



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
MESTRADO EM QUÍMICA

**CONTEXTUALIZAÇÃO DA QUÍMICA AMBIENTAL NO ENSINO MÉDIO A
PARTIR DA CONSTRUÇÃO DE UM TITULADOR AUTOMÁTICO
CONTROLADO POR ARDUINO PARA ANÁLISES DA ACIDEZ EM ÁGUA DE
PARINTINS-AM**

FRANCISCO BRAGA DE CASTRO

MANAUS – AM
Setembro/2023

FRANCISCO BRAGA DE CASTRO

**CONTEXTUALIZAÇÃO DA QUÍMICA AMBIENTAL NO ENSINO MÉDIO A
PARTIR DA CONSTRUÇÃO DE UM TITULADOR AUTOMÁTICO
CONTROLADO POR ARDUINO PARA ANÁLISES DA ACIDEZ EM ÁGUA DE
PARINTINS-AM**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), como requisito para obtenção do título de Mestre em Química, na linha de pesquisa de Métodos Analíticos e Estudos Ambientais.

ORIENTADOR: Dr.: GENILSON PEREIRA SANTANA

MANAUS – AM
Setembro/2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C355c Castro, Francisco Braga de
Contextualização da Química Ambiental no Ensino Médio a partir da construção de um titulador automático controlado por arduino para análises da acidez em água de Parintins-AM / Francisco Braga de Castro . 2023
83 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Genilson Pereira Santana
Dissertação (Mestrado em Química - Analítica) - Universidade Federal do Amazonas.

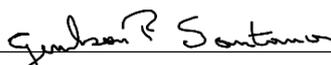
1. Titulador automático. 2. Arduino UNO. 3. Ensino médio. 4. Química Ambiental. I. Santana, Genilson Pereira. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

Contextualização da química ambiental no ensino médio a partir da construção de um titulador automático controlado por arduino para análises da acidez em água de Parintins-AM

FRANCISCO BRAGA DE CASTRO

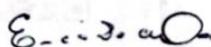
Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Química, do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Amazonas como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre (a) em Química.

Aprovado em, 15 de setembro de 2023.



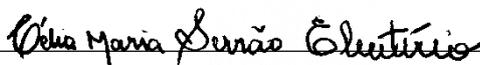
GENILSON PEREIRA SANTANA (PPGQ/UFAM)

Presidente/Orientador



ERCILA PINTO MONTEIRO (PPGQ/UFAM)

Membro Interno



CELIA MARIA SERRÃO ELEUTÉRIO (UEA)

Membro Externo

Universidade Federal do Amazonas
Manaus, 15 de setembro de 2023.

DEDICATÓRIA

Aos responsáveis pelo que hoje sou: meu pai Lúcio Silva de Castro, que tanto lutou por minha integração social e minha amada mãe Maria Inácia Braga de Carvalho, mulher honrada e digna de ser chamada mãe.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Criador pelo dom da vida.

Ao meu eterno professor e orientador Dr. Genilson Santana pela paciência em instruir-me na direção mais viável, pelo incentivo para concluir este trabalho, pela confiança depositada em meu potencial e principalmente por mostrar-me que a busca pelo conhecimento é algo gradativo e não abrupto.

Destaco dois amigos que participaram diretamente desta conquista. Meu irmão Mestre Ronei Negreiros que me abrigou durante as muitas idas à Manaus, obrigado pela hospitalidade e pelas contribuições na escrita deste trabalho. Meu outro irmão de vida, Nedom Pereira pela amizade de décadas e pela contribuição significativa na metodologia deste trabalho. Sem vocês eu não teria conseguido.

Aos meus pais postiços que eu amo de coração, profa. Célia Serrão e prof. Pedro Campelo, ambos fizeram parte desta minha longa jornada até a conquista dessa nova etapa, e que com toda certeza farão parte dos projetos futuros da minha vida.

À minha família, meus pais que oraram por mim neste período conturbado, meus irmãos e em especial minha sobrinha/filha Laine Castro por ser minha base e suportar comigo as lutas diárias.

À minha família de afeto: Ediane, Maria Fernanda, Eliandro, Emily, Thaís, Sara, Kenner, Raymara, Rafaela, Scharlyngton, Ronan, Sávio Lucas, Mateus Duarte e Thiago Coelho que torceram para que concluísse esta etapa e por acreditarem que seria possível. Essa vitória é nossa!

À família Aprova Parintins, em especial Rafael e Railce, meus amigos e coordenadores que compreenderam minhas ausências e sonharam este sonho comigo. Obrigado por tudo, tudo mesmo! Aos meus amigos Anne, João Marcos e Marcelo, aos professores do Aprova que se disponibilizaram em substituir-me quando estava em viagem. Aos meus alunos desta instituição por confiarem que mesmo ausente cumpriríamos os conteúdos programáticos das provas externas a tempo da realização destas.

Aos colegas de trabalho da Escola Estadual Tomaszinho Meireles, destaco: Daia Barbosa, Maria José Menezes, Patrícia Regina, Cláudia Medeiros, Eva Maria Eliziário, Maria do Carmo, Gisele Pessoa, Wesley Brelaz, Ítalo Ferreira, Berlando Franco, Charles

Eduardo e Deyner Souza por tornarem o fardo mais leve e também por compreenderam minha ausência quando esta se fizera necessária.

À minha gestora Lúcia Helena por sempre me apoiar e acreditar que seria possível a realização deste.

À Universidade do Estado do Amazonas – UEA, destaco o então coordenador do curso de Química do Centro de Estudos Superiores de Parintins – CESP, Dr. Rainiomar Fonseca pela cessão do espaço do Laboratório de Ensino de Química. À minha amiga responsável técnica dos Laboratórios do CESP, mestra Mônica Jacuína por todo suporte e paciência para comigo.

“Todos que conseguiram
Um dia tentaram”

Guilherme de Sá

RESUMO

Na química quantitativa os métodos volumétricos são muito utilizados na caracterização e determinação da concentração de um analito. A técnica de titulação volumétrica baseia-se na reação completa de um volume conhecido de uma amostra com um volume determinado de um reagente de natureza e concentração conhecidas, denominada de solução-padrão, sendo definida como titulante e a solução cuja concentração se pretende determinar designa-se por titulado. A titulação volumétrica é um método bastante utilizado pelos químicos para a determinação e caracterização de amostras desde muito tempo. Dentre os métodos volumétricos destaca-se a titulação ácido-base, o foco deste trabalho. Entretanto, o processo de determinação de ácido-base vem gerando problemas no manuseio, como por exemplo o ponto de viragem fora do tempo determinado e o uso de indicadores tóxicos. Assim, o titulador automático é uma alternativa de análises mais precisas e confiáveis, esse instrumento analítico é baseado no movimento do pistão com um motor síncrono – bomba peristáltica – com auxílio de uma placa de Arduino UNO e a programação IDE, um software responsável pela comunicação do programa de computador. Neste contexto, o trabalho tem como objetivo desenvolver um titulador automático com o auxílio de uma placa de Arduino UNO para determinação da acidez de água de diferentes localidades de Parintins propondo avaliar a qualidade e precisão do uso de software para a substituição dos trabalhos manuais no laboratório com a validação do método com a titulação potenciométrica e sua aplicação de ensino experimental de Química Ambiental para alunos de Ensino Médio. Neste trabalho foi demonstrado que o titulador automático além de ser de fácil aquisição/construção e de baixo custo, este consegue executar os comandos e realizar as análises mais precisas quando comparado ao titulador tradicional. As padronizações realizadas com o titulador automático foram comparadas com a titulação clássica, e este não apresentou diferenças significativas com aplicação do teste t próximo de 95% de confiança. Além disso, este protótipo pode ser desenvolvido e aplicado no contexto do âmbito escolar para uma aprendizagem mais significativa do aluno, possibilitando o estudo com as medidas de pH como atividade didática. A experimentação no ensino de química é considerada uma alternativa de abordagem complementar. De acordo com as revisões da literatura sobre o tema existem diversas perspectivas e empecilhos com o ensino experimental. E mesmo com os desafios da inserção da aula experimental no âmbito escolar, é importante que os educadores superem essa barreira. Pois a experimentação no ensino de química é capaz de fortalecer o processo de aprendizagem do aluno. E como perspectivas deste trabalho, um maior estudo com a titulação automática é necessário para o aprofundamento acerca das possibilidades da utilização deste protótipo, assim também como o desenvolvimento de outros projetos de química envolvendo o Arduino como uma nova alternativa na construção de projetos.

Palavras-chaves: titulador automático, Arduino UNO, Ensino médio, Química Ambiental.

ABSTRACT

In quantitative chemistry, volumetric methods are widely used to characterize and determine the concentration of an analyte. The volumetric titration technique is based on the complete reaction of a known volume of a sample with a determined volume of a reagent of known nature and concentration, called standard solution, being defined as titrant and the solution whose concentration is to be determined designates himself by title. Volumetric titration is a method widely used by chemists for the determination and characterization of samples for a long time. Among the volumetric methods, the acid-base titration stands out, the focus of this work. However, the acid-base determination process has been generating handling problems, such as the turning point outside the determined time and the use of toxic indicators. Thus, the automatic titrator is an alternative for more accurate and reliable analysis, this analytical instrument is based on the movement of the piston with a synchronous motor - peristaltic pump - with the aid of an Arduino UNO board and IDE programming, a software responsible for communication of the computer program. In this context, the objective of this work is to develop an automatic titrator with the aid of an Arduino UNO board to determine the acidity of water in different locations in Parintins, proposing to evaluate the quality and accuracy of the use of software to replace manual work in the laboratory. with the validation of the method with potentiometric titration and its application in experimental teaching of Environmental Chemistry for high school students. In this work, it was demonstrated that the automatic titrator, in addition to being easy to acquire/build and low cost, can execute the commands and perform more accurate analyzes when compared to the traditional titrator. The standardizations performed with the automatic titrator were compared with the classic titration, and this did not present significant differences with the application of the t test close to 95% confidence. In addition, this prototype can be developed and applied in the context of the school environment for a more meaningful student learning, enabling the study with pH measurements as a didactic activity. Experimentation in teaching chemistry is considered an alternative approach to teaching chemistry. According to the literature reviews on the subject, there are several perspectives and obstacles to experimental teaching. And even with the challenges of inserting the experimental class in the school environment, it is important for educators to overcome this barrier. Because experimentation in teaching chemistry is capable of strengthening the student's learning process. And as perspectives of this work, a larger study with the automatic titration is necessary for the deepening about the possibilities of the use of this prototype, as well as the development of other chemistry projects involving the Arduino as a new alternative in the construction of projects.

Keywords: automatic titrator, Arduino UNO, High school, Environmental Chemistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Escala de pH e mudança de cor para os indicadores ácido-base mais comuns ..	27
Figura 2: Exemplo ilustrativo de uma titulação ácido-base manual.	27
Figura 3: Ilustração representando a montagem de uma configuração de autotitulação UD adaptada de um equipamento de laboratório controlado via Arduino.	29
Figura 4: Placa do Arduino UNO e seus componentes detalhados.	32
Figura 5: Detalhes do sistema do Software do Arduino IDE.	32
Figura 6: Princípio de funcionamento de uma bomba peristáltica genérica	33
Figura 7: Placa Arduino UNO SMD.	42
Figura 8: Placa de protoboard utilizada com o sistema automático.	43
Figura 9: Bomba peristáltica.	44
Figura 10: Sensor Smart de pH do modelo AS218.	44
Figura 11: Notebook e o sistema operacional do Arduino IDE.	45
Figura 12: Montagem do titulador automático com Arduino.	46
Figura 13: O coeficiente de vazão da bomba visto no software Arduino IDE.	48
Figura 14: a) Universidade do Estado do Amazonas (UEA); b) Lagoa da Francesa; c) Escola Estadual Tomaszinho Meirelles (GM3).	50
Figura 15: Ilustração das coletas das amostras de água em uma garrafa PET de 600 mL.	50
Figura 16: Titulação clássica para a padronização do titulante.	51
Figura 17: Realização da titulação potenciométrica para a validação do método automático.	52
Figura 18: Fluxograma das etapas da revisão sistemática.	53
Figura 19: Gráfico de curvas da titulação do biftalato de potássio	55
Figura 20: Resultado da padronização de solução de NaOH via método clássico.	56
Figura 21: Gráficos das amostras de água A1 coletada no CESP/UEA titulada em triplicatas.	57
Figura 22: Gráficos das amostras de água A2 coletada na Lagoa da Francesa titulada em triplicatas.	58
Figura 23: Gráficos das amostras de água A3 coletada na Escola Estadual Tomaszinho Meirelles titulada em triplicatas.	59

Figura 24: Curva para a titulação de ácido acético com hidróxido de sódio. Curva A: ácido $0,1000 \text{ mol L}^{-1}$ com uma base $0,1000 \text{ mol L}^{-1}$. Curva B: ácido $0,001000 \text{ mol L}^{-1}$ com uma base $0,001000 \text{ mol L}^{-1}$ 60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise do fluxo da bomba peristáltica.	54
Tabela 2: Aferição do titulador automático utilizando biftalato de potássio.....	55

LISTA DE APÊNCIDES

Apêndice 1: Códigos de programação do software do Arduino IDE utilizado na titulação automática.....	77
Apêndice 2: Proposta do plano de ensino de uma aula experimental para alunos de ensino básico	78

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

- A1** - Amostras de água da Lagoa da Francesa
- A2** – Amostras de água da Escola Estadual Tomaszinho Meirelles.
- A3** – Amostra de água da Universidade Estadual do Amazonas
- AM** - Amazonas
- AVR** – Regulador Automático da Voltagem (do inglês Automatic Voltage Regulator)
- AWG** - Medida de Fio Americana (do inglês American Wire Gauge)
- CESP** - Centro de Estudos Superiores de Parintins
- CTS** - Ciência, Tecnologia e Sociedade
- CTSA** Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
- CVB** - Coeficiente de Vazão da Bomba
- ENEM**- Exame Nacional do Ensino Médio
- FUNASA** - Fundação Nacional de Saúde
- GPS** – Sistema de Posicionamento Global (do inglês Global Positioning System)
- IDE**- Ambiente de Desenvolvimento Integrado (do inglês Integrated Development Environment)
- IA** - Inteligência Artificial
- LED** – Diodo Emissor de Luz (do inglês Light Emitting Diode)
- m** – Massa
- MM**- Massa Molar
- PAC** – Química Analítica de Processos (do inglês Process Analytical Chemistry)
- pH** – Potencial hidrogeniônico
- pOH** - Potencial hidroxiliônico
- SAAE** - Serviço Autônomo de Água e Esgoto
- SRAM** – Memória Estática de Acesso Aleatório (do inglês Static Random Access Memory)
- USB** – Portal Universal (do inglês Universal Serial Bus)
- UEA** – Universidade do Estado do Amazonas
- UFAM** - Universidade Federal do Amazonas
- VCA** - Tensão Alternada

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA

cm – Centímetros

g – Gramas

GB - Gigabyte

kB – Kilobyte

km – Quilômetros

L - Litros

mA – Miliampere

MB - Megabyte

ms – Milissegundos

min- Minutos

mm – Milímetro

mL - Mililitros

s - Segundos

V - Volt

LISTA DE FÓRMULAS QUÍMICAS

C₈H₅KO₄ - Biftalato de potássio

HNO₃ - Ácido nítrico

NaOH - Hidróxido de sódio

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	16
INTRODUÇÃO	18
1.1 Poluição da Água	20
1.1.1 A importância do pH para a qualidade da água	20
1.1.2 A expressão do pH em ambientes aquáticos	21
1.2 Análise Volumétrica.....	23
1.2.1 Aplicações dos métodos volumétricos	23
1.2.2 Princípios da Análise volumétrica.....	24
1.2.3 Ponto final versus ponto de equivalência.....	24
1.2.4 Volumetria de neutralização.....	25
1.3 Indicadores Ácido-Base.....	25
1.4 Tituladores Automáticos.....	28
1.4.1 Principais vantagens da utilização dos tituladores automáticos.....	28
1.4.2 Características gerais dos tituladores automáticos	29
1.4.3 Tituladores automáticos reportados na literatura	30
1.5 Arduino: Conceito e Características	31
1.6 Bomba Peristáltica: Conceito e Funcionamento.....	33
1.7 Ensino de Química	34
1.7.1. O Ensino-aprendizagem de Química.....	34
1.7.2. O Novo Ensino Médio.....	35
1.7.3 O Ensino de Química Ambiental	36
1.7.4 Educação Ambiental: CTS e CTSA	37
2. OBJETIVOS	40
2.1 Objetivo Geral	40
2.1 Objetivos específicos.....	40
3. METODOLOGIA.....	41
3.1 Materiais e equipamentos utilizados	41
3.1.1 Reagentes e Soluções	41
3.1.2 Equipamentos, aparelhos analíticos e vidrarias.....	41
3.1.3 Característica da placa Arduino UNO.....	42
3.1.4 Descrição de uma Protoboard	43
3.1.5 Parâmetros da Bomba peristáltica	43
3.1.6 Sensor de pH	44

3.1.7 Notebook (Arduino IDE)	44
3.2 Procedimento Analítico	45
3.2.1 Construção do Titulador Automático	45
3.2.2 Descrição do sistema operacional do titulador automático	46
3.2.3 Programação da plataforma Arduino	47
3.2.4 Coeficiente de Vazão da Bomba	47
3.3 Determinação da Precisão do Sensor de pH	48
3.4 Coleta de Amostras de Água	49
3.5 Desenvolvimento da titulação ácido-base clássica	51
3.6 Desenvolvimento da titulação potenciométrica automática	51
3.7 Tratamento de dados e avaliação das titulações	52
3.8 Proposta de ensino experimental de química para o Ensino de Química	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 Bomba Peristáltica	54
4.1.1 Vazão das Bombas Peristálticas	54
4.1.2 Análise do ensaio utilizando pHmetro e ensaio potenciométrico	54
4.1.3 Análise da titulação clássica	56
4.2. Análises dos gráficos das amostras de água	56
4.3 Avaliação do desempenho do Instrumento Analítico	60
4.4 Revisão de Literatura sobre Experimentação no Ensino de Química	61
4.4.1 Elementos conceituais e práticos do ensino experimental	61
4.4.2 Os tipos de aulas experimentais e importância	62
4.4.3 Obstáculos da inserção do ensino experimental no âmbito escolar	64
5. CONCLUSÃO	66
6. PERSPECTIVAS	67
7. REFERÊNCIAS	68
8. APÊNDICES	77

APRESENTAÇÃO

Nesta parte introdutória, desejamos partilhar alguns momentos relevantes que culminaram com esta etapa de formação docente. A docência que sempre se fizera presente nas mais importantes lembranças de vida.

