas com as ciências, uma vez que precisam sempre de suporte, supervisão ou não conseguiriam executar as atividades comumente como os alunos videntes (aqueles que enxergam normalmente).

Portanto, pensando em colaborar com a inserção de discentes com deficiência visual na área das Ciências, bem como contribuir para uma Instituição de Ensino um pouco mais inclusiva e mostrar que há possibilidades plausíveis de execução para a inserção de pessoas com deficiência (PcD) e futuros profissionais nessa área esse projeto foi estruturado. Com a finalidade de abranger uma maior área de possibilidade de inclusão, optou-se por desenvolver um protótipo para o Laboratório de Química, pois esta disciplina (e afins) está presente em 9 dos 10 cursos superiores ofertados pelo IFMG *campus* Bambuí, estendendo-se aos 5 cursos técnicos integrados ao ensino médio, como uma disciplina curricular, além de poder ser utilizado para desenvolvimento de pesquisas.

Verificou-se, dentre os vários equipamentos utilizados no laboratório de Química, qual seria aquele com bastante uso, que poderia ser substituído por um protótipo para um deficiente visual e que teria utilidade também a nível profissional. Assim, observou-se a abrangência do medidor de potencial hidrogeniônico (medidor de pH), ou pHmetro, que é um aparelho bastante utilizado por vários laboratórios tanto de aula, quanto de pesquisa e em disciplinas além de Química. Esse equipamento possui aplicação nas mais variadas áreas, desde ambientais à alimentares, passando até mesmo por hospitalares, sendo a existência deste equipamento acessível a não-videntes uma oportunidade de emprego nos laboratórios que o possui.

Na literatura encontra-se trabalhos considerando o desenvolvimento de objetos de aprendizagem para o ensino de Química envolvendo aplicativos (Araújo *et al.*, 2020; Duarte *et al.*, 2019;) e, segundo os autores destes trabalhos, foi possível verificar que os alunos não-videntes se apropriaram de forma ativa e autônoma dos conhecimentos trabalhados durante as atividades e que as limitações físicas desses alunos não foram em nenhum momento impeditivas para o desenvolvimento das atividades.

Lima *et al.* (2019) desenvolveram uma ferramenta de aprendizagem, para estudantes com deficiência visual, por meio da criação de um aplicativo e de um sistema para medidas de volume com um Arduino e sensor ultrassônico. O sistema interage com o usuário pelas vibrações e sons emitidos por um smartphone. Um estudo de prova de conceito mostrou um baixo valor do desvio padrão para as medidas.

Especificamente sobre equipamentos de laboratórios, tem-se poucos relatos nas bases de pesquisa. Neves *et al.* (2020) desenvolveram um aplicativo para celulares na plataforma Android que realiza reconhecimento de textos, mais especificamente de números emitidos por uma balança analítica, bem como realiza operações matemáticas por comandos de voz, a fim de auxiliar na inclusão de estudantes com deficiência visual em aulas de Química Experimental. O objetivo deste aplicativo foi permitir que tais estudantes sejam incluídos e possuam mais independência ao realizarem experimentos em aulas práticas de Química. Neste trabalho o aplicativo produzido foi chamado de “Leitor Acessível” e para o seu desenvolvimento foi utilizada a linguagem de programação Java Orientada a Objetos no Ambiente de Desenvolvimento Integrado Android Studio.

Costa e Fernandes (2019) desenvolveram um medidor de pH sonoro com o intuito de ensinar conceitos de pH para deficientes visuais. O equipamento utiliza-se em sua composição a plataforma arduino, juntamente com amplificador operacional onde seu sistema recebe um sinal de medição de pH e converte em um sinal de áudio musical para uma frequência específica, podendo então, medir valores e informar ao deficiente visual. Cada nota musical correspondeu a um valor de pH com precisão de 0,5 unidades.

Oliveira *et al.* (2019) através de sua investigação utilizou a audiodescrição e tecnologia assistiva como auxílio para alunos com deficiência visual, onde é utilizado um medidor de pH vocalizado criado pelo Núcleo de Tecnologia assistiva da Universidade Federal de Goiás para auxílio de um experimento relacionado à extração do óleo essencial da casca do abacaxi. O pHmetro possui precisão de uma unidade.

Dos Santos, Girardi e Brondani (2019) propõe e investiga uma unidade de ensino potencialmente significativa para ensino de ácidos e bases, onde é desenvolvido um medidor de pH vocalizado utilizando uma ponta de prova, central de processamento e um aplicativo para emitir os valores medidos.

## **METODOLOGIA:**

O protótipo foi desenvolvido de modo a proporcionar uma interação entre alunos com deficiência visual e a disciplina de Química Prática. Para isso, foi necessário a utilização de tecnologias que permitissem o desenvolvimento de controle de sistemas digitais interativos, adaptativos e capazes de enviar e receber informações praticamente com qualquer outro sistema eletrônico. Como será mostrado, a plataforma arduino e sua programação funcionam como uma das principais ferramentas do projeto, onde foi acoplado diversos componentes eletrônicos citados nos passos desta seção.

A confecção do protótipo foi criada em 9 etapas para evitar problemas que pudessem ocorrer durante o desenvolvimento. Abaixo está apresentada cada uma delas.

### **Etapa 1: montagem do sistema de coleta de pH**

Realizou-se a montagem do sistema de coleta de pH utilizando o arduino e o eletrodo de trabalho. Utilizou-se o eletrodo de trabalho prata-cloreto de prata adquirido da Atlas Scientific, além de seu circuito responsável pelo gerenciamento sensorial do eletrodo e da programação para as funções de redefinição de fábrica e calibração. Esse eletrodo de pH permite medições entre 0 e 14 com tempo de resposta de 95% em 1 segundo.

### **Etapa 2: montagem do sistema de texto para fala**

Nesta etapa, utilizou-se um módulo mp3 para a reprodução de valores fictícios do pHmetro, além de frases que informam qual função foi selecionada. Para a montagem do sistema de texto para fala, foi utilizado o google tradutor, onde os segmentos de voz foram gravados e cortados, podendo ser identificados de acordo com sua posição indexada. Por meio da concatenação destes segmentos é possível gerar frases completas, diferente do trabalho de Costa e Fernandes (2019), que emite notas musicais correspondes ao valor de pH com precisão de 0.5. O sistema de texto para fala implementado no presente trabalho diz exatamente o valor medido, não necessitando de treinar a audição do deficiente visual para que ele consiga utilizar o equipamento.

### **Etapa 3: montagem do leitor de temperatura**

Para a leitura da temperatura, o sensor realiza as medições da resistência e informa para o arduino. Para isso, foi utilizado um divisor de tensão com um resistor com a precisão de 1% (para maior precisão).

### **Etapa 4: montagem do menu**

Para maior facilidade na criação do menu, foi utilizado o módulo LCD Keypad Shield. Após a acoplagem no arduino, foi iniciado um desenvolvimento da parte de navegação pelas funções do arduino. Neste momento, ainda não se tinha medições e os demais sistemas estão desconectados, porém se tornava possível ter uma ideia do uso do pHmetro e de como funciona sua navegação.

### **Etapa 5: acoplamento dos sistemas desenvolvidos nos passos de 1 a 4**

Iniciou-se pelo acoplamento do sensor de temperatura com o menu. Em seguida definiu-se o circuito responsável pela medição e processamento das informações relacionadas ao pH por meio do menu. Posteriormente, foi realizado o acoplamento do módulo de fala com os demais sistemas. Ao final desta etapa, o pHmetro foi capaz de falar as medições realizadas, em qual função está, quando as calibrações e compensações eram executadas e quando as redefinições de fábrica eram efetuadas.