Iniciamos a atuação como professor de reforço em atendimentos domiciliares individuais, com as Ciências Exatas e da Natureza estando ainda no segundo ano do Ensino Médio, no ano de 2006. Essa experiência despertou a possibilidade de atuar como futuro profissional da educação.

O ingresso no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, ofertado pela Universidade do Estado do Amazonas no município de Lábrea-AM, nos permitiu o primeiro contato com o ensino superior e as vivências que a academia nos proporcionaria. Os auxílios aos colegas com as atividades do curso, as palestras ministradas nas escolas públicas do município de Lábrea nos direcionaram ainda mais para o inevitável: ser docente. A primeira formação superior fora concluída no ano de 2012.

As circunstâncias vividas naqueles ambientes de ensino nos fortaleceram a tomar a decisão mais assertiva até então, a busca pela formação docente. A Química nos acolhera como a água acolhe os íons sódio, solvatando-nos totalmente.

Assim, no primeiro semestre de 2013 iniciamos o Curso de Licenciatura em Química também pela Universidade do Estado do Amazonas-UEA, porém desta vez em uma realidade diferente, fora necessária a mudança para o município de Parintins, a terra do boi bumbá.

Concluimos o curso no tempo previsto e após a colação de grau (início de 2017), após o tão esperado “*Assim prometo sob minha honra*”, uma dúvida nos cercara: o permanecer nesta cidade acolhedora, o retornar à cidade natal ou a possibilidade de buscar formação continuada por meio do mestrado. Optamos por permanecer e assim dedicamo-nos ainda mais à atuação docente em atividades de cursos pré-vestibulares, auxiliando muitos jovens no ingresso à vida acadêmica, orgulhamo-nos muito deste feito.

O fim de 2016 nos surpreendera com o convite para fazer parte da equipe de profissionais do Curso Pré-vestibular “Aprova Parintins”. Iniciamos as atividades em fevereiro de 2017 e assim permanecemos no mercado com entrega de 90% em aprovações em provas externas das universidades públicas do estado do Amazonas (UEA e UFAM) como também de outros estados através do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Os anos de 2017 e 2018 foram dedicados a atuação neste segmento de ensino, atuamos também como professor de apoio nas seguintes Escolas Estaduais de Parintins: Senador João Bosco, Colégio Nossa Senhora do Carmo e CETI Gláucio Gonçalves. Em 2019 as aprovações no concurso público da Secretaria de Estado de Educação e Desporto do Amazonas e no Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal no Amazonas nos mostraram que estávamos trilhando o caminho correto.

As decisões importantes da vida adulta insistiam em nos perseguir. A incerteza da instabilidade que o cenário político apontara naquele instante, nos mostrara ser o concurso o mais assertivo a se fazer. A lotação do concurso público nos direcionara à Escola Estadual Tomaszinho Meirelles – GM3, onde atuamos até a presente data.

A pandemia da COVID-19 evidenciou ainda mais as inquietações por uma prática singular e que caracterizasse nossa atividade docente. O ato da entrega, a busca por uma entrega de qualidade norteava-nos à pós-graduação e assim o fizemos. Iniciamos o Mestrado em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas em 2021. Conciliar escola pública, pré-vestibular, disciplinas e pesquisa do mestrado foi desgastante e desafiador.

As atividades práticas não são tão frequentes em nossa atuação, sobretudo por não possuímos um espaço físico, o laboratório, para o desenvolvimento destas. A abstração dos processos químicos torna-se mais complexa sem a visualização do aspecto macro. A exemplo desta inquietação citamos as reações de titulações que são comuns nas disciplinas de Analítica na graduação e muito frequentes nas provas externas, porém raramente desenvolvidas com estudantes do ensino básico.

A implantação do novo ensino médio nos desafiara a ministrar conteúdos não restritos apenas à Química, mas em consonância com a Biologia, Geografia e em alguns casos à Física. Tratar da Química Ambiental nessa nova proposta foi dialogar com diferentes saberes e fazer com que os alunos enxergassem e compreendessem do ponto de vista químico os impactos ambientais que o cercam. Este retrospecto nos conduziu a construção de um titulador automático para a determinação de acidez de águas dinamizando a prática como docente na escola pública onde lecionamos.

INTRODUÇÃO

A água é uma substância química imprescindível para a vida na Terra, e qualquer tipo de alteração físico-química pode acarretar danos à saúde humana. Uns dos parâmetros químicos relevantes no estudo da água é a sua acidez, que pode ser expressa pelo seu valor de pH, uma vez que a água potável apresenta um intervalo de valor de pH aceitável pelos órgãos de fiscalização sanitária.

Dentre os métodos de determinação da acidez de uma solução é a volumetria de neutralização a mais recomendada. Porém, este processo de determinação apresenta alguns problemas no manuseio, por exemplo:

- ❖ Determinação do ponto de equivalência
- ❖ Uso de indicadores tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente
- ❖ Erros operacionais
- ❖ Condições de laboratório

Dessa forma é necessária a busca por alternativas mais eficazes, menos prejudiciais ao meio ambiente (à luz da Química verde) para as análises volumétricas é essencial à análise volumétrica de neutralização.

Por outro lado, a quarta evolução industrial ou indústria 4.0 desenvolveu novas tecnologias. Essa tecnologia vem alcançando muitas áreas industriais, como também a área da educação. Dessa forma, a indústria 4.0 apresenta trabalhos que vão desde a produção físico-cibernético até o desenvolvimento de inteligência artificial. Além disso, a indústria 4.0 é uma combinação do mundo físico e digital, que utiliza a Inteligência Artificial (IA) para melhorar o desempenho dos processos industriais e analíticos.

Nesse sentido, a aprendizagem dos princípios da indústria 4.0 é primordial ao processo educacional. Assim, o desenvolvimento de projetos em escolas está cada vez mais interligado com a indústria 4.0, mostrando dessa forma, novas perspectivas nos desenvolvimentos de projetos tecnológicos. Com essa nova abordagem a utilização do Arduino para o desenvolvimento deste trabalho engloba a indústria 4.0, com a construção de um titulador automático, com finalidade de realização de análise ácido-base mais precisa e economicamente viável, tendo em vista seu baixo custo. Além disso, o titulador automático pode ser utilizado em aulas de química no ensino médio, correlacionando conceitos de Equilíbrio ácido-base à Química Ambiental.

A sugestão de trazer o titulador automático no âmbito escolar, tornou o desenvolvimento do trabalho mais significativo. Principalmente devido a implementação do Novo Ensino Médio em 2022 que trouxe mudanças significativas na proposta de ensino de Química. Concomitante à isto, a Proposta Curricular e Pedagógica do Ensino Médio para o Estado do Amazonas traz como conteúdo programático específico a Química Ambiental no Amazonas. Dessa forma, práticas envolvendo a acidez de águas e estudo ambiental em Parintins com a utilização da titulação automática controlada por um Arduino se tornam proposta para aplicação da Química Ambiental laboratorial para alunos de Ensino Médio.

Nessa perspectiva, o trabalho aqui proposto tem como objetivo construir um titulador automático com o auxílio do Arduino UNO para a determinação mais precisa da acidez da água de diferentes localidades do município de Parintins-Amazonas, com o foco da comparação da titulação tradicional e automático com a validação do método através da titulação potenciométrica, como proposta de aplicação do ensino experimental às aulas de Química Ambiental para alunos do Ensino Básico, de acordo com a nova proposta do Novo Ensino Médio.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Poluição da Água

A água é uma das substâncias químicas essenciais para todos os seres vivos do planeta. Ela é responsável por constituir cerca de 60 a 70% da massa corporal, como também pela manutenção das funções orgânicas e metabólicas do organismo. A Terra é composta por mais de 97% de água e desta percentagem apenas 2,53% do volume total do recurso hídrico do planeta é de água doce (Shiklomanov & Rodda, 2003; Ferreira, 2007).

As ações antrópicas são as principais responsáveis por afetarem a qualidade da água (LUCAS et al., 2010) outrossim a contaminação, o desperdício dos recursos hídricos, a poluição dos rios, lagos, poços artesianos e água subterrânea. Os efluentes domésticos e os industriais bem como a carga difusa que contribuem significativamente para a contaminação aquática são objetos de discussões ambientais (BRAGA et al., 2002; CETESB, 2005).

Os recursos hídricos nas comunidades da Amazônia sofrem alterações em suas composições provocadas principalmente por ações antrópicas como desmatamento, mineração, crescimento da zona urbana com falta de saneamento básico de esgoto, dentre outros (ALHO, 2015). Um exemplo destes impactos que vem se destacando é a eutrofização de corpos hídricos. Esta por sua vez pode ocorrer naturalmente embora não tão expressiva ou pelo acúmulo excessivo de matéria orgânica proveniente das ações antrópicas, a mais prejudicial. A eutrofização dos corpos hídricos é evidente pela presença de microrganismos patogênicos na água, o que impede seu uso para consumo humano. Os recursos hídricos na região Amazônica são importantes quer ambientalmente, quer socialmente e alterações na qualidade destes representam potenciais impactos (ANDRADE et al., 2020; SANTOS, 2020).

Para isso, é necessário a realização de análises químicas para verificar a qualidade da água. Assim, a análise da qualidade da água depende dos valores de diversos parâmetros que mostram as principais características físicas, químicas e biológicas (VON SPERLING, 2005). Dentre esses, estão: temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez entre outros (NETO, 2014).

1.1.1 A importância do pH para a qualidade da água

A partir do século XIX, o conceito físico-químico pH foi desenvolvido, iniciando com a definição de íons introduzido por Michael Faraday (1791-1867) em 1833. Anos

depois, Svante Arrhenius (1859-1927) propõe que algumas das moléculas de um eletrólito eram ionizadas em seus íons, além disso também determinou a constante de ionização/dissociação dos ácidos e das bases, definindo ácidos como substâncias que produzem, em solução aquosa, íons hidrogênio; e as bases produzem íons hidroxila em solução (GAMA & AFONSO, 2007).

A expressão acidez foi utilizada pela primeira vez pelo bioquímico Soren Peter Lauritz Sorensen (1868-1939), que utilizou o logaritmo negativo de H^+ (da concentração em mol/L de íons hidrônio). Dessa forma, o pH tem por definição o potencial hidrogeniônica (pH) sendo o valor de K_w por: $K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$ de acordo com a equação 1.

Então, aplicando o logaritmo tem-se:

$$\begin{aligned} [H^+][OH^-] &= 10^{-14} \\ \log[H^+][OH^-] &= \log 10^{-14} \\ pH + pOH &= 14 \end{aligned} \quad (1)$$

Analogamente para expressar a alcalinidade, utilizou-se o logaritmo negativo de OH^- , que é a concentração em mol/L de íons hidroxila, em que $pOH = -\log [OH^-]$ (GAMA & AFONSO, 2007).

De forma geral, conforme Arrhenius os ácidos são espécies químicas que produzem íons H^+ e são associados ao sabor azedo como, limão, vinagre etc. E as bases são espécies que produzem íons OH^- e associam-se ao sabor adstringente como banana verde, maçã etc.

O valor de pH varia em uma escala de 0 a 14, na qual valores inferiores a 7,0 caracterizam meios ácidos, acima de 7,0, básicos ou alcalinos e o valor 7,0 corresponde à neutralidade da solução (SEBOLD, 2019). Além disso, o pH é um parâmetro importante para avaliar o tratamento e manuseio da água (BRASIL, 2006).

1.1.2 A expressão do pH em ambientes aquáticos

Os ecossistemas aquáticos são influenciados pelo pH em virtude de seus possíveis efeitos no comportamento e fisiologia de algumas espécies. O pH é um dos parâmetros avaliados, a qualidade de corpos hídricos. A influência da natureza nas bacias hidrográficas sobre determinado parâmetro integrante do índice, pode gerar resultados incompatíveis com a qualidade da água. Uma destas são os processos bioquímicos nas águas, que podem ser

influenciados pela incidência da radiação solar que altera o pH dos corpos hídricos (HERMES & SILVA, 2004).

Segundo Libânio (2010), alguns compostos químicos solubilizados na água podem influenciar no pH, como a presença de alumínio, sulfatos, fluoretos, matéria orgânica e outros, podendo estar presente onde o pH é menor.

Em estudo realizado por Lopes e Júnior (2010) os resultados demonstram a relação entre as condições naturais da bacia com o pH. Assim, águas com pH mais ácido, a solubilidade de agroquímicos é elevada, com inexistência da atividade bentônica, baixa decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes. Em se tratando de águas de abastecimento público, o Ministério da Saúde recomenda o uso da Portaria de Consolidação nº 5/2017 que sugere valores de pH de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2017). De acordo com esta normativa, valores inferiores representam risco de corrosão das tubulações bem como de peças metálicas que compõem o sistema.

Um trabalho realizado por Miranda et al. (2020) no igarapé da Comunidade Nova Esperança em Manaus mostra variações do valor de pH no mesmo corpo hídrico. Dessa forma, dependendo do sentido do curso da água, varia de baixa acidez (pH = 6,6), aumentando (o pH) para 7,0 (neutro), oscilando para uma leve redução (da acidez) de pH ácido (pH = 6,9). Entretanto, dependendo da localização ocorrem aumentos muito expressivos para pH básicos (alcalinos) entre 7,2 e 7,7.

Segundo o estudo de Santos (2021), o nitrato (NO_3^-) apresenta relação direta com o pH e a profundidade dos poços; ou seja, quanto maior o teor de nitrato, maior a acidez das águas e menor a profundidade do poço. Visto que o nitrato tem relação com o pH e a profundidade dos poços, portanto, quanto maior o teor de nitrato, maior a acidez das águas e menor a profundidade do poço (SANTOS, 2021, p. 93).

De acordo com Esteves (1998), Piveli & Silva (2005) e Santos (2021), o pH influencia também na solubilidade de diferentes compostos, nos processos de ionização/dissociação e desta forma, auxilia a definição de toxicidade de muitos elementos. Finalmente, Hermes & Silva (2004) mostram outra influência do pH, que é a relação da proporção de amônia (NH_3) com o pH ácido, e a amônia livre, tóxica à ictiofauna e predominante em pH > 9,0.

1.2 Análise Volumétrica

A Química Analítica é parte da química que se relaciona à identificação e determinação dos componentes presentes em dada amostra inorgânica. Ela se divide em duas áreas: Química Analítica Clássica e a Instrumental (SKOOG et al., 2006; POSTIGO et al., 2021). A Química Analítica engloba um conjunto de técnicas e métodos avançados para identificar ou quantificar uma substância e para determinar a estrutura de compostos químicos (KELLNER et al., 1998). Assim, os métodos analíticos têm papel fundamental para o mundo, pois avaliam, determinam e/ou regulam a maior parte da produção de produtos e medicamentos, dentre outras finalidades.

Dos métodos utilizados na Química Analítica são conhecidos os métodos clássicos que apresentam como vantagem o baixo custo com equipamentos, além de serem de simples execução nas análises de macromoléculas; e os métodos instrumentais que diferentemente dos clássicos requerem maior conhecimento no manuseio dos equipamentos para a operação, calibração etc. (HARRIS et al., 1999, DA-COL, 2014).

1.2.1 Aplicações dos métodos volumétricos

Em 1729 pode ser considerado como o marco introdutório das titulações, segundo, Claude Joseph realizou a determinação de ácido acético no vinagre, a partir da sua reação com carbonato de potássio pulverizado (MADSEN, 1985). Neste procedimento, o carbonato era adicionado ao vinagre até que não houvesse mais efervescência, mesmo que o procedimento talvez não fosse uma titulação convencional, ela apresentava várias etapas características de titulação (STEPHEN et al., 1980).

Assim, a partir dessa época os métodos volumétricos foram definidos como grupo de procedimentos quantitativos relacionados à determinação da concentração de determinado constituinte de uma amostra a partir de uma reação. Trata-se da reação, em solução, deste com um reagente de concentração conhecida, concomitante à medida de quantidades discretas de solução adicionada (TERRA & ROSSI, 2005).

Dentre alguns exemplos de compostos ácidos se destacam as frutas cítricas como a laranja e o limão, tendo como constituinte o ácido cítrico, a maçã que apresenta o ácido málico, e alguns líquidos como vinagre tendo constituinte químico o ácido acético, os refrigerantes do tipo colo como Pepsi e Coca-Cola que possuem como acidulante o ácido

fosfórico, bem como os igarapés da região amazônica que apresentam águas ácidas, devido à presença de ácidos húmicos e fúlvicos (ANJOS, 2013).

1.2.2 Princípios da Análise volumétrica

A volumetria baseia-se na reação completa de uma amostra com um volume determinado de um reagente de natureza e concentração conhecidas, denominada de solução-padrão (PARRON et al., 2011; ANTUNES, 2013).

No desenvolvimento de uma titulação volumétrica clássica é utilizado um Erlenmeyer, onde são adicionados uma porção conhecida de titulado. Essa porção pode ser sólida ou líquida desde que antes da titulação esteja na forma de solução. Na solução da amostra adiciona-se também um indicador. A partir desse ponto titula-se a solução da amostra com a solução padrão, que geralmente, está em uma bureta (SKOOG, et al., 2006, PARRON et al., 2011). O ponto final da titulação sempre ocorre com a mudança de cor da solução do Erlenmeyer.

1.2.3 Ponto final versus ponto de equivalência

Uma das questões primordiais na volumetria é qual o momento ideal para encerrar uma titulação. Idealmente, o encerramento de uma titulação deveria ocorrer no ponto de equivalência. Ou seja, quando o número de mol de titulado e titulante fossem iguais.