### **Etapa 6: programação do sistema de gerenciamento de dados**

Para a validação dos dados da medida de temperatura, foi utilizado a média de 10 análises. Para a medição de pH, foi criado um algoritmo com base nas especificações do manual, considerando 2 casas decimais após a vírgula. Após 3 medições consecutivas de um mesmo valor é informado ao não-vidente por meio da frase falada "medição estabilizada". Durante os testes no Laboratório de Análise de Solos percebeu-se uma dificuldade em se obter 3 medições iguais consecutivas, pois o sistema flutuava nas suas medições em sua segunda casa após a vírgula, ficando estável dentro do intervalo de +/- 0.05, então será necessária a utilização de uma nova abordagem para a detecção da estabilização pelo o deficiente visual.

### **Etapa 7: testes do consumo de energia e amplificador de som**

Para os testes de consumo de energia, o protótipo foi ligado ao multímetro na configuração de medição de corrente. Para verificar se seria necessário um amplificador de som, foi reproduzido segmentos de falas pré gravados onde é verificado se uma etapa de amplificação seria necessária. Ao final dos testes foi constatado que não era necessário, pois o próprio amplificador já embutido no módulo mp3 obteve um resultado satisfatório.

### **Etapa 8: escolha e montagem da fonte de alimentação**

A escolha da fonte de alimentação foi feita com base nas medições realizadas anteriormente, já que se caso o sistema necessitasse de um consumo de corrente próxima a 1A, não seria possível alimentar tais módulos por meio da plataforma arduino, visto que seu regulador de tensão pode fornecer até 1A, porém, como o

consumo do protótipo não ultrapassou os 500 mA, foi possível a utilização de uma fonte para arduino de 9v e 1.5A, já que atendeu perfeitamente.

### Etapa 9: montagem física

Para a montagem física, foi adquirida uma caixa de acrílico com dimensões de 12x12x6, onde foram feitas perfurações para comportar os conectores dos sensores, além de fornecer maior segurança e fácil locomoção. Todo o sistema pode ser comportado na caixa, apenas o módulo LCD Keypad Shield foi acoplado na parte de fora da tampa, por conter botões que o usuário necessita de apertá-los para diversas funções.

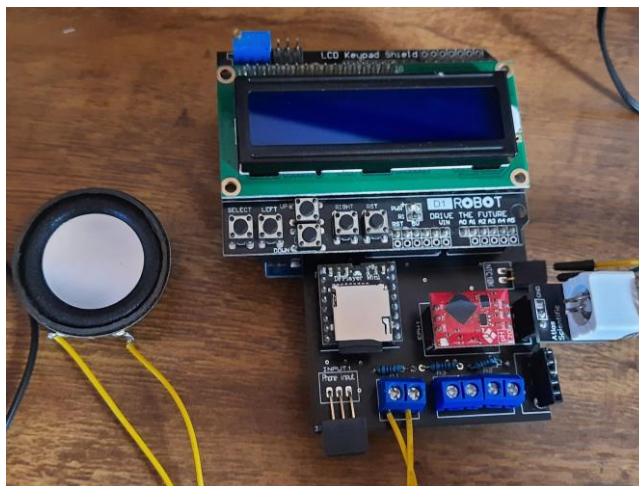
### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Todas as etapas descritas da confecção do protótipo de pHmetro forneceram resultados satisfatórios. A montagem do sistema de coleta de pH utilizando o arduino e o eletrodo de trabalho proporcionaram resultados dentro da faixa de medição indicada pelo fabricante do eletrodo (0 a 14). A conexão de texto para fala teve sua função validada, uma vez que tudo que aparece no visor é automaticamente lido pelo sistema e reproduzido em fala.

A montagem do menu, bem como sua navegação foram desenvolvidas de maneira simples para que o não-vidente tenha seu manuseio facilitado. Após o acoplamento de todas as partes do pHmetro ao menu, este foi capaz de falar as medições realizadas, em qual função está, quando as calibrações e compensações eram executadas e quando as redefinições de fábrica eram efetuadas.

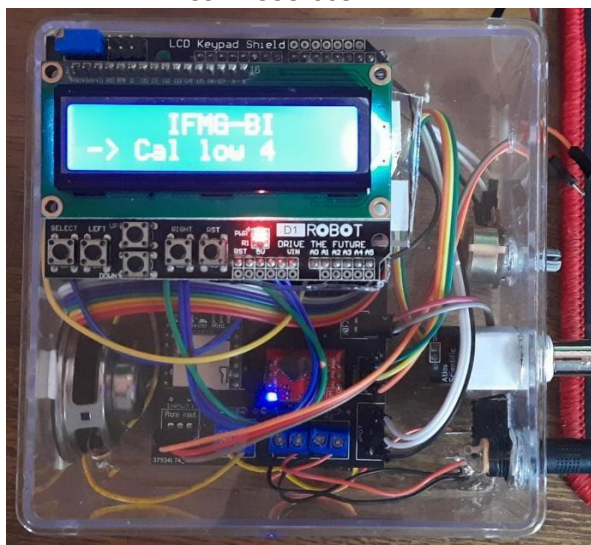
Quanto ao consumo de corrente elétrica, realizando as medições, não há um valor fixo. A corrente utilizada depende de qual função e quais módulos estão trabalhando no momento, sendo o momento mais crítico o acionamento do módulo mp3. Mesmo assim, pela medição, observou-se que no momento em que o pHmetro está informando o valor via fala, sua corrente não ultrapassa os 500mA. Além disso, não apresenta superaquecimentos, fator este que afeta a vida útil do equipamento já que pode ocorrer a queima de componentes.

Ao final desta etapa, é importante ressaltar que foi confeccionada uma placa de circuito impresso, onde os módulos e componentes puderam ser encaixados, poupando espaço. Tal necessidade surgiu pelo fato de haver diversas conexões que inviabilizam a utilização de uma placa de prototipação e *jumpers*. O resultado é mostrado na Figura 1.



**Figura 1.** Protótipo montado juntamente da placa de circuito impresso  
Fonte: Próprio autor.

Como mencionado, foi utilizada uma caixa de acrílico para comportar o protótipo medidor de pH, conforme apresentado na Figura 2. O acoplamento da solução proporciona maior segurança para o usuário, além de diminuir a chance de uma danificação do protótipo.



**Figura 2.** Protótipo de pHmetro acessível para pessoas não-videntes.  
Fonte: Próprio autor.

Os testes comparativos entre o protótipo de pHmetro e o pHmetro do Laboratório de Análises de Solos foram realizados, sendo possível verificar os pontos de melhoria no equipamento. Inicialmente foi medido, por ambos equipamentos, uma solução de pH conhecido (pH 7), para verificar o tempo decorrido até a estabilização. Houve uma diferença de, em média, 1 minuto e 40 segundos para estabilização da medição entre os equipamentos.

Em uma amostra real de solo (amostra 1) foram realizadas medições em triplicata do pH, levando em consideração o tempo de estabilização. Uma nova medição de pH e do tempo de estabilização foi realizada utilizando uma segunda amostra real de solo (amostra 2). Os valores foram comparados com o valor obtido pelo pHmetro do Laboratório de Análises de Solos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Comparação dos resultados obtidos pela análise de pH entre o protótipo de pHmetro e o pHmetro do Laboratório de Análises De Solos.

| Amostras | pH medido pelo protótipo | Tempo até a estabilização | pH medido pelo pHmetro do Laboratório |
|----------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| 1        | 4,93                     | 3 min 46 seg              | 4,95                                  |
|          | 4,88                     | 2 min 50 seg              |                                       |
|          | 4,90                     | 3 min 30 seg              |                                       |
| 2        | 5,45                     | 2 min 44 seg              | 5,50                                  |

Segundo o Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solo (PROFERT, 2011) em comparação dos resultados de pH de uma mesma amostra entre laboratórios diferentes, consta como aceitável variações de 0,3. Sendo assim, os resultados obtidos pelo protótipo de pHmetro estão de acordo com as medições do pHmetro referência.