Todavia, no método clássico o encerramento de uma titulação raramente coincide com o ponto de equivalência. Isso ocorre por alguns fatores, por exemplo:

- ❖ Capacidade limitada de visualização da mudança de cor do operador da titulação;
- ❖ Escolha do indicador que se baseia no erro e não no ponto de equivalência;
- ❖ Existência de indicadores ideais que mudam de cor exatamente no ponto de equivalência;
- ❖ Erro operacional, como qualidade da água e outros fatores.

Dessa forma, considera-se o ponto final de uma titulação no método clássico como experimentalmente aceitável o seu erro. Por isso, é comum encontrar na volumetria vários tipos de metodologias para se determinar do ponto final e de equivalência.

Especificamente, no caso dos métodos instrumentais o ponto de equivalência pode ser determinado de diversas formas. Por exemplo:

- ❖ Medida através da diferença de potencial elétrico entre um eletrodo indicador e um eletrodo de referência, denominada de titulação potenciométrica;
- ❖ Por modificação da condutividade elétrica da solução;
- ❖ Através da corrente que passa pela célula de titulação entre um eletrodo indicador e um eletrodo de referência despolarizado, mantido num potencial aplicado conveniente, chamado titulação amperométrica;
- ❖ Variação da absorvância da solução, denominada titulação espectrofotométrica (VOGEL et al., 2000).

1.2.4 Volumetria de neutralização

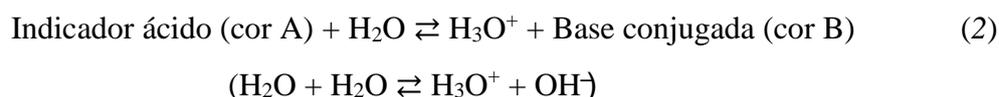
As titulações de neutralização (ou ácido-base) são baseadas nas reações completas entre substâncias ácidos e bases. Essas titulações são usadas há muito tempo em análises quantitativas (SOARES et al., 2021). Existem dois tipos de titulação ácido-base, a saber: alcalimetria e acidimetria. No primeiro caso, titula-se ácidos e sais de bases muito fracos com solução padrão de base forte; no segundo, são tituladas as bases e sais de ácidos fracos com solução padrão de ácido forte (SKOOG et al., 2006). Nas duas situações propostas o ponto de equivalência coincidirá com o ponto de neutralização se a reação ocorrer entre ácidos e bases fortes, em outras circunstâncias ocorre a hidrólise do sal produto da reação.

A volumetria de neutralização pode ser interligado aos outros métodos químicos, dentre esses métodos se destacam na literatura, as titulações espectrofotométricas de sistemas ácido-base utilizando extrato de flores contendo antocianinas realizada por Cortes et al. (2007), Antocianinas em extratos vegetais: aplicação em titulação ácido-base; identificação via cromatografia líquida/espectrometria de massas realizado por Guimarães et al. (2012) e aplicação em titulação ácido-base e identificação cromatográfica de antocianinas presentes em extratos vegetais para uso em práticas escolares realizado por Elias et al. (2015).

1.3 Indicadores Ácido-Base

Os indicadores ácido-base são substâncias naturais e/ou substâncias sintéticas que apresentam a propriedade de mudança de coloração de acordo com os valores do pH do meio. Os indicadores são moléculas cromóforas que absorvem na região do visível (corantes), cuja sensibilidade à concentração de íons H^+ permite indicar o grau de acidez

(equação 2). Esta propriedade deve-se ao fato de essas substâncias serem formadas de ácido fraco ou uma base fraca que entra em equilíbrio com a sua base ou ácido conjugado, onde o ácido fraco possui uma cor A, enquanto sua base conjugada possui outra cor B, isso acontece devido ao sistema cromóforo ser fortemente influenciado pelo grupamento ácido/básico decorrente de modificações estruturais complexas (PREVIDELLO et al., 2006).

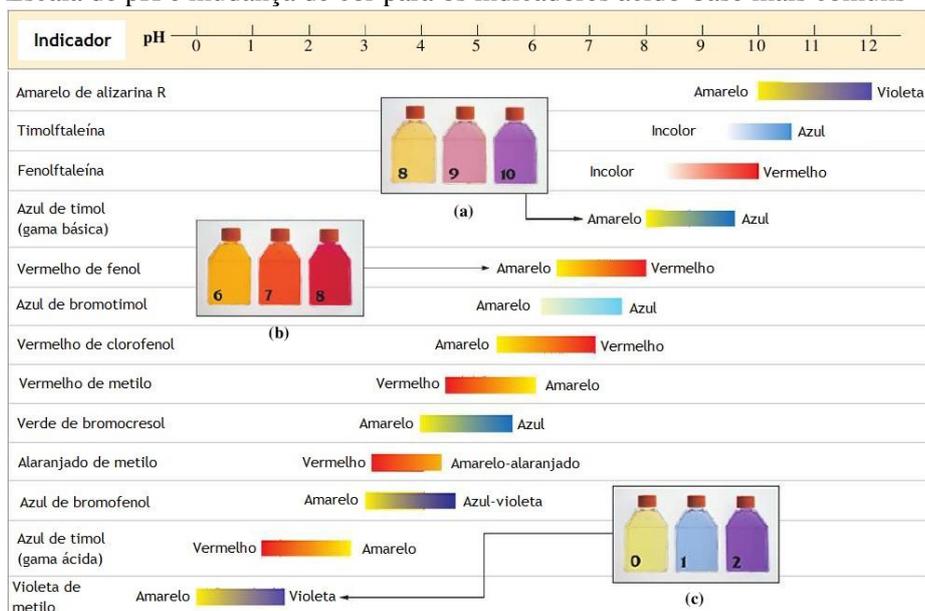


De acordo com o Princípio de Le Chatelier o indicador ácido-base interage com o composto de um ácido em equilíbrio com sua base conjugada e ao entrar em contato com uma solução ácida, aumentará a quantidade dos íons H_3O^+ no meio deslocando o sentido do equilíbrio para a esquerda para formar o ácido fraco. Entretanto se o indicador entrar em contato com um meio básico, os íons OH^- da solução básica reagirão com os íons H_3O^+ do indicador, diminuindo a concentração deles no meio.

Neste sentido, o uso de indicador inadequado pode ocasionar no erro de titulação, que consiste no erro químico causado pelo fato de os valores de pH no intervalo de transição do indicador serem diferentes do intervalo de transição para região de equivalência da curva de titulação (BARBOSA, 2005). Assim na Figura 1 estão representados os principais indicadores usados nos laboratórios.

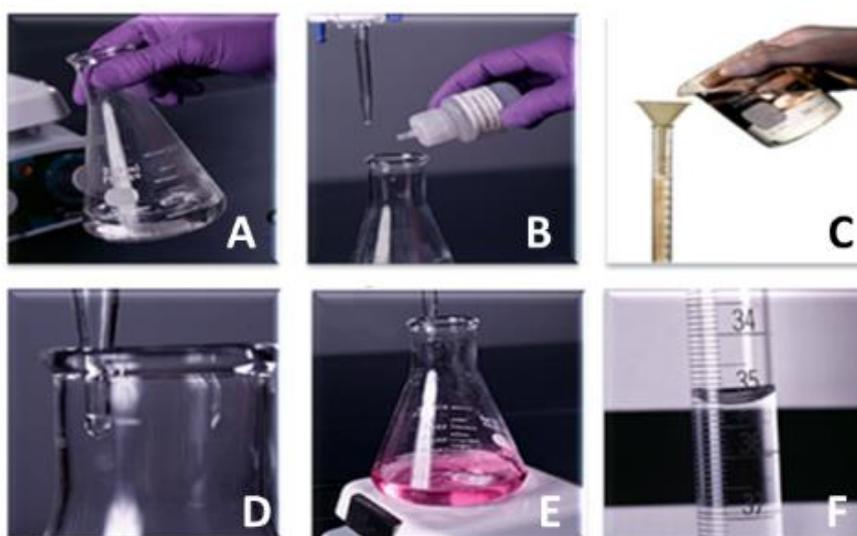
Em soluções aquosas, a escolha de um indicador adequado para uma titulação ácido-base ocorre por meio da faixa de pH em que este muda sua coloração. Essa transição deve coincidir com a faixa de pH que engloba o intervalo de equivalência da curva de titulação. Isso explica a utilização de diferentes indicadores para a mesma finalidade. Por exemplo, as faixas de pH dos indicadores fenolftaleína e púrpura de m-cresol são pH 8,0 – 10,0; pH 7,4 – 9,0, respectivamente, evidenciando que a fenolftaleína não pode ser usada em titulações que a viragem se dá em pH ácido (BARBOSA, 2005; SKOOG et al, 2006).

A mudança de coloração ocorre numa estreita, porém, bem definida faixa de pH (TERCI & ROSSI, 2002). Desta forma, são capazes de fornecer informações sobre as espécies químicas presentes e o pH do sistema em questão. A viragem de cor, na escala de pH, varia muito em função dos diferentes indicadores (VOGEL, 1992).

Figura 1: Escala de pH e mudança de cor para os indicadores ácido-base mais comuns

Fonte: Adaptado de Petrucci et al. (2011).

A Figura 2 apresenta uma titulação ácido-base com a utilização de um indicador para determinação do ponto de equivalência. De modo simples o procedimento inicia a partir (A) de uma solução que possui a concentração desconhecida (titulado) (SUSSUCHI et al., 2008) na qual é adicionado (B) um indicador ácido-base que pode ser fenolftaleína, violeta de metila, azul-de-bromofenol, alaranjado de metila, dentre outros (RUSSELL, 1981, TERRA & ROSSI, 2005, CUCHINSKI et al., 2010).

**Figura 2:** Exemplo ilustrativo de uma titulação ácido-base manual.

Fonte: Adaptado de <https://www.preparaenem.com/quimica/titulacao.htm>

A solução de concentração conhecida é colocada em uma bureta (C), para ser realizado o gotejamento da solução titulante sobre a solução titulada (D). O Ponto de equivalência (E) é o momento em que a quantidade adicionada de titulante, em mol, é exatamente igual àquela necessária para estequiometricamente reagir com o titulado (OSAWA et al., 2006). E por fim é feita a leitura (F) na bureta do volume de titulante gasto para descobrir a concentração desconhecida (SKOOG et al., 2006).

1.4 Tituladores Automáticos

Os tituladores automáticos vêm tomando espaço substituindo as titulações clássicas manuais devido à elevada precisão de operação. Esse tipo de titulador se deu a partir do proposto por Ziegel em 1914 no qual um dispositivo eletromagnético controlava uma bureta. Anos depois o titulador automático foi modificado, sendo controlado por um pistão (TERRA & ROSSI, 2005).

1.4.1 Principais vantagens da utilização dos tituladores automáticos

Machado JR (2019) em seu trabalho desenvolveu um titulador baseado na plataforma open source Arduino como ferramenta investigativa no ensino de química. Santana (2018) desenvolveu titulador automático em fluxo-batelada para a determinação de acidez total de vinhos tintos por meio da titulação ácido base. Assim também como Siqueira (2016) com o titulador automático baseado em filmes digitais para a determinação de dureza e alcalinidade total de águas minerais.

Soares et al. (2021) também trabalharam com titulador automático em fluxo-batelada utilizando um hardware de código fonte aberto Arduino. Soong et al. (2019) propõem uma configuração experimental de titulação atemporal por meio de automação e tecnologia robótica de código aberto, tornando a titulação acessível para alunos de todas as habilidades. Os autores promoveram titulação automatizada baseada em configurações de titulação de graduação existentes e aplicaram conceitos de design universal, juntamente com capacidade de conversão de texto em fala, tornando acessível o processo para alunos com deficiência.

Os tituladores automáticos apresentam características desejáveis como o custo menor, isso propicia a existência de sistemas dedicados, além de minimizar a influência do analista, tanto na etapa do preparo da amostra, quanto na obtenção do resultado para aumentar a sua confiabilidade e rastreabilidade.

Outro benefício no uso de tituladores automáticos é o registro do sinal analítico a cada adição do titulante, obtendo-se assim a curva de titulação de maneira que o ponto final poderá ser determinado, mesmo nas situações em que o salto potenciométrico não é intenso ou o sinal analítico no ponto de equivalência seja em função da concentração. (SOARES et al., 2021). Em geral esses tituladores são eficientes e precisos para determinar a concentração de analitos em amostras. Entretanto, há uma demanda por sistemas mais adequados para rotina, principalmente para pequenos laboratórios (OLIVEIRA et al., 2010).

1.4.2 Características gerais dos tituladores automáticos

Dos trabalhos citados anteriormente com a utilização de tituladores automáticos se destaca o trabalho de Soong et al. (2019), nele é apresentado a configuração de autotitulação UD controlado via Arduino. Na Figura 3 é representado o sistema utilizado pelo autor, onde na imagem (A) tem-se a ilustração geral do sistema, (B) a configuração de autotitulação com o servo conectado à torneira da bureta e controlado via Arduino. (C) Fixação do servo na torneira da bureta. A alça da torneira está presa no servo usando braçadeiras e tampado com um pequeno pedaço de tubo de silicone. (D) Configuração de hardware Arduino com escudo de expansão do sensor e 1Sheeld + módulo Bluetooth.

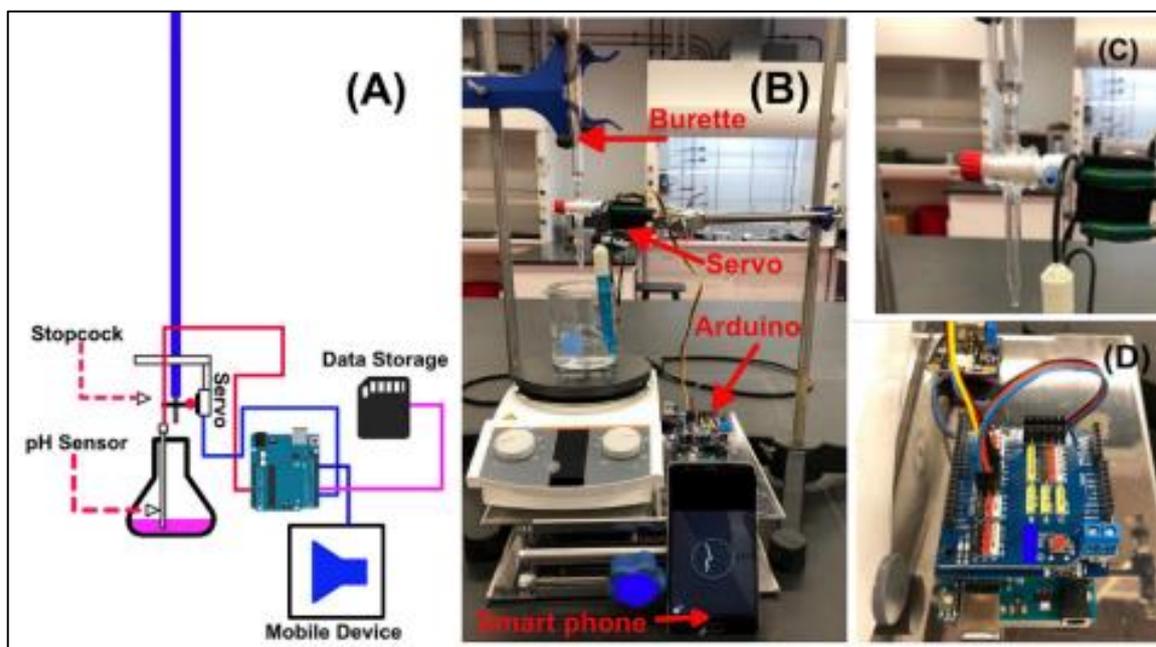


Figura 3: Ilustração representando a montagem de uma configuração de autotitulação UD adaptada de um equipamento de laboratório controlado via Arduino.

Fonte: Soong et al. (2019).

1.4.3 Tituladores automáticos reportados na literatura

As análises para a determinação de substâncias químicas são corriqueiras nos laboratórios, destas as que utilizam tituladores automáticos vêm apresentando um crescimento em trabalhos reportados na literatura. Para Santana (2018) a utilização de indicadores comuns muitas vezes infere em resultados insatisfatórios devido à dificuldade de se detectar o ponto final de viragem de uma titulação tradicional.

Dos trabalhos que visaram utilizar ou desenvolver um titulador automático se destaca o trabalho de Fernandes e Reis (2006) que desenvolveram um analisador em fluxo por multicomutação com detecção espectrofotométrica para a determinação de ácido tartárico em vinho tinto sem tratamento prévio da amostra. Gaião et al. (1999) propuseram um sistema automático de titulação por injeção em fluxo com detecção espectrofotométrica para a determinação da acidez total em vinhos brancos e tintos, utilizando púrpura de m-cresol como indicador ácido-base.

No trabalho de Honorato et al. (1999) foi proposto um titulador em fluxo-batelada para determinação espectrofotométrica da acidez de vinhos brancos com hidróxido de sódio utilizando m-cresol roxo como indicador. Garcia e Reis (2006) propuseram um procedimento automatizado para titulação fotométrica de vinho tinto, empregando multicomutação em fluxo-batelada. A detecção fotométrica foi realizada utilizando um fotômetro caseiro baseado em LED.

Torres et al. (2011) determinaram a acidez total de vinhos tintos por meio de titulação ácido-base sem o uso de indicador externo, explorando apenas as imagens capturadas com uma webcam. Reis e Lima (2017) desenvolveram um procedimento de titulação fotométrica totalmente automático, empregando um analisador em fluxo por multicomutação para determinação da acidez em suco de frutas, vinagre e vinho branco. Famularo et al. (2016) apresentam uma proposta de integração da instrumentação do laboratório de química na Internet industrial ao construir, programar e experimentar com um titulador automático.

Cotovicz JR et al. (2016) realizou comparações entre medições em tempo real da pressão parcial de dióxido de carbono – $p\text{CO}_2$ – em águas eutróficas da Baía de Guanabara utilizando um sistema de titulação automático. Bárbara et al. (2015), compararam de método titulométrico oficial com método titulométrico automático na determinação do cloro ativo presente nas águas sanitárias e hipocloritos. Mól (2015) em seu trabalho desenvolveu um titulador automático para caracterização de substâncias húmicas por supressão de

fluorescência em amostra de água natural na bacia hidrográfica do Rio Paranoá em Brasília. Oliveira et al. (2021) realizou investigações do teor de água no Biodiesel utilizado na composição do Diesel B comercializado por uma distribuidora de combustíveis em Manaus utilizando titulação automática. E por fim, o trabalho de Siqueira (2016) determinou a alcalinidade total em águas minerais com titulador automático baseado em filmes digitais.

1.5 Arduino: Conceito e Características

Em 2005 o Arduino surgiu na Itália com o objetivo de desenvolver projetos de design interativo para sistemas de prototipagem (GEDDES, 2017). O Arduino é uma placa de desenvolvimento de projetos (plataforma de hardware) que interage através de sensores específicos, podendo ser utilizados para leituras de variáveis como temperatura, intensidade sonora, pressão, distância etc. (SOUZA, et al., 2011).

O hardware consiste em um projeto simples de hardware livre para o controlador, com um processador Atmel AVR e suporte embutido de entrada/saída (MCROBERTS, 2018). Baseado no livro de Mc Roberts (2018) a placa de Arduino é uma plataforma de prototipagem open-source, seu software multiplataforma é flexível e fácil de usar. Ele é destinado para pessoas interessadas em criar objetos ou ambientes interativos com luzes, motores entre outros objetos eletrônicos.

O Arduino pode ser utilizado para desenvolver objetos interativos independentes, ou pode ser conectado a um computador, a uma rede, ou até mesmo à Internet para recuperar e enviar dados do Arduino e atuar sobre eles (SOUZA, et al., 2011). Este dispositivo pode ser conectado a LEDs, displays (mostradores) de matriz de pontos, botões, interruptores, motores, sensores de temperatura, sensores de pressão, sensores de distância, receptores GPS, módulos Ethernet ou qualquer outro dispositivo que emita dados ou possa ser controlado (SOUZA, et al., 2011; MCROBERTS, 2018).

Dos principais modelos de Arduino existentes, se destacam o NANO de pequeno porte, Duemilanove, UNO de médio porte, Mega1280 e Mega2560 de grande porte. Essas placas apresentam baixo valor comercial e utilizam um sistema operacional de código aberto (MACHADO JR, 2019). O Arduino UNO (Figura 4) é do tipo open source (no qual os projetos podem ser copiados gratuitamente), essa simples placa apresenta inúmeras funcionalidades (GEDDES, 2017).



Figura 4: Placa do Arduino UNO e seus componentes detalhados.
Fonte: Mota (2017).

Para a programação do Arduino é utilizado o IDE (do inglês Integrated Development Environment – Ambiente de Desenvolvimento Integrado), um software livre no qual se escreve o código na linguagem que o Arduino compreende. O IDE (Figura 5) permite a comunicação do programa de computador, onde é feito o upload para o Arduino. No mundo do Arduino, programas são conhecidos como sketches (rascunho, ou esboço). O hardware e o software do Arduino são ambos de fonte aberta, podendo ser utilizados livremente por qualquer pessoa e com qualquer propósito (GEDDES, 2017; MCROBERTS, 2018).

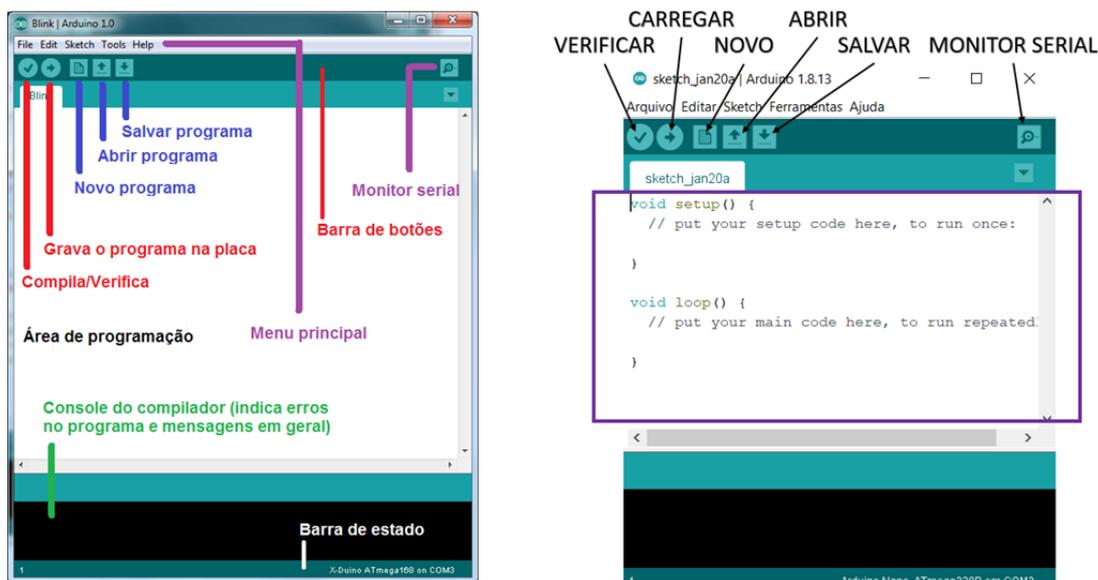


Figura 5: Detalhes do sistema do Software do Arduino IDE.
Fonte: Professora Keila, 2018.

Nesta placa o microcontrolador ATmega328 é utilizado. Ele dispõe de 32KB de memória flash e 2KB de SRAM. De maneira simples a memória flash é o local na qual nosso programa será salvo, já a SRAM é a memória na qual nossas variáveis serão salvas (SOUZA, et al., 2011; MOTA, 2017). A diferença básica entre esses dois tipos de memória é que a flash não perde seus dados caso o Arduino seja desligado ou reiniciado o mesmo não é válido para a SRAM (MOTA, 2017). Além do hardware é necessário a instalação do software Arduino IDE.

O Arduino apresenta seu funcionamento similar ao computador tradicional, com capacidade de compreender instruções através das entradas controlando os sistemas automáticos. Nesse processo, a programação é feita no software Arduino IDE que é um software responsável por comandar as orientações descritas pelo operador (MCROBERTS, 2018).

O software Arduino (IDE) de código aberto facilita a gravação de código e o upload para a placa. Ele é executado no Windows, Mac OS X e Linux. O ambiente é escrito em Java e baseado em Processing e outro software de código aberto (MOTA, 2017; MCROBERTS, 2018). Para maiores informações sobre hardware, software, produtos, linguagem, comunidade e suporte técnico, a empresa Arduino conta com seu próprio ambiente virtual (MCROBERTS, 2018).

1.6 Bomba Peristáltica: Conceito e Funcionamento

As bombas peristálticas (Figura 6) são também chamadas de bombas tubulares ou bombas de roletes. Recebem esse nome devido o tipo de movimento que realizam, similares ao movimento natural do sistema digestório, que é responsável pelo deslocamento do alimento no interior no intestino, o peristaltismo (MORAES, 2016; PINHEIRO, et al. 2018)

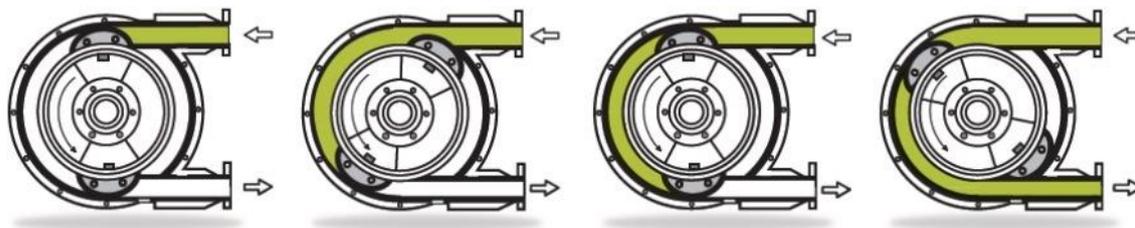


Figura 6: Princípio de funcionamento de uma bomba peristáltica genérica

Fonte: https://arcomprimido.com.br/funcionamento_bombas_peristalticas/

Segundo Martins et al. (2016) o princípio de funcionamento é bastante simples, a saber: o fluido que está contido em uma mangueira flexível, instalada em contato com o rolamento do rotor da bomba, é succionado através da geração de vácuo após o movimento peristáltico, o qual comprime a mangueira contra a carcaça da bomba, expelindo o produto na outra extremidade da mangueira e definido o sentido de bombeamento.

A principal função do modelo de bomba por movimentos peristálticos é a isenção do contato do produto com os componentes internos, o que permite sua utilização em determinados processos em que a contaminação do produto pode levar a perda do lote produzido, como aplicações químicas e principalmente farmacológicas e médicas (MARTINS, 2016; LOPES, 2020).

1.7 Ensino de Química

1.7.1. O Ensino-aprendizagem de Química

A disciplina de Química no ensino médio é de grande importância para a formação do aluno, essa disciplina também é um dos pilares dos principais vestibulares de maior relevância das principais áreas. Entretanto, os alunos não têm demonstrado interesse pela área principalmente pelo excesso de aulas tradicionais e com certo desprezo com as aulas experimentais por parte dos docentes (MATEUS, 2010)

Durante o processo de ensino e aprendizagem de química muitos professores e educadores não se preocupam com a natureza do processo de ensino-aprendizagem do aluno, realizando esta etapa sem embasamento da psicologia e suportes teóricos básicos, esta se faz fundamental tornando essencial o conhecimento do processo de ensino-aprendizagem, considerada a didática das ciências, a mais valorizada durante a formação do professor (VASCONCELOS et al., 2003).

Machado JR (2019), afirma que o objetivo da experimentação no ensino de química é motivar o aluno a se interessar pela investigação científica. Deste modo, o titulador automático surge como uma alternativa didática que pode ser empregado no Ensino médio para turmas de 2º ano. O local para o desenvolvimento deste projeto demanda-se de um espaço adequado para essa aula experimental mesmo se tratando de um projeto que envolva menor contato humano.

Como apontando anteriormente os embasamentos teóricos no ensino-aprendizagem são de suma importância, estes são aspectos intrínsecos do humano, no contexto psicológico, sociocultural. Para Peres et al. (2017) a psicologia é fundamental para o ensino-aprendizagem na medida em que seus enfoques demonstram para melhor entender como os processos de aprendizagem se sucedem. Entretanto, o Novo Ensino Médio tem uma retomada para a reformulação de atividades escolares e extras-escolares, sendo esta a pauta da discussão neste trabalho.

1.7.2. O Novo Ensino Médio

Após a medida provisória nº 746/16, e com a Lei nº 13.415/17 a implantação do Novo Ensino Médio entrara em vigor no ano de 2022. Dessa forma a nova proposta do novo ensino médio apresentada aos alunos e professores propõe a interdisciplinaridade e a construção do projeto de vida dos alunos, um ensino voltado para as áreas de conhecimento em que o aluno preferir estudar, como opção para a sua formação (BRASIL, 2016).

Essas novas disciplinas implementadas possibilitam ao docente a aplicação de novas metodologias para a aplicação desses novos conteúdos, a partir disso, abrindo novas portas para a busca de outros meios de ensino-aprendizagem (BRASIL, 2016).

Na nova grade curricular da disciplina de Química a ementa apresenta atualizações em virtude das sugestões para o novo ensino médio. Seguindo estas recomendações a Proposta Curricular e Pedagógica do Ensino Médio para o Estado do Amazonas implementa conteúdos específicos como:

- os problemas e soluções associados à reciclagem do lixo;
- tratamento de água e esgoto;
- impactos ambientais;
- o vazamento de petróleo;
- Química Verde e a Química Ambiental no Amazonas (AMAZONAS, 2021).

É sabido que a Química apresenta uma linguagem específica, que utiliza de representações simbólicas como forma de comunicação dos conceitos, como o uso de equações químicas, fórmulas e os modelos (BENITE et al., 2017). Outro recurso do ensino de Química é uso das práticas laboratoriais utilizadas pelos docentes como alternativa para dinamizar os conteúdos estudados, além de praticar conceitos aplicados na sala de aula. A

experimentação é essencial o ensino das ciências, estas atividades nos laboratórios permitem uma maior interação entre o professor e os alunos, oportunizando para os alunos a melhor compreensão dos processos das ciências exatas (MORAES 2008; BENITE et al., 2017).

Deste modo, o trabalho aqui proposto apresenta-se como estratégia para a aplicação de novas tecnologias nas práticas de laboratórios. A utilização do titulador automático controlado por Arduino UNO em aulas práticas de Química Ambiental para alunos de Ensino Médio diversifica as práticas tradicionais, insere princípios do ensino 4.0 e auxilia na compreensão de questões ambientais, especificamente a qualidade da água.

1.7.3 O Ensino de Química Ambiental

A Química Ambiental é um ramo da Química relacionada ao estudo da ação das reações químicas (naturais ou ação antrópicas) que acontecem no cotidiano contra o meio ambiente. A Química Ambiental, pode ser definida de várias maneiras, para Mozeto e Jardim (2002) a Química Ambiental estuda os fenômenos químicos que ocorrem na natureza, sejam esses processos naturais ou antrópicos, que possam comprometer a saúde da humanidade e do planeta. Esta linha de estudo procura compreender os danos causados por substâncias químicas à fauna e a flora assim também sobre o clima. Dentre outros assuntos envolvendo problemas naturais citamos o aquecimento global, efeito estufa, buraco na cama de ozônio e etc.

Atualmente há maior discussão com relação a Química Ambiental instigando maior número de pesquisa relacionados ao meio ambiente. Os projetos envolvendo a multidisciplinaridade com a química e o meio ambiente vem crescendo e se tornando mais comum no âmbito escolar, intitulado como ensino da Química Ambiental. Esta área está contemplada na nova proposta curricular no Novo Ensino Médio como complemento para formação do cidadão possibilitando transcender e incluir a química na formação humanística contribuindo na educação ambiental e conscientização da relação humanidade com o meio ambiente.

De acordo com o 1º artigo da Lei 9.795 de 27 de abril de 1999, a Educação Ambiental é entendida como suporte ao indivíduo para a construção dos valores sociais, conhecimentos e habilidades voltadas para a preservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999). Para Puga (2014) o ensino da Química Ambiental é considerado importante desde 1972 nas Organização das

Nações Unidas (ONU) servindo como base para discussões e conferências acerca da temática da Educação Ambiental. O 2º artigo da Lei 9.795 de 27 de abril de 1999 citada anteriormente, aponta importância da educação ambiental nas escolas e no plano escolar nacional, sendo este um componente essencial no ensino dos cidadãos, apresentando-se de forma planejada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo (BRASIL, 1999).

Para Pereira et al. (2010) é imprescindível a valorização de um ensino a ciências, no qual os conteúdos da Química precisam ser inter-relacionados aos temas atuais do cotidiano, como por exemplo aos processos naturais. A partir disso, o ensino de Química Ambiental pode ser relacionado a duas abordagens que buscam ampliar e englobam os aspectos demandados no ensino a ciência e tecnologia na sociedade: as abordagens da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) que será discutido a seguir.

1.7.4 Educação Ambiental: CTS e CTSA

A Educação Ambiental apresentada nas escolas é motivada pela ausência na educação básica e principalmente devido a conscientização com a preservação do meio ambiente. Na sociedade moderna a procura por respostas para diversos questionamentos exigem mais estudos, dentre essas indagações está o tema o meio ambiente, que provoca discussões na sociedade com a finalidade de solucionar ou minimizar o problema gerados pelas ações antrópicas. E um dos ramos que vem ganhando corpo em vários setores da sociedade, é a Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

A abordagem CTS foi uma proposta pedagógica que surgiu na década de 60 como alternativa de compreender as relações entre as Ciência, Tecnologia e Sociedade, que depois iniciou um caminho voltado às interações com o meio ambiente, surgindo uma nova vertente chamada CTSA que significa Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, com a adição da letra “A” de Ambiente (SANTOS, 2007). No contexto CTSA o docente dispõe de um modelo de ensino tradicional desenvolvendo assuntos de química relacionados com temas sociais e culturais, gerando propostas para a resolução dos problemas relacionados com o meio ambiente. Auler (2013) defende a relevância da atuação efetiva dos docentes na elaboração de currículos que vinculem o âmbito escolar com a realidade social e cultural do aluno.

A abordagem CTS e CTSA tem gerado diversos estudos voltados na formação acadêmico dos professores, com temas voltados principalmente com o meio ambiente, como temas relacionados com a qualidade do ar e da água, mudanças climáticas, aquecimento global, entre outros e temas relacionados aos produtos naturais. Para Sousa et al. (2019) diversos pontos educacionais podem ser atribuídos ao ramo do CTS e CTSA tais como: Alfabetização Científica, Letramento Científico, Educação para a Sustentabilidade.

Os pressupostos do movimento CTS têm se ampliado em toda sociedade e, principalmente, vêm recebendo cada vez mais adeptos na área educacional (PINHEIRO et al., 2007). Para Karasek & Nobre (2019) e Prsybyciem (2015) o CTS e CTSA são ações favorecem a compreensão do todo, possibilitando a formação de um sujeito ativo, crítico, que sabe questionar, argumentar e exercer seu papel como cidadão, nesta perspectiva o tipo de metodologia aplicada é fundamental para a interdisciplinaridade. Mais um aspecto importante da educação CTSA é o incentivo à habilidades relacionadas com a comunicação e aos trabalhos científicos, a partir de argumentação e raciocínio dos alunos (CONRADO, 2017). Segundo Fernandes et al. (2018), os autores apontam que o ensino com enfoque CTSA deve apresentar uma orientação contextualizada e compreensível para os estudantes, promovendo desta forma um melhor aproveitamento da aprendizagem.

Os autores Vargas Costa (2021) e Conrado (2017) complementam que o desenvolvimento de metodologias e atividades curriculares contextualizadas com temáticas variadas, com uma pedagogia de projetos com temáticas no contexto cultural e social do aluno, além de ampliar conhecimentos prévios e estimular a curiosidade, o interesse entre os estudantes, tornam o processo de ensino-aprendizagem e desenvolvimento do indivíduo mais efetivo. De acordo com Pinheiro et al. (2022) a prática educativa contextualizada incentiva estudantes para melhor compreensão dos conteúdos, e afirma que a educação CTSA possibilita o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo, contribuindo para a formação de um indivíduo mais consciente e capacitado.