O valor gasto para a construção do protótipo foi de R\$ 698,04, onde o componente com o valor mais elevado foi a ponta de prova e o circuito pH da Atlas Scientific, possuindo um valor de R\$457,80.

## CONCLUSÕES:

O protótipo se encontra pronto para os testes com pessoas não-videntes, e pôde ser comparado com o pHmetro do Laboratório de Análises de Solos, onde o mesmo obteve êxito em suas medições. É esperado que ele possa proporcionar uma maior interação entre os estudantes que possuem deficiência visual e as disciplinas de Química Prática.

Ao final do projeto, espera-se que o protótipo possa facilitar a inserção de deficientes visuais em laboratórios, a multiplicação da ideia com a confecção de outros pHmetros, além de ser gerador de ideias para demais áreas disciplinares, corroborando com a iniciativa de projetos para portadores de alguma deficiência.

É perceptível o leque de possibilidades que o sistema de texto para fala construído neste protótipo pode ser aplicado para o desenvolvimento de tecnologias assistivas. Dessa forma, como trabalhos futuros o protótipo pode ser evoluído para possuir outras opções de idiomas, além de conter mais informações vindas de outros sensores, auxiliando com medições que vão além do valor de pH.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARAÚJO, E., *et al.* Inclusão de alunos com deficiência visual no ensino de química: desenvolvimento de um kit didático para o estudo da teoria da dissociação eletrolítica de Arrhenius. **International Journal Education and Teaching**, v. 3, n. 2, p. 67 - 83, 2020. DOI <https://doi.org/10.31692/2595-2498.v3i2.135>

COSTA, Samuel C.; FERNANDES, Julio C. B.. Listening to pH. **J. Chem. Educ.** v. 96, n. 2, p. 372–376, 2019. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.8b00641> . Acesso em: 02 mai. 2022.

DOS SANTOS, Gabriela Rosangela. Unidade de ensino potencialmente significativa (ueps): o tema ácidos e bases em uma proposta de ensino voltada para a inclusão de estudantes com deficiência visual. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 6, n. 1, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/2539> Acesso em: 30 abr. 2022.

DUARTE, Cássia Cristina Campos; *et al.* Química além da visão: Uma proposta de material didático para ensinar química para deficientes visuais. **Revista ELO – Diálogos Em Extensão**, v. 8, n. 2, p. 42-50, 2019. DOI. <https://doi.org/10.21284/elo.v8i2.8216>

LIMA, F. dos S.; *et al.* Tecnologia assistiva para alunos com deficiência visual: medição de volume em aulas laboratoriais de química. *In: Escola Regional De Computação Ceará, Maranhão, Piauí (ERCEMAPI)*, 7, 2019, São Luís. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 47-54.

NEPOMUCENO, Gabriella. M.; *et al.* The value of safety and practicality: Recommendations for training disabled students in the sciences with a focus on blind and visually impaired students in chemistry laboratories. **Jour. of Chem. Heal. and Saf.**, v. 23, n. 1, p. 5-11, 2016. Disponível em: <https://www.hobywedler.com/the-value-of-safety-and-practicality-recommendations-for-training-disabled-students-in-the-sciences-with-a-focus-on-blind-and-visually-impaired-students-in-chemistry-laboratories/> Acesso em: 02 mai. 2022.

OLIVEIRA, Mislene da Silva Gomes; *et al.* Extração do óleo essencial do abacaxi como proposta de experimentação para alunos com deficiência visual. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 72-85, 2019. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/200> . Acesso em: 02 mai. 2022.

ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Declaração de Salamanca**. Espanha, Salamanca, 1994. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=495&id=12257&option=com\\_content&view=article](http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=495&id=12257&option=com_content&view=article) Acesso em: 19 de abril de 2022.

PROFERT - Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solo. **Resultados dos Laboratórios - 1º, 2º, 3º, 4º trimestre(s) de 2011**. Disponível em: <https://www.profertmg.com.br/secao.htm?idSecao=52> . Acesso em: 02 jun. 2022.