É importante ressaltar que a abordagem CTSA apresenta algumas limitações, uma delas é a falta de preparo dos docentes que não apresentam capacitação para ministrar ou desenvolver projetos, outra limitação é a sobrecarga da ementa da disciplina e muitas vezes a resistência dos alunos às metodologias não tradicionais (PINHEIRO et al., 2022).

Bloss et al. (2020), apontam a importância da abordagem CTSA que possibilita o aprofundamento de discussões em análise teórico conceitual com reflexões sobre as

metodologias de ensino. Assim, a educação na abordagem CTSA tem grande potencialidade para ser aplicada em muitos temas e práticas de ensino principalmente no Novo Ensino Médio, necessitando apenas da compreensão e responsabilidade dos alunos e professores os protagonistas desta nova proposta da educação.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- ❖ Construir um titulador automático com o auxílio de uma placa de Arduino UNO para a determinação da acidez de sistemas aquáticos de diferentes localidades de Parintins/AM, como proposta de aplicação do ensino experimental às aulas de Química Ambiental para alunos do Ensino Básico.

2.1 Objetivos específicos

- ❖ Montar um sistema de titulação automática acoplado à placa de Arduino UNO e avaliar os principais parâmetros da titulação automática;
- ❖ Desenvolver a lógica de programação do comando de controle do Arduino IDE para a titulação automática;
- ❖ Calibrar o pHmetro e a bomba peristáltica do sistema automático;
- ❖ Realizar titulação com sistema de titulação automática para a determinação de acidez da água de diferentes localidades de Parintins/AM;
- ❖ Realizar os tratamentos de dados para as comparações dos métodos de titulações clássica e automática;
- ❖ Propor uma revisão sucinta, sistemática e qualitativa de ensino experimental no âmbito escolar;
- ❖ Elaborar uma prática de ensino experimental para os alunos de Ensino Médio nas aulas de Química Ambiental.

3. METODOLOGIA

O trabalho aqui proposto se dividiu em duas etapas, a primeira etapa denominada de treinamento/testagem, que ocorreu no Laboratório de Laboratório de Pós-Graduação em Química Analítica na Universidade Federal do Amazonas-Manaus. Nesta etapa foram realizados os testes e padronizações das titulações clássica e automática, como também as etapas de montagem dos sistemas com a orientação supervisionada do orientador Dr. Genilson e para os estudos da execução do Arduino IDE o apoio do Engenheiro de Controle e Automação, Nedem Pereira da Silva, especialista na área. O desenvolvimento da segunda etapa deste trabalho, a etapa mais importante, ocorreu no Laboratório de Ensino de Química do Centro de Estudos Superiores de Parintins-CESP na Universidade do Estado do Amazonas-UEA. Nesta segunda etapa foram desenvolvidas as práticas de validação do titulador clássico e automático, assim também como a demonstração do método através de uma prática na escola de Ensino Básico.

3.1 Materiais e equipamentos utilizados

3.1.1 Reagentes e Soluções

Para a realização deste trabalho estão listados os seguintes reagentes, equipamentos e procedimentos, seguidos por uma breve descrição das respectivas funcionalidades de alguns desses materiais, bem como a assepsia das vidrarias assim também como no preparado das soluções. São eles:

- ❖ Hidróxido de sódio (NaOH, sólido, marca Synth);
- ❖ Indicador fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$, Vetec P.A ACS);
- ❖ Amostras de água coletada em Parintins (Detalhado em na seção 3.4).
- ❖ Solução de 1,00 L de uma solução 0,097 mol. L⁻¹ de NaOH;
- ❖ Solução de 1,00 L de uma solução 0,100555 mol. L⁻¹ de NaOH;
- ❖ Solução de 50,00 mL do indicador fenolftaleína 1,0%;

3.1.2 Equipamentos, aparelhos analíticos e vidrarias

Para a análise e condução laboratorial desse trabalho, serão utilizados os seguintes equipamentos e aparelhos:

- ❖ Agitador magnético, marca Fisatom;

- ❖ Balança analítica; marca Master, modelo AY220 (220 - 0,0001 g);
- ❖ Placa Arduino UNO (seção 3.1.3);
- ❖ Protoboard (seção 3.1.4);
- ❖ Bomba peristáltica (seção 3.1.5);
- ❖ pHmetro (seção 3.1.6);
- ❖ Notebook: Arduino IDE (seção 3.1.7);
- ❖ Sistema proposto para titulação automática (seção 3.2);
- ❖ E vidrarias em geral.

3.1.3 Característica da placa Arduino UNO

Considerando os diferentes tipos disponíveis no mercado, optou-se por uma placa Arduino modelo UNO SMD Editions, conforme ilustrado na Figura 7, devido seu baixo custo e facilidade de uso e de se estabelecer comunicação com o computador através de sua entrada USB. Este modelo faz parte da família ATMEGA328, apresenta 14 entradas e saídas digitais, das quais 6 podem ser usadas como PWM (Pulse Width Modulation) significa Modulação por Largura de Puls. Possui porta USB para upload da programação, comunicação e alimentação. O Arduino UNO servirá como um sistema operacional de desenvolvimento de protótipos a partir de prototipagem do hardware livre, sendo o elemento principal para a leitura e transmissão do código da programação.



Figura 7: Placa Arduino UNO SMD.

3.1.4 Descrição de uma Protoboard

A placa protoboard (Figura 8) é uma base utilizada na montagem e construção de protótipo de um aparelho eletrônico, ela é eficaz devido não necessitar de soldagem garantindo segurança e eficiência dos diversos projetos. A protoboard juntamente com o Arduino possibilita construir circuitos complexos. Os circuitos são ligados através de pequenos fios denominados de jumpers, podendo ser conectados e desconectados temporariamente na protoboard. Geralmente, uma protoboard pode apresentar quatro matrizes dependendo do modelo este número pode mudar. A protoboard utilizada neste trabalho apresenta 400 pinos, sendo 100 pontos de distribuição e 300 pontos de conexão terminal (0,3 a 0,8 mm, 20 a 29 AWG), com tensão máxima 500VAC por minuto, com fios jumpers e transistores.

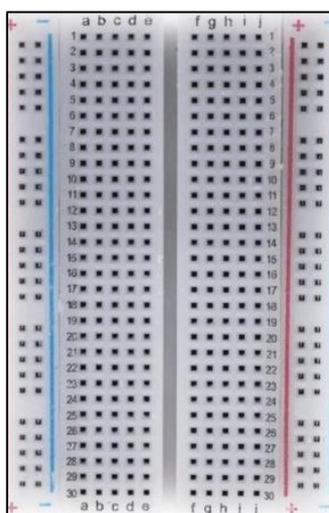


Figura 8: Placa de protoboard utilizada com o sistema automático.

3.1.5 Parâmetros da Bomba peristáltica

Optou-se por uma bomba peristáltica do tipo de roletes constituída por um motor e montagem mecânica em virtude de sua praticidade. A Figura 9 refere-se ao modelo GROTHEM DC 12V utilizado neste projeto. A bomba emprega três roletes, este consiste em um tubo de silicone, posicionado dentro de uma caçapa com 2 roletes que, ao girarem, impulsionam o fluido do interior do tubo para frente, este apresenta uma tensão de operação de 12V e uma corrente nominal de 110mA, proporcionando assim um baixo consumo e um fácil controle.



Figura 9: Bomba peristáltica.

3.1.6 Sensor de pH

No Laboratório de Pós-Graduação em Química Analítica na Universidade Federal do Amazonas-Manaus, foi utilizado um Sensor Smart (pHmetro) do modelo AS218 acoplado ao titulador automático controlado com o Arduino. O pHmetro é responsável pela determinação do valor do pH, baseada em um bulbo de vidro sensível a íons de hidrogênio é responsável pela medição direta do pH valor na escala de 0 a 14, gerando um sinal de tensão associado a acidez reproduzido no painel do pHmetro (Figura 10).



Figura 10: Sensor Smart de pH do modelo AS218.

3.1.7 Notebook (Arduino IDE)

O Notebook utilizado para a execução dos comandos do Arduino IDE é da marca Acer Aspire 5 A515-54-57CS Intel Core i5 10210U 15,6" 8GB SSD 256 GB Windows 11

da Acer vem com o sistema operacional Windows 11, aspire 5 com resolução Full HD. A interface utilizada para controlar os comandos enviados ao Arduino UNO que controla a bomba peristáltica é o Arduino IDE 2.1.1 com 559 MB (Figura 11). O desenvolvimento da programação está discutido com mais detalhes nas seções 3.2.3 e 3.2.4.

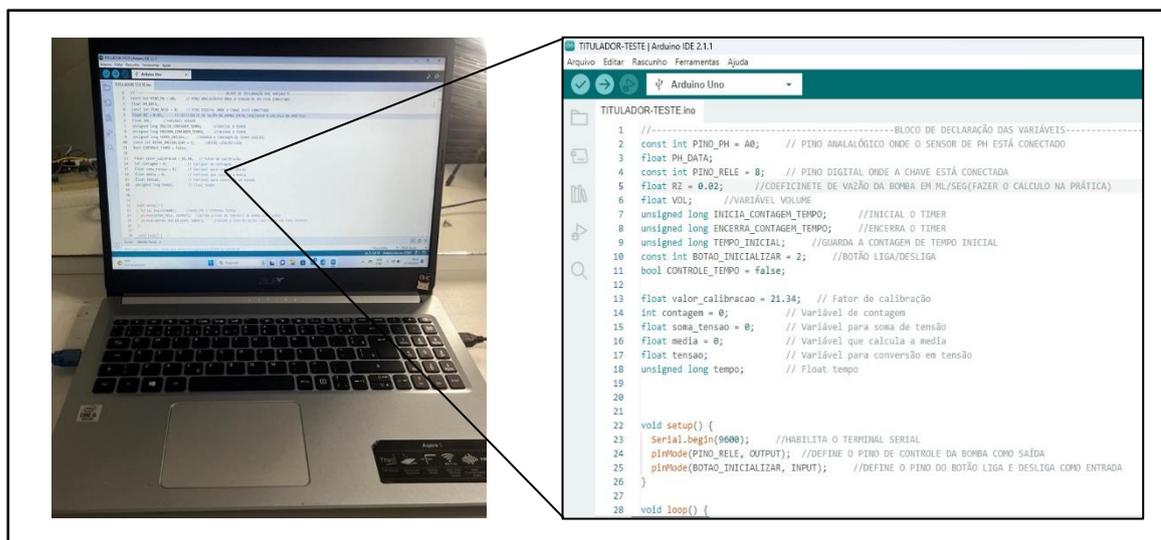


Figura 11: Notebook e o sistema operacional do Arduino IDE.

3.2 Procedimento Analítico

3.2.1 Construção do Titulador Automático

A montagem do titulador automático se deu no Laboratório de Química Analítica (LQA), localizado no setor norte do prédio da Universidade Federal do Amazonas-Manaus. Posteriormente o equipamento foi transportado para o Laboratório de Ensino de Química do Centro de Estudos Superiores de Parintins-CESP na Universidade do Estado do Amazonas-UEA, no município de Parintins, 372 Km da capital. Para a montagem do titulador foi utilizado uma base de isopor de 20x15x5 cm, nela foram acoplados a placa de Arduino UNO, Protoboard e a bomba peristáltica, uma mangueira de silicone com diâmetro interno de 2 mm a um becker de 250 mL com o titulador e a outra ponta da mangueira com a amostra de água a ser titulada em outro becker de 200 mL. E os fios para conexão, do Arduino, protoboard com o Notebook. O pHmetro foi acoplado no Arduino para a titulação

potenciométrica somente para a validação do método (ver com mais detalhes na seção 3.6). Para o desenvolvimento da titulação automática o pHmetro não será utilizado (Figura 12).

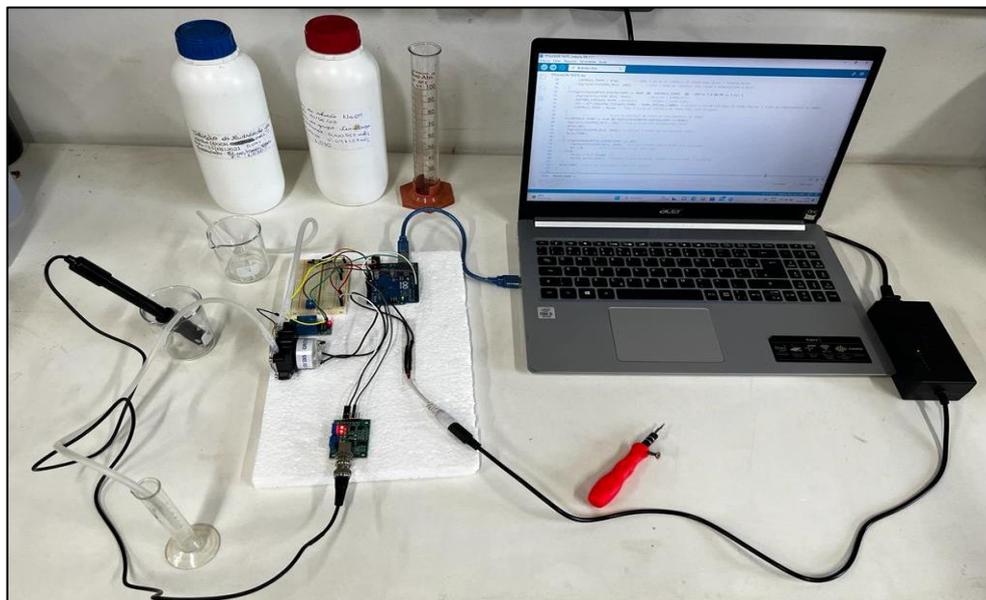


Figura 12: Montagem do titulador automático com Arduino.

3.2.2 Descrição do sistema operacional do titulador automático

O hardware consiste em três módulos principais: o módulo de aquisição, o módulo de controle e a bomba peristáltica. No módulo de aquisição, há um sensor de pH que coleta a variação de resistência da sonda de pH. Essa variação é transformada em tensão e enviada para a saída do sensor. O módulo de controle, que é composto pela placa Arduino UNO, recebe os dados do módulo de aquisição e trata as informações para determinar o pH da solução que está sendo estudada. A terceira parte do protótipo é a bomba peristáltica, que é controlada por um sinal enviado ao relé. O relé isola o sistema devido à diferença significativa de tensão entre a bomba e o Arduino. Além disso, há um botão de ligar/desligar para controlar o funcionamento da bomba.

Na prática, a bomba peristáltica é responsável por introduzir a solução titulante na solução titulada. Através do sensor de pH, é possível fazer a determinação do valor do pH do meio reacional. Quando o valor do pH atinge 7.0, o Arduino UNO envia o comando para desligar a bomba peristáltica. No ambiente de desenvolvimento do Arduino, é possível verificar o volume gasto na reação de titulação. Essa informação é utilizada para construir a curva de titulação por meio de uma planilha do Excel.

O código apresentado é responsável por ler os dados do sensor de pH, converter a leitura em valor de pH, controlar o funcionamento da bomba peristáltica com base no valor de pH e calcular o volume utilizado durante a titulação. O código também permite ligar e desligar o sistema através de um botão. Os valores de pH, volume e outras informações relevantes são exibidos no terminal serial do Arduino.

3.2.3 Programação da plataforma Arduino

O código apresentado trata de um sistema que faz a titulação automática utilizando um microcontrolador Arduino. O objetivo é manter o pH da solução em um nível desejado, garantindo uma determinada quantidade de uma substância que é dissolvida em uma amostra. Assim, com a adição controlada de reagentes em um volume conhecido, é possível monitorar a reação química por meio da detecção de mudança de pH através de um sensor apropriado (Sensor De pH 4502c).

A nível de hardware e software, o sistema deste trabalho consiste em um sensor de pH conectado a uma porta analógica A0 do Arduino. O sensor converte a leitura do pH em um sinal elétrico que é lido pelo microcontrolador e convertido em um valor de pH. A partir disso, o sistema verifica se o valor está dentro do intervalo desejado (entre 7,0 e 7,2). Caso o valor do pH esteja fora do intervalo desejado e o botão de inicialização esteja acionado, o sistema aciona uma bomba que é responsável por injetar uma solução básica para o mesmo.

O tempo de funcionamento da bomba é calculado via software, levando em consideração o coeficiente de vazão da bomba (determinado por amostragem) e o tempo decorrido entre a inicialização e a finalização da operação da bomba. O volume de solução injetado é calculado a partir desse tempo multiplicado pelo coeficiente de vazão e é apresentado no terminal serial do Arduino. A bomba é desligada automaticamente caso o botão de inicialização seja desligado, que também reseta o valor de volume adicionado para zero, ou o pH atinja o intervalo desejado.

3.2.4 Coeficiente de Vazão da Bomba

A determinação do Coeficiente de Vazão da Bomba (CVB) envolve a coleta de dados em um determinado intervalo de tempo e, em seguida, o uso desses dados para criar um modelo matemático que descreve o comportamento do sistema. No caso da bomba utilizada

neste trabalho, utilizou-se de um tempo de 300 s (05 min) e assim determinou-se o volume obtido neste intervalo e um delay de 2000 ms fornecido pelo Arduino UNO.

Na tabela estão os valores obtidos para a determinação do coeficiente de vazão da bomba utilizada neste. Depois de coletar os dados, foram plotados os valores do volume e de tempo de bombeamento utilizando regressão linear para encontrar o melhor CVB que se ajusta aos dados coletados. Com base nesses dados, foi possível determinar o volume de água bombeado em cada caso.

Os resultados obtidos foram utilizados para calcular o coeficiente de vazão do sistema, que foi de 0,02 mL/s. No entanto, é importante ressaltar que a precisão do coeficiente de vazão depende de diversos fatores, como a precisão do cronômetro, a calibração da bomba de água, entre outros. O coeficiente de vazão da bomba faz parte da lógica de programação do software Arduino IDE (Figura 13).

```

TITULADOR-TESTE.ino
1 //-----BLOCO DE DECLARAÇÃO DAS VARIÁVEIS-----
2 const int PINO_PH = A0;    // PINO ANALÓGICO ONDE O SENSOR DE PH ESTÁ CONECTADO
3 float PH_DATA;
4 const int PINO_RELE = 8;   // PINO DIGITAL ONDE A CHAVE ESTÁ CONECTADA
5 float RZ = 0.02;          //COEFICINETE DE VAZÃO DA BOMBA EM ML/SEG(FAZER O CALCULO NA PRÁTICA)
6 float VOL;                //VARIÁVEL VOLUME
7 unsigned long INICIA_CONTAGEM_TEMPO;    //INICIA O TIMER
8 unsigned long ENCERRA_CONTAGEM_TEMPO;    //ENCERRA O TIMER
9 unsigned long TEMPO_INICIAL;            //GUARDA A CONTAGEM DE TEMPO INICIAL
10 const int BOTAO_INICIALIZAR = 2;       //BOTÃO LIGA/DESLIGA
11 bool CONTROLE_TEMPO = false;
12

```

Figura 13: O coeficiente de vazão da bomba visto no software Arduino IDE.

3.3 Determinação da Precisão do Sensor de pH

Determinação da precisão do sensor de pH acoplado ao Arduino UNO através da padronização da solução de NaOH com biftalato de potássio padrão primário. Foram utilizados: Biftalato de potássio ($C_8H_5KO_4$) 99,95% (m/m) de pureza (MM 204,22 g/mol); (BF) e Solução padrão de hidróxido de sódio (NaOH) 0,097 mol/L

Princípio da equivalência

$$n^{\circ} \text{ mol } C_8H_5KO_4 = n^{\circ} \text{ mol NaOH}$$

$$\frac{m(g) \text{ biftalato}}{MM(g/mol) \text{ biftalato}} = [NaOH] \cdot V_b$$

$$m_{BF} = MM_{BF} \cdot [NaOH] \cdot V_b$$

$$m_{BF} = 204,22 \frac{g}{mol} \cdot \frac{0,097 mol}{L} \cdot 10 mL \cdot \frac{1 L}{100 mL}$$

$$m_{BF} = 0,19 g \text{ de biftalato de potássio.}$$

A massa de biftalato de potássio foi determinada por meio de uma balança analítica e transferida para Erlenmeyer, adicionada água destilada suficiente para o preparo de 20 mL de solução. Posteriormente transferidos para um béquer. Foram transferidos 25 mL de solução padrão de hidróxido de sódio (NaOH) 0,097 mol/L para a bureta no aparato da titulação. A sonda do sensor de pH ajustado ao Arduino UNO foi adicionada ao béquer contendo a solução de biftalato de potássio. Feita a leitura do pH através do Arduino IDE. Iniciada a titulação os valores de pH foram registrados em uma planilha de Excel.

3.4 Coleta de Amostras de Água

A coleta de água foi realizada no município Parintins, Amazonas. Foram utilizadas garrafas PET (Polietileno tereftalato) de 600 mL (Figura 15) para as coletas que foram higienizadas com água e sabão. Sendo descontaminadas com solução de ácido nítrico (HNO₃ a 10% v/v), conforme procedimentos definidos pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (BRANDÃO et al., 2018), para assim serem acondicionadas em bolsa térmica após cada coleta. As coletas foram realizadas em três localidades da cidade de Parintins (Figura 14), sendo uma em um corpo hídrico que compõem a hidrografia do município de Parintins, uma em escola pública de ensino médio e por fim na Universidade do Estado do Amazonas. Abaixo serão descritos com maior detalhe os locais de coleta.

- a) Universidade do Estado do Amazonas (UEA), localizada na Estrada Odovaldo Novo, 4768 Djard Vieira, Parintins – AM, 69152-510.
- b) Lagoa da Francesa: localizada na zona leste do município de Parintins/Am, banhando os bairros de Santa Clara, Francesa, Santa Rita, parte do Palmares e Castanheira
- c) Escola Estadual Tomaszinho Meirelles (GM3): localizada na Rua Fausto Bulcão, s/ n, no bairro Emílio Moreira.



Figura 14: a) Universidade do Estado do Amazonas (UEA); b) Lagoa da Francesa; c) Escola Estadual Tomaszinho Meirelles (GM3).

Após as coletas as amostras foram decodificadas como A1 para amostra coletada na Universidade do Estado do Amazonas, amostra A2 para a coletada na Lagoa da Francesa e a amostra A3 para amostra coletada na Escola Estadual Tomaszinho Meirelles. A amostra A2 é considerada amostra bruta coletada diretamente do rio, essa amostra não apresenta nenhum tipo de tratamento para o consumo humano, e a amostra A3 a única que recebe tratamento Municipal pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Parintins – SAAE.



Figura 15: Ilustração das coletas das amostras de água em uma garrafa PET de 600 mL.

Para as análises de pH foi utilizado os procedimentos do manual de controle da qualidade da água em estações de tratamento de água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), que atribui os parâmetros metodológicos por meio de titulações para análise da água qualitativa e quantitativamente, com base em parâmetros químicos, físicos e biológicos (BRASIL, 2014).

3.5 Desenvolvimento da titulação ácido-base clássica

Para realizar as titulações, foram utilizados os instrumentos, béquer de 100 mL, proveta de 50 mL, bureta de 25 mL, Erlenmeyer de 125 mL, suporte universal, funil, espátula, micropipeta de 1 mL e pisseta. Em seguida, deu-se início as titulações. Uma alíquota da amostra A1 foi separada em um erlenmeyer de 500 mL, posteriormente foi adicionada uma gota do indicador ácido-base fenolftaleína e então titulou-se com o auxílio de uma bureta contendo a solução básica conhecida. Titulou-se até a mudança na cor do indicador, também denominada de ponto de equivalência, e anotou-se o volume gasto do titulante durante a titulação. O mesmo foi realizado com as amostras A2 e A3, todos os experimentos foram feitos em triplicata.



Figura 16: Titulação clássica para a padronização do titulante.

3.6 Desenvolvimento da titulação potenciométrica automática

Para a padronização das soluções (Figura 17) para o uso no titulador automático foi realizado Laboratório de Pós-Graduação em Química Analítica na Universidade Federal do Amazonas-Manaus. Após a construção do sistema de titulação automático (após as execuções das seções 3.2.2 e 3.2.3) foi realizada a titulação potenciométrica para a validação do método apresentado na seção 3.2.1 na Figura 12. Para este procedimento foi utilizado uma solução padrão de hidróxido de sódio foi diluída a 10%, deste transferindo-se 10 mL para um balão volumétrico de 100 mL que fora completado com água destilada. A solução foi separada. Com o aparato da titulação e sistema do titulador prontos, foi fixado 25 mL de solução titulante (NaOH) em uma bureta no suporte universal.

Foram retiradas alíquotas de 15 mL das amostras de água A1, A2 e A3, quantidade suficiente para imersão total da sonda – módulo de aquisição de informações. Após a adição gradativa de 0,2 mL de solução titulante e após agitação os valores de pH foram acoplados a uma planilha de Excel. Foram utilizados 5,0 mL em cada alíquota, resultando em 26 valores registrados. Após a validação do método foi realizado os tratamentos dos dados e as avaliações das titulações (seção a seguir).



Figura 17: Realização da titulação potenciométrica para a validação do método automático.

3.7 Tratamento de dados e avaliação das titulações

Também o teste t, este teste avalia de forma hipotética os conceitos estatísticos para aceitar ou rejeitar uma hipótese estatístico de teste. Deste modo foi utilizado este método para verificar a existência da diferença sistemática estatisticamente entre o método proposto com o método de referência, e os cálculos dos erros relativos entre as técnicas clássica e automática. As titulações foram avaliadas e comparadas com a literatura com bases nos cálculos de medidas de erros observacional a precisão e a exatidão.

3.8 Proposta de ensino experimental de química para o Ensino de Química

Para a proposta de uma aula experimental de Química foi elaborado um estudo sucinto de revisão bibliográfica sistemática de natureza qualitativa, onde foram analisados artigos, dissertações e teses que apresentaram palavras-chaves “Experimentação no Ensino

de Química”, tal revisão seguiu-se as etapas básicas de revisão bibliográfica proposto por Sampaio e Mancini (2007) conforme a Figura 18 abaixo, sendo melhor descrita a seguir.

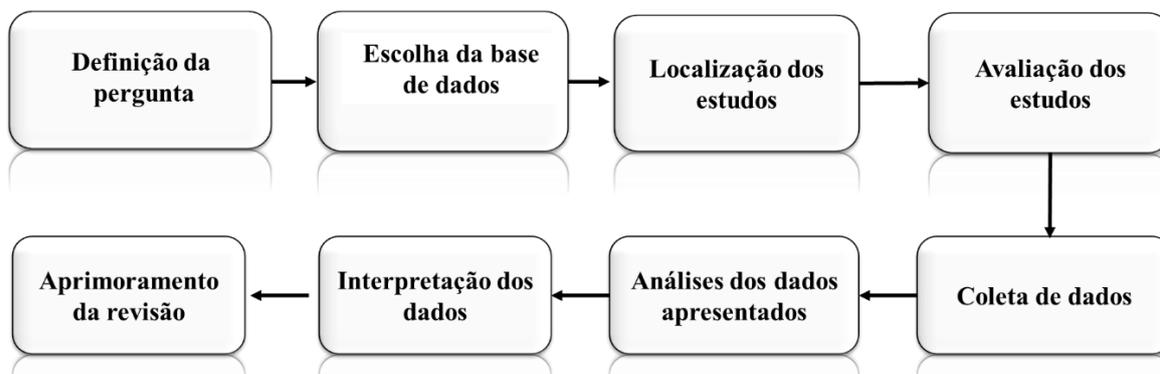


Figura 18: Fluxograma das etapas da revisão sistemática.

Fonte: Sampaio e Mancini (2007).

A pesquisa seguiu as seguintes etapas: definição da pergunta, escolha da base de dados a ser consultadas, localização dos estudos (estabelecer os critérios da seleção dos artigos), avaliação dos estudos (comparar e definir a busca nas bases de dados escolhidas), coleta de dados (aplicar os critérios na seleção dos artigos), análises dos dados apresentados (analisar criticamente os dados), interpretação dos dados (resumo crítico) e aprimoramento da revisão (conclusão).

As seleções dos trabalhos pesquisados foram principalmente através dos títulos dos artigos e pela leitura dos resumos, em alguns casos, pela leitura completa do documento. Dos trabalhos selecionados para a revisão foi feita uma leitura mais detalhada para então a discussão sobre o tema proposto.

A revisão proposta apontará as contribuições de alguns autores quanto ao conceito e o papel do ensino experimental. Assim também, os desafios na utilização destes recursos, as contribuições para o Ensino Básico. A partir dessas revisões foi proposto um plano de aula para uma aula experimental (Apêndice 2) utilizando um titulador automático controlado com Arduino para alunos do ensino básico, de acordo com a nova proposta do Novo Ensino Médio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Bomba Peristáltica

4.1.1 Vazão das Bombas Peristálticas

Os estudos do fluxo da bomba peristáltica são importantes para o seguimento da titulação automática. Para a aferição dos volumes que a bomba peristáltica transfere durante o processo de titulação para a análise do desempenho foi realizado o cálculo da velocidade média a partir da Tabela 1, chegando com valor da velocidade de vazão de $0,02 \text{ mL}\cdot\text{s}^{-1}$. Com esse valor de vazão definidos deu-se início à continuação do trabalho. Com a bomba peristáltica constante durante toda as testagens foi calculado a linearidade tendo o fluxo médio da vazão $0,55 \pm 0,02 \text{ mL}\cdot\text{s}^{-1}$ da bomba peristáltica.

Tabela 1: Análise do fluxo da bomba peristáltica.

Amostras (testagem)	Volume (mL)
1	5,8
2	6,0
3	6,0
4	6,0
5	5,9
6	6,0
7	5,8
8	6,0
9	6,0
10	5,9

4.1.2 Análise do ensaio utilizando pHmetro e ensaio potenciométrico

De acordo com a análise realizada, os dados apresentados na Tabela 2 elucidam os resultados obtidos com a aferição do titulador automático utilizando biftalato de potássio durante a titulação potenciométrica do ponto estequiométrico. Os valores de potencial foram medidos, permitindo a construção das curvas de titulação. A criação da curva da primeira derivada evidenciou que o ponto de máximo ou mínimo derivado nessa corresponde precisamente ao volume de titulante necessário para atingir o ponto estequiométrico.

De forma geral, os volumes de titulante necessários para atingir o ponto estequiométrico demonstram ser eficiente comparado ao método tradicional de titulação

empregando um pHmetro. Os desvios apresentados demonstraram serem mínimos em relação às titulações utilizando hidróxido de sódio.

Tabela 2: Aferição do titulador automático utilizando biftalato de potássio

Volume adicionado	pH aferido
0	3,69
0,5	3,78
1	3,89
2	4,12
3	4,31
4	4,47
5	4,63
6	4,82
7	4,97
8	4,99
9	5,51
10	6,25
11	8,53
12	9,71
13	10,6
14	10,8

O gráfico (Figura 19) a seguir apresenta as curvas de titulação do biftalato de potássio realizado com anteriormente. É possível verificar a variação nas curvas nos potenciais antes do ponto estequiométrico.

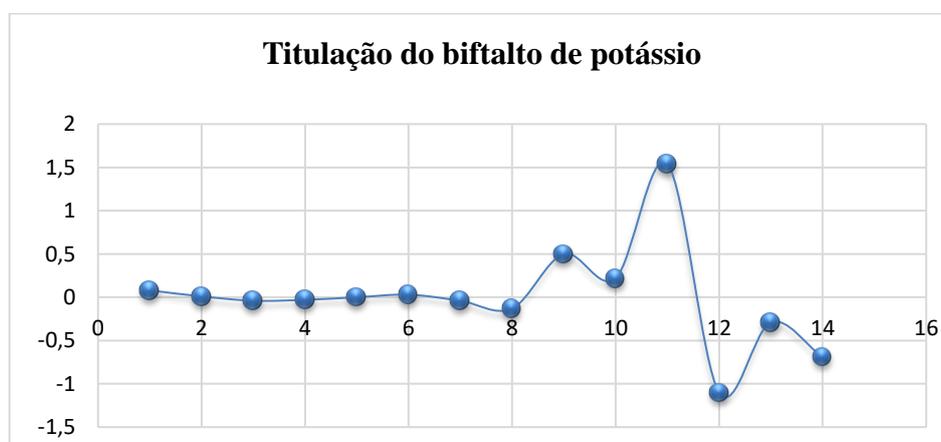


Figura 19: Gráfico de curvas da titulação do biftalato de potássio

4.1.3 Análise da titulação clássica

Para o processo de titulação da solução titulada foram realizadas titulações pelo método clássico avaliando os pontos de viragem obtidos pelo analista, com os pontos obtidos pelo Arduino Uno. Os dados experimentais da titulação potenciométrica representados na Figura 4. Observa-se uma região tamponada longa, entre pH 6,5 e 7,5, ponto final médio calculado foi 7,10.



Figura 20: Resultado da padronização de solução de NaOH via método clássico.

4.2. Análises dos gráficos das amostras de água

Abaixo estão apresentados os gráficos da curva da titulação (pH x volume gasto) das amostras de água naturais. Nos gráficos é possível observar diferentes curvas que se relacionam a substâncias responsáveis pela acidez das águas naturais. Além disso, o desenvolvimento do dispositivo permite que os alunos do ensino vejam de uma forma detalhada curvas de titulação sob o ponto de vista da potenciometria. Como também podem usar sem ter um titulador ou um pHmetro sofisticado e verificar o comportamento de substâncias naturais responsáveis pela acidez. Outro aspecto importante, é que o aluno pode encontrar as constantes de acidez dessas substâncias a partir, por exemplo, de planilhas eletrônicas. Dessa forma, os alunos podem usar uma ferramenta importante também sem o custo elevados comerciais. Deve ficar claro que o intuito deste trabalho é ajudar os alunos a perceberem principalmente do ponto de vista químico, o funcionamento de um equipamento comercial usado para determinar a acidez e constantes de equilíbrio determinadas por potenciométrica.

Então, as constantes de dissociação dos ácidos fracos são uma medida da sua força em solução e definem-se como constantes de equilíbrio para a reação de dissociação dos ácidos em solução. O pH resultante da dissociação de um ácido fraco depende do valor dessa constante e o seu conhecimento permite a preparação de soluções tampão de pH.

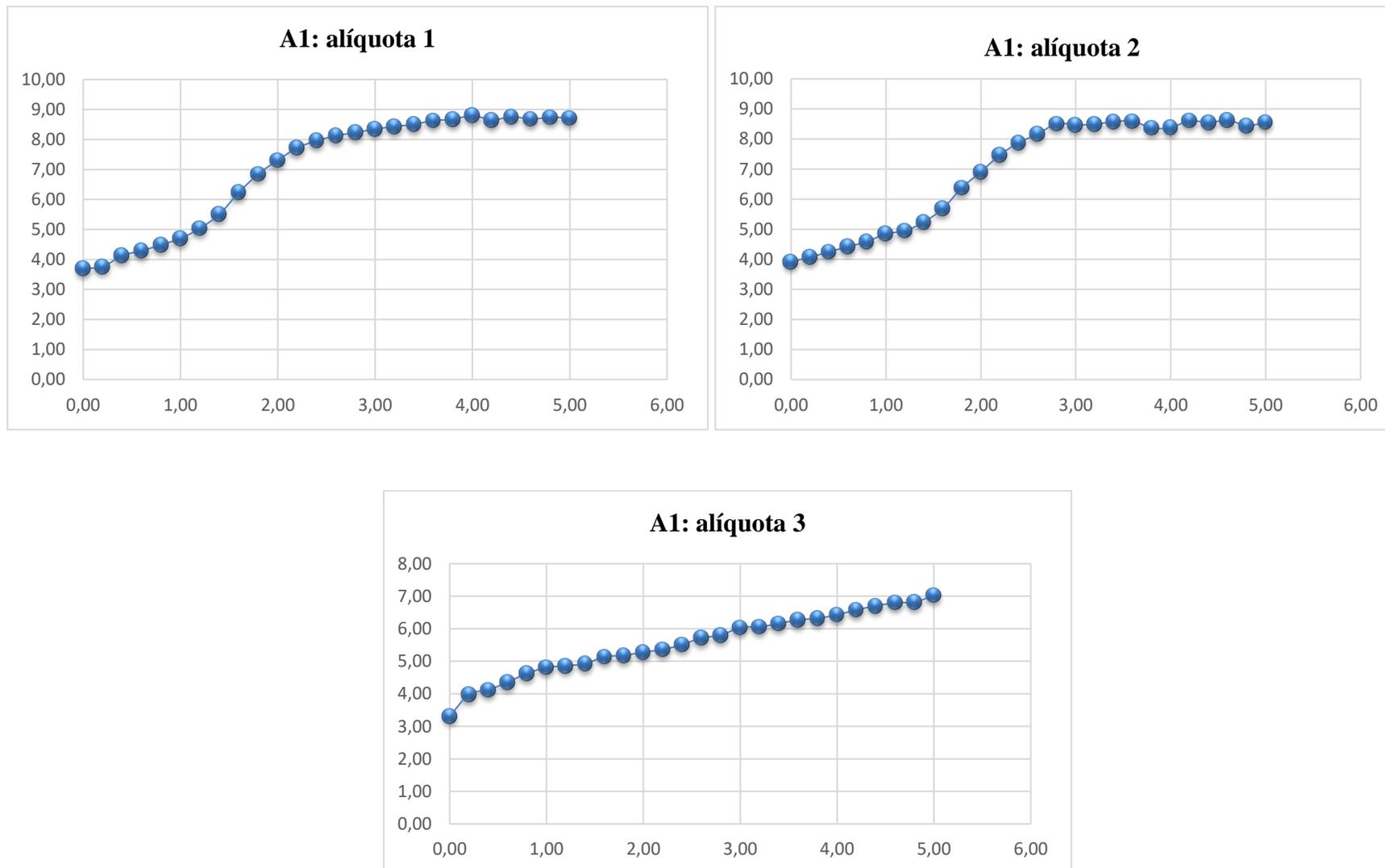


Figura 21: Gráficos das amostras de água A1 coletada no CESP/UEA titulada em triplicatas.

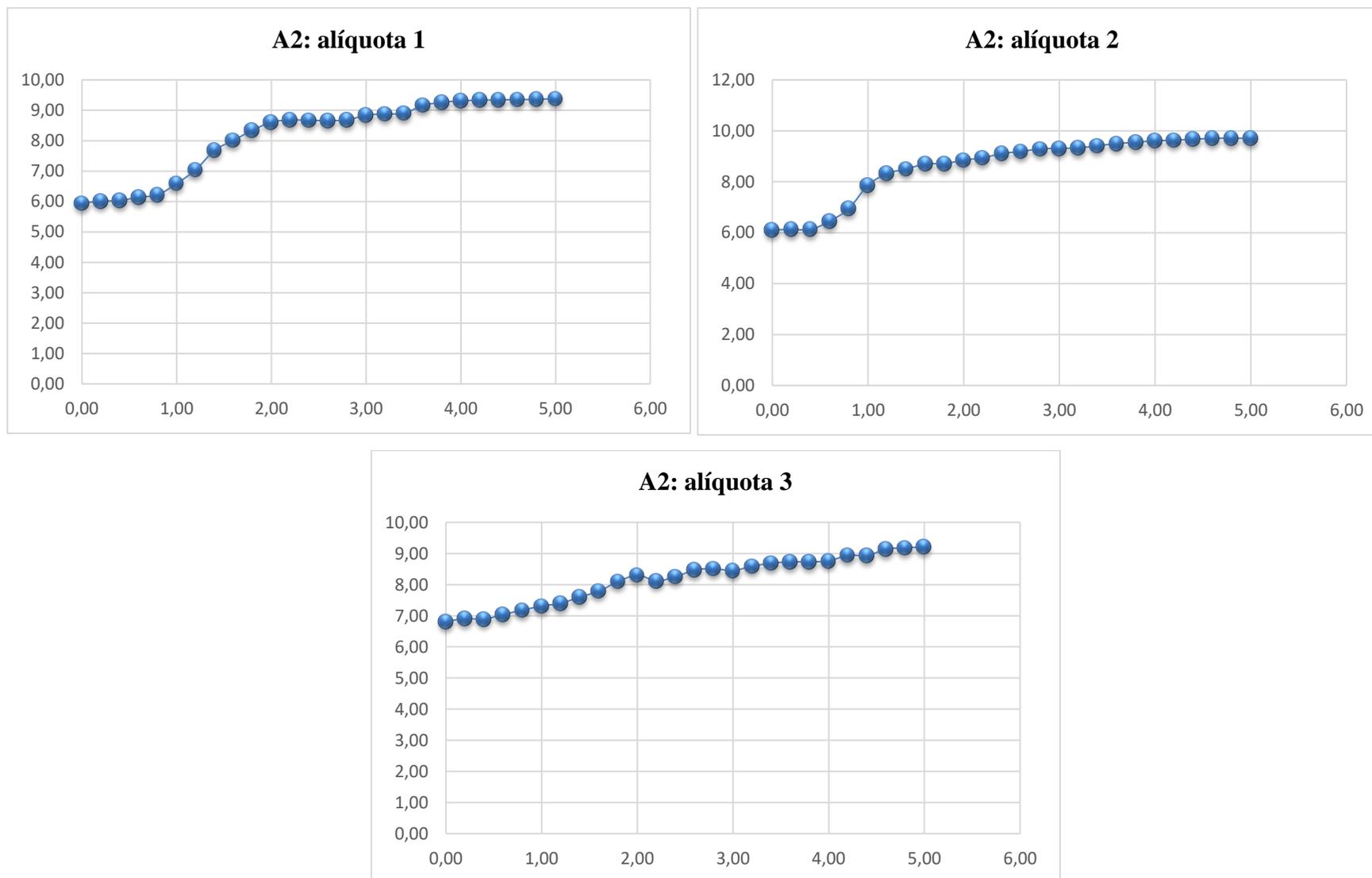


Figura 22: Gráficos das amostras de água A2 coletada na Lagoa da Francesa titulada em triplicatas.

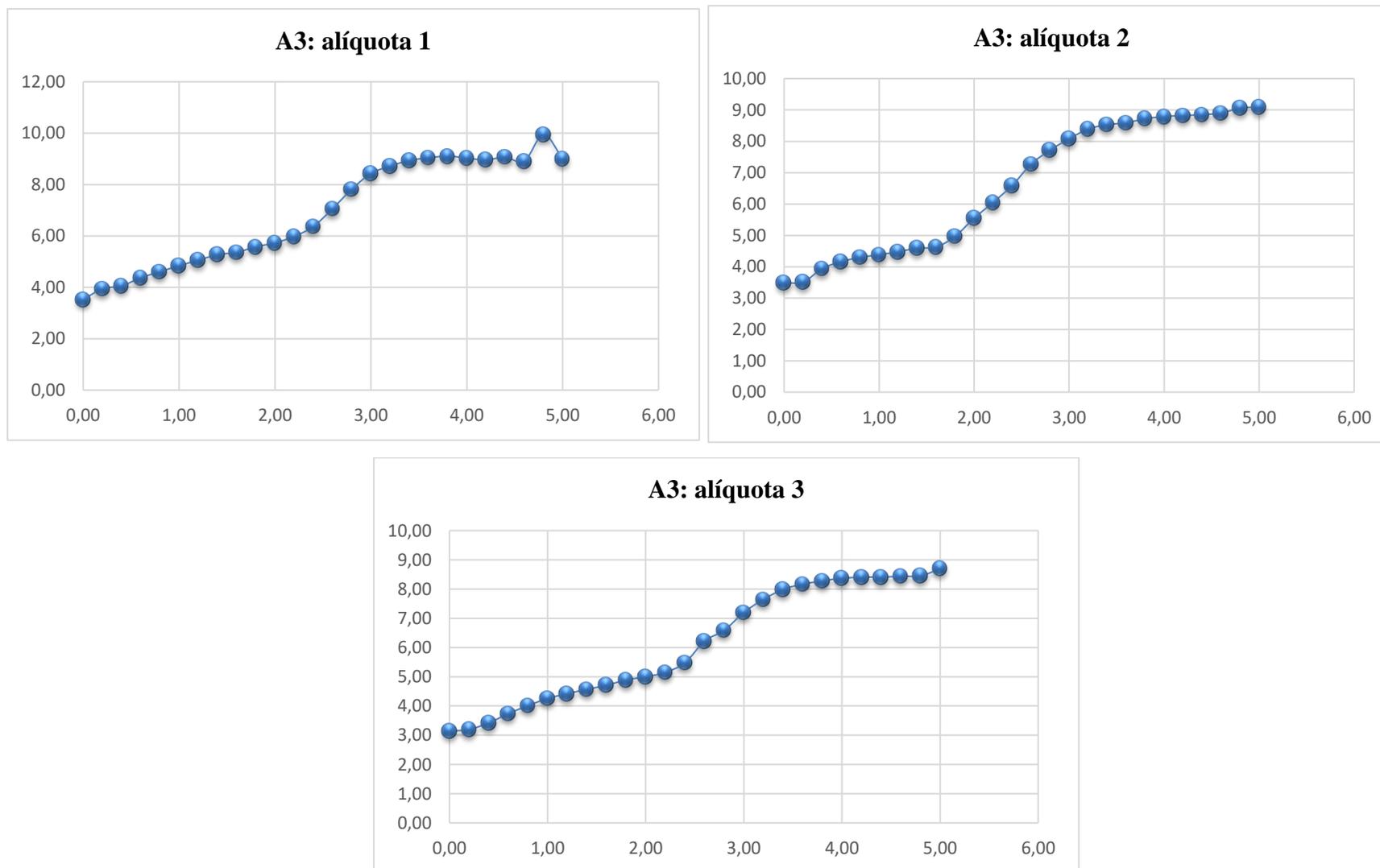


Figura 23: Gráficos das amostras de água A3 coletada na Escola Estadual Tomaszinho Meirelles titulada em triplicatas.

4.3 Avaliação do desempenho do Instrumento Analítico

As curvas de titulações obtidas pelo protótipo “Titulador Automático controlado por Arduino UNO” foram comparadas tanto com as titulações clássicas desenvolvido neste trabalho como às curvas descritas em literatura clássica: Skoog (1995), Harris (2005) e Vogel (1981).

As padronizações realizadas com o titulador automático foram comparadas com a titulação clássica, e este não apresentou diferenças significativas com aplicação do teste t próximo de 95% de confiança.

Skoog e colaboradores (2006) descrevem as etapas necessárias para derivar uma curva de titulação de um ácido fraco com base forte, exemplificando o comportamento reacional, variação do pH durante a titulação do ácido acético ($K_a = 1,75 \times 10^{-5}$) com hidróxido de sódio. Obteve a seguinte curva:

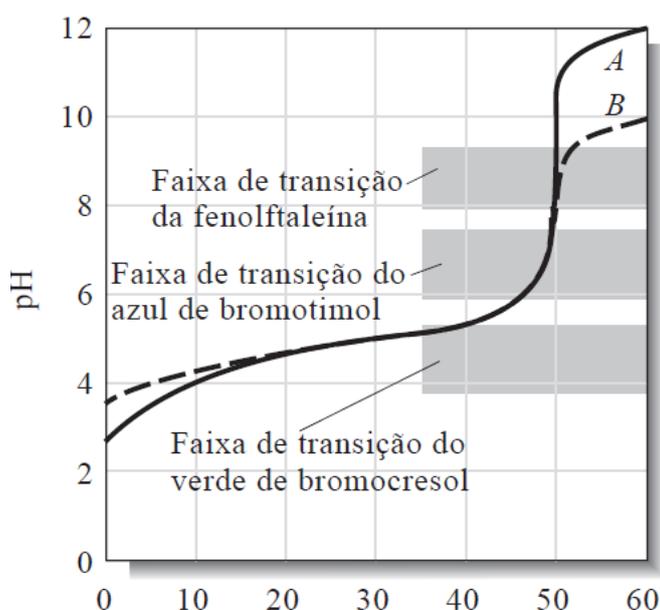


Figura 24: Curva para a titulação de ácido acético com hidróxido de sódio. Curva A: ácido $0,1000 \text{ mol L}^{-1}$ com uma base $0,1000 \text{ mol L}^{-1}$. Curva B: ácido $0,001000 \text{ mol L}^{-1}$ com uma base $0,001000 \text{ mol L}^{-1}$.

Pereira (2011), Silva (2011), Soares (2013), Andrade et al. (2020) assim como os citados anteriormente em seus trabalhos com titulações de ácidos fracos com bases fortes corroboram a verossimilhança das titulações realizadas pelo protótipo descrito neste trabalho. As curvas apresentam os mesmos padrões quer na curva sigmoide, quer na curva com segmentos lineares, evidenciando a confiabilidade do método proposto.

4.4 Revisão de Literatura sobre Experimentação no Ensino de Química

Nesta última seção é apresentada uma discussão de alguns trabalhos sobre alguns aspectos importantes do Ensino Experimental, apontando inicialmente os elementos conceituais e práticos que estão inerentes à aplicação da experimentação no processo de ensino-aprendizagem, os tipos de experimentações e sua importância, bem como os obstáculos deste modelo de ensino no âmbito escolar.

4.4.1 Elementos conceituais e práticos do ensino experimental

A importância do ensino experimental e a implementação de experimentos no âmbito do processo de ensino-aprendizagem têm sido respaldados por diversos pesquisadores. No entanto, evidências concretas sobre a eficácia desse método educacional são muito discutidas na literatura. Entretanto, há necessidade do ensino experimental, uma vez que o ensino da Química, apresenta práticas que envolvem abordagens tradicionais de ensino (LIMA, 2008). Deste modo, iniciamos essa discussão entendendo com mais detalhes cada aspecto do Ensino experimental.

O ensino experimental ou o termo mais conhecido pela comunidade escolar e acadêmica como “atividade prática” engloba uma ampla gama de comportamentos, procedimentos e ações que podem ser de natureza experimental, realizados em laboratórios ou não, ocorrendo em salas de aula, pátios, hortas ou jardins, com exemplificação de fenômenos, exemplificação de princípios teóricos, coleta de dados, avaliação de hipóteses e o aprimoramento de habilidades de instrução e técnica (HODSON, 1988; DE SOUZA et al., 2013; BERTUSSO, 2019).

A maneira pela qual a avaliação da aprendizagem é conduzida detém um papel de extrema importância na busca por uma compreensão coerente do desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem. Para Andrade e colaboradores (2017) a abordagem experimental da Química e sua conexão com o mundo real têm o potencial de se transformarem de forma educacional. Contudo a sociedade está cada vez mais exigindo alunos capazes de tomarem decisões, de fazerem julgamentos e escolhas, assumindo, assim, a responsabilidade por suas ações.

É importante enfatizar que a simples inclusão de experimentos nas aulas de Química não resulta automaticamente em melhorias na aprendizagem. De acordo com a abordagem de Guimarães e colaboradores (2018), o ensino experimental não é apenas um método

didático destinada a inspirar a produção de conhecimento científico, este por sua vez é concebido como uma tática pedagógica que visa aprimorar a experiência de aprendizado. Giani (2010) também afirma que as aulas práticas constituem um conceito abrangente que transcende a mera realização de experimentos.

As atividades experimentais podem servir como uma base, mas quando combinadas com métodos de avaliação que promovem mediação e regulação, elas desempenham um papel substancial no processo de aprendizagem dos alunos (ANDRADE et al., 2017). Assim a abordagem do ensino experimental vai além de uma aula onde o aluno exerce um papel passivo como ouvinte e observador. A experimentação exerce um papel pedagógico no âmbito escolar, confiante para uma aprendizagem abrangente da disciplina.

A experimentação no âmbito escolar tem função pedagógica, ou seja, ela presta-se a aprendizagem da Química de maneira ampla, envolvendo a formação de conceitos, a aquisição de habilidades de pensamento, a compreensão do trabalho científico, aplicação dos saberes práticos e teóricos na compreensão, controle e previsão dos fenômenos físicos e o desenvolvimento da capacidade de argumentação científica. (DE SOUZA et al., 2013). E para elucidar essas concepções distintas com mais detalhes, a próxima seção busca discutir os diversos tipos de experimentação (ANDRIJAUSKAS, 2020).

4.4.2 Os tipos de aulas experimentais e importância

A literatura apresenta uma variedade de perspectivas em relação aos tipos de atividades experimentais disponíveis, dentre os autores se destacam Araújo e Abib (2003), Oliveira (2010); De Souza et al. (2013), Teixeira (2014), Andrijauskas (2020) OLIVEIRA et al. (2020). Abaixo estão discutidos de forma sucinta a visão de cada autor sobre os tipos de experimentações no ensino.

Andrijauskas (2020) realiza uma revisão que categoriza as atividades experimentais baseadas principalmente nos trabalhos de Araújo e Abib (2003), Oliveira (2010) e Oliveira et al. (2020). Esses autores dividem as atividades experimentais em três grupos extintos com base nas diversas abordagens adotadas no contexto educacional as experimentações por demonstração/observação, as experimentações por verificação e as experimentações por investigação. Abaixo serão discutidas cada um dos tipos de ensino experimental.

A experimentação por meio de observação tem como finalidade a ilustração seletiva de alguns aspectos dos fenômenos observados, sendo feita com base em duas abordagens

distintas, a demonstração fechada e a demonstração/observação aberta (OLIVEIRA, 2010; DE SOUZA et al., 2013). Para o autor a abordagem da demonstração fechada é realizada exclusivamente pelo instrutor, enquanto a demonstração aberta envolve a participação dos estudantes com a formulação de hipóteses e os alunos são mais envolvidos no processo. O professor não apenas realiza o experimento, mas também convida os alunos a participarem ativamente da observação, discussão e até mesmo da formulação de hipóteses sobre os resultados.

Por sua vez, no âmbito da experimentação por verificação, busca-se confirmar ou validar fenômenos que são previsíveis com facilidade a partir das leis e teorias já infringidas. Esta abordagem visa aprofundar a compreensão dos resultados, uma vez que a explicação teórica já é familiar aos alunos (ARAÚJO; ABIB, 2003; OLIVEIRA, 2010).

Por último, a experimentação por investigação se caracteriza por não se fazer uso de roteiros estruturalmente seguros, uma vez que ela é centralizada nos aspectos cognitivos do processo de ensino-aprendizagem, de maneira que visa a promoção da capacidade de julgamento, de generalização e de senso crítico (OLIVEIRA, 2010). Nesta abordagem, os professores apenas direcionam as atividades e os alunos é que as executam.

Teixeira (2014) apresenta uma outra classificação de ensino experimental, sendo estas são divididas em duas categorias distintas: as experimentações tradicionais e investigativas, as experimentações tradicionais ocorrem em laboratórios, nos quais os alunos têm a oportunidade de manipular materiais experimentais que são guiadas por um texto armazenado que funciona como um roteiro para orientar a execução da atividade.

Todavia, nesse tipo de experimentação o aluno é movido pelo comportamento mecânico e repetitivo sem que haja a ação cognitiva, sendo desta forma um tipo de experimentação irrelevante no processo de ensino-aprendizagem do aluno (TEXEIRA, 2014).

Para De Souza e colaboradores (2013) no contexto geral o ensino experimental tem função principal de construção de conceitos, a aquisição de habilidades de pensamento, a compreensão do científico, a aplicação de conhecimentos práticos e teóricos na interpretação, manipulação e previsão de fenômenos físicos, bem como o fortalecimento da capacidade de argumentação científica.

Oliveira (2010) e Oliveira e colaboradores (2020) também defendem que as aulas experimentais desempenham um papel crucial na motivação dos alunos, sendo apontadas

como uma das principais formas de despertar o interesse e engajamento no processo de aprendizagem.

De acordo com Bertusso (2019), a incorporação das aulas experimentais no ensino de Ciências é uma estratégia fundamental para aumentar o interesse e a motivação dos estudantes, uma vez que essa abordagem os instiga a refletir criticamente e expandir seus horizontes de conhecimento.

Entretanto, Teixeira (2014) e Giani (2010) refutam a ideia, os autores afirmam que a ideia de seguir as atividades experimentais como um meio de motivar os alunos pode ser questionada, é importante considerar que a motivação não é universal, havendo estudantes que não se sentem estimulados por essa abordagem, é importante reconhecer que as expectativas em torno da experimentação podem diminuir à medida que os alunos ganham experiência nesse formato de atividade.

Para Souza e colaboradores (2016) o ensino experimental não apenas encoraja a elaboração de hipóteses pelos alunos, mas também dá a oportunidade de testá-las para confirmação ou refutação. Esse processo é facilitado pela orientação do professor, que desempenha um papel mediador ao longo das etapas experimentais.

É notável que a atividade experimental é um dos tópicos abrangentes da literatura a respeito da temática. Isso sugere que esse tipo de abordagem é amplamente conhecido como substancial no contexto do processo de ensino e aprendizagem. A partir daqui, discutiremos a seguir com bases nos teóricos as dificuldades de inserção do ensino experimental nas escolas.

4.4.3 Obstáculos da inserção do ensino experimental no âmbito escolar

A implementação do ensino experimental muitas vezes depara em obstáculos ligados à carência de infraestrutura e materiais didáticos nas instituições de ensino, como descrito na pesquisa de Guimarães e colaboradores (2018) que realizam uma investigação na qual se indagou professores sobre os problemas de inserção das aulas experimentais no ensino. Entretanto, embora a necessidade de infraestrutura e recursos didáticos seja frequentemente apresentada como uma razão para a ausência de aulas experimentais, Giani (2010) sugere que a raiz do problema esteja intrinsecamente associada à formação dos educadores.

O estudo realizado por Bertusso (2019) apresenta mais dois desafios que dificultam a condução de aulas experimentais: primeiro a presença de turmas numerosas, que

prejudicam a interatividade, a carência de apoio profissional como laboratoristas para facilitar a realização das práticas e segundo a sobrecarga de conteúdo na ementa escolar. Além disso, a restrição da carga horária se mostra adquirida para abarcar um conteúdo tão abrangente. De fato, lidar com sobrecarga de alunos nas salas de aulas com a ausência de suporte profissional, como laboratoristas, desmotivam os professores a utilizarem do recurso de ensino experimental.

Oliveira e colaboradores (2008) justificam esse problema apontando outras razões associados ao obstáculo do ensino experimental quando se trata de turmas numerosas, como fatores organizacionais e institucionais da escola, deficiências na formação docente, inadequações nas condições de trabalho dentre outros.

Apesar desses desafios, é fundamental reconhecer a importância vital da experimentação no processo de ensino-aprendizagem da Química. Através de atividades práticas, os alunos podem não apenas aplicar os conceitos teóricos de forma concreta, mas também desenvolver habilidades de investigação, pensamento crítico e resolução de problemas. A experimentação proporciona um ambiente propício para a exploração, a descoberta e a contextualização dos conteúdos, tornando o aprendizado mais significativo e duradouro (OLIVEIRA, 2010). Nesse sentido, é imperativo buscar soluções para superar os obstáculos apresentados, visando aprimorar a qualidade do ensino de Química e proporcionar aos estudantes uma formação mais completa e enriquecedora.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi demonstrado que o titulador automático com auxílio do Arduíno UNO pode ser utilizado como uma nova metodologia de baixo custo, com maior precisão, versatilidade, de fácil construção e de rápido desenvolvimento da titulação. O protótipo construído consegue executar os comandos e realizar as análises mais precisas quando comparado ao titulador tradicional.

As padronizações realizadas com o titulador automático foram comparadas com a titulação clássica, e este não apresentou diferenças significativas com aplicação do teste t próximo de 95% de confiança. Além disso, este protótipo pode ser desenvolvido e aplicado no contexto do âmbito escolar para uma aprendizagem mais significativa, possibilitando o estudo com as medidas de pH como atividade didática.

Das amostras analisadas verificou-se que a amostra A2 encontrou-se fora dos padrões de pH determinados pela Resolução CONAMA 357/2005 e pela Portaria 5 de 2017 do Ministério da Saúde, devido esta amostra ser derivada da Lagoa da Francesa, considerada poluída. Enquanto as amostras A1 e A3 apresentaram valores dentro do permitido pela Resolução CONAMA 357/2005. Verificou-se que os métodos de volumetria clássica mesmo considerados úteis para determinação de alguns parâmetros nas análises de qualidade da água, podem ser substituídos pelo protótipo automático.

A experimentação no ensino de química é considerada uma alternativa de abordagem pedagógica simples e capaz de fortalecer no processo de aprendizagem do aluno. O ambiente de experimentação abre portas para a exploração, descoberta e vivência dos conteúdos, enriquecendo o processo de aprendizagem com maior significado. Existem diversas perspectivas e empecilhos que o ensino experimental pode apresentar. Entretanto, mesmo com os desafios da inserção da aula experimental no âmbito escolar, é indiscutível a importância de os educadores superarem essa barreira para buscarem um ensino aprimorado com garantia de uma formação estudantil abrangente e enriquecedora que o ensino experimental exerce, estimulando o aluno no desenvolvimento individual de ideias em novos projetos, bem como nas tomadas de decisões e a compreensão.

6. PERSPECTIVAS

Um maior estudo com a titulação automática é necessário para o aprofundamento acerca das possibilidades da utilização deste protótipo, assim também como o desenvolvimento de outros projetos de química envolvendo o Arduino como uma nova alternativa na construção de projetos.

Esta pesquisa vem para potencializar os estudos com titulações, utilizado o método mais eficaz, rápido e de fácil manipulação, este tem como perspectivas a aplicação futuras de trabalhos voltados a utilização do Arduino UNO para análises mais complexas com amostras como bebidas e fármacos, realizando as análises com baixos custos financeiros e operacionais.

A construção do titulador automático também é uma proposta de ensino de química experimental para alunos de Ensino Médio, visto que as mudanças da proposta Novo Ensino Médio exigem que o professor contextualize ainda mais o conteúdo da sala de aula com o cotidiano do aluno.

7. REFERÊNCIAS

ALHO, C. J. R.; REIS, R. E.; AQUINO, P. P. U. Habitats de água doce da Amazônia enfrentando ameaças ambientais e socioeconômicas que afetam a pesca de subsistência. **Ambio**, v. 44, p. 412-425, 2015.

AMAZONAS (Estado). Proposta Curricular e Pedagógica do Ensino Médio. **Secretaria de Educação do Amazonas**, Manaus, 2021.

ANDRADE, R. S.; VIANA, K. S. L. Atividades experimentais no ensino da química: distanciamentos e aproximações da avaliação de quarta geração. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 2, p. 507-522, 2017.

ANDRADE, E. M. D., FERREIRA, K. C. D., LOPES, F. B., ARAÚJO, I. C. D. S., & SILVA, A. G. R. D. Balanço de nitrogênio e fósforo em um reservatório na região semiárida tropical. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 1, 2020.

ANDRIJAUSKAS, K. A importância da experimentação no ensino de ciências: uma revisão sistemática da literatura nacional na última década. 2020.

ANJOS, M. B. Fontes autotróficas de energia para ictiofauna de riachos de floresta de terra firme pertencentes a bacia de drenagem do Rio Preto da Eva, Amazonas, Brasil. Tese de Doutorado- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 100p. 2013.

ANTUNES, A., S. Volumetria Ácido-Base. Tese de Doutorado. Universidade da Beira Interior Portugal, 2013.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, junho, 2003.

AULER, D. Articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e do Movimento CTS: novos caminhos para a educação em ciências. **Revista Contexto & Educação**, v. 22, n. 77, p. 167-188, 2013.

BÁRBARA, M. C. S., LURIKO, L., MIYAMARU, L. M. T., & MIYOCO, H. Comparação de método titulométrico oficial com método titulométrico automático na determinação do cloro ativo presente nas águas sanitárias e hipocloritos. **Boletim do, 24**. Bol Inst Adolfo Lutz. 25(1):20-23, 2015;

BARBOSA, J. INDICATORS Acid-Base, Encyclopedia of Analytical Science, v.2, 360-371, 2005.

BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C.; BONOMO, F. A. F.; VARGAS, G. N.; ARAÚJO, R. J. S.; ALVES, D. R. A experimentação no Ensino de Química para deficientes visuais com o uso de tecnologia assistiva: o termômetro vocalizado. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 245-249, 2017.

BERTUSSO, F. Experimentação em Ciências: um olhar para a prática pedagógica na cidade de Umuarama, PR. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Do Oeste Do Paraná, 2019.

BLOSS, H., DE OLIVEIRA, D. J., CHUQUEL, D. R., DE MOURA, L. C., CHRISTOFARI, N. F. B., & CHAVE. Abordagem CTSA como possibilidade de formação continuada para professores de ciências da educação básica. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 11, n. 2, mar. 2020.

BRANDÃO, C. J., BOTELHO, M. J. C., & SATO, M. I. Z. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. 2018.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. 2.ed. São Paulo: **Escrituras Editora**, cap.19, p.635-649, 2002.

BRASIL. Medida Provisória n. 748 de 13 out. de 2016. Altera a Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília: MEC, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília: FUNASA, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2 ed.146 p. 2006.

BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº 5/2017 Anexo XX. Dispõe sobre o Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade, Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2017.

BRASIL. Política Nacional de Educação Ambiental, Lei 9795. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 abr. 1999. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm>

BUONFIGLIO, A. Uma didática história da química: da filosofia grega à contribuição dos alquimistas da antiguidade, as ideias, os experimentos e teorias que configuraram a química como ciência. **ComCiência**, s/v, n. 130, p. 1-2, 2011.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2004. São Paulo, **CETESB**, 297p, 2005.

CONRADO, D. M. Questões sociocientíficas na educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico, 2017.

CORTES, M. S.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. Titulações espectrofotométricas de sistemas ácido-base utilizando extrato de flores contendo antocianinas. **Química Nova**, v. 30, p. 1014-1019, 2007.

COTOVICZ JR, L. C., LIBARDONI, B. G., BRANDINI, N., KNOPPERS, B. A., & ABRIL, G. Comparações entre medições em tempo real da pCO₂ aquática com estimativas indiretas em dois estuários tropicais contrastantes: o estuário eutrofizado da Baía de Guanabara (RJ) e o Estuário Oligotrófico do Rio São Francisco (al). **Química Nova**, 39, 1206-1214. 2016.

CUCHINSKI, A. S.; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D. C. Extração do corante da beterraba (*Beta vulgaris*) para utilização como indicador ácido-base. **Eclética Química**, v. 35, p. 17-23, 2010.

DA-COL, J. A. Uma Breve Visão sobre a Determinação de Metais em Ligas Metálicas e Matrizes Semelhantes: Alguns Métodos Clássicos e Espectroscópicos Modernos. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 4, p. 989-1009, 2014.

DE ANDRADE, João Carlos. Química analítica básica: volumetria de neutralização-conceitos e curvas de titulação. **Revista Chemkeys**, v. 2, p. e020002-e020002, 2020.

DE SOUZA, F. L., AKAHOSHI, L. H., MARCONDES, M. E. R., & DO CARMO, M. P. Atividades experimentais investigativas no ensino de química. **São Paulo: EDUSP**, 2013.

ELIAS, C; BRIENZA, S. M. B. Aplicação em titulação ácido-base e identificação cromatográfica de antocianinas presentes em extratos vegetais para uso em práticas escolares. **Anais 13^a mostra acadêmica unimep**, p. 22. 2015.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. **Interciência**, Rio de Janeiro. 602 pp. 1998

FAMULARO, N.; KHOLOD, Y.; KOSENKOV, D. Integrating Chemistry Laboratory Instrumentation into the Industrial Internet: Building, Programming, and Experimenting with an Automatic Titrator. *Journal of Chemical Education*. **J. Chem. Educ.** v. 1, n.93, 175-181, 2016.

FERNANDES, E. N., REIS, B. F. Automatic spectrophotometric procedure for the determination of tartaric acid in wine employing multicommutation flow analysis process, *Analytica Chimica Acta*, v. 557, 380-386, 2006.

FERNANDES, I. M. B.; PIRES, D. M.; DELGADO-IGLESIAS, J. Perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 6^o ano de escolaridade. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 24, n. 4, p. 875-890, 2018.

FERREIRA, R., MORUZZI, R. B. Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva, **Encontro nacional**, v. 4, p. 1027-1036, 2007.

GAIÃO, E. N. HONORATO, R. S., SANTOS, S. R., & ARAÚJO, M. C. U. An automated flow-injection titrator for spectrophotometric determinations of total acidity in wines, using

- a single standard solution and gradient calibration, **Analyst**, v. 124, 1727-1730, 1999.
- GAMA, M.; AFONSO, J. De Svante Arrhenius ao peagâmetro digital: 100 anos de medida de acidez. **Química Nova**, v. 30, n. v.1, p. 232–239, 2007.
- GARCIA, A. J. C. e REIS, B. F. Instrumentation and automated photometric titration: Procedure for total acidity determination in red wine employing a multicommutated flow system, **Journal of Automated Methods and Management in Chemistry**, v. 83247,1-8, 2006.
- GEDDES, M. Manual de projetos do Arduino: 25 Projetos Práticos para começar. 1. ed. - São Paulo: **Editora Novatec**, 2017.
- GIANI, K. A experimentação no Ensino de Ciências: possibilidades e limites na busca de uma Aprendizagem Significativa. Dissertação de Mestrado. Brasília: Universidade de Brasília, 2010.
- GUIMARÃES, W.; ALVES, M. I. R.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Antocianinas em extratos vegetais: aplicação em titulação ácido-base e identificação via cromatografia líquida/espectrometria de massas. **Química nova**, v. 35, p. 1673-1679, 2012.
- GUIMARÃES, L.; CASTRO, D.; LIMA, V.; DOS ANJOS, M. Ensino de Ciências e experimentação: reconhecendo obstáculos e possibilidades das atividades investigativas em uma formação continuada. **Revista Thema, Pelotas**, v.15, n.3, p.11641174, 2018.
- HARRIS, D. C.; Análise Química Quantitativa, 5ª ed., Livros Técnicos e Científicos Editora S. A.: Rio de Janeiro, 1999.
- HERMES, L. C. Avaliação da qualidade das águas: manual prático. Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- HODSON, D. Experiments in Science and Science Teaching. Educational Philosophy and Theory. 20 (2), p. 53-66, 1988.
- HONORATO, R. S., ARAÚJO, M. C. U., LIMA, R. A., ZAGATTO, E. A., LAPA, R. A., & LIMA, J. L. C. A flow-batch titrator exploiting a one-dimensional optimization algorithm for end point search, **Analytica Chimica Acta**, v. 396, 91-97, 1999.
- KARASEK, J., & NOBRE, S. B. O ensino da biologia celular na perspectiva da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). **Pesquisa em Foco**, São Luís, v. 24, n. 2, p. 15-24, 2019.
- KELLNER, R.; MERMET, J. -M.; OTTO, M.; WIDNER, H. M.; Analytical Chemistry: the Authentic Text to the FECS Curriculum, Wiley – VCH: Weinheim, 1998.
- LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3º ed. Campinas: Átomo, 2010.

LOPES, F. W. A., & JÚNIOR, A. P. M. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. **Revista Geografias**, p. 134-147, 2010.

LOPES, N. S. O. Desenvolvimento de uma microbomba peristáltica acionada via computador. 2020.

LUCAS, A. T.; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 937-943, 2010.

MACHADO JR, I. Desenvolvimento de titulador automático baseado na plataforma open source Arduino como ferramenta investigativa no ensino de química. 2019.

MADSEN, E. R. The Development of Titrimetric Analysis 'till 1806, C.E.C Gad Publishers: **Copenhagen**, 1985.

MARTINS, I. B. S. Desenvolvimento de sistema computacional para simulações de dinâmica molecular a pH constante. 2016.

MATEUS, A. L. Química na Cabeça 2: mais experimentos espetaculares para você fazer em casa ou na escola. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

MCROBERTS, M. Arduino básico. Novatec Editora, 2018.

MIRANDA, A. G., DA SILVA, A. V. C., DURRANT, S. F., SANTANA, G. P., DE MIRANDA, A. A., DE QUEIROZ, G. V., & DE OLIVEIRA, E. N. Análise do Desempenho do Protótipo Arduino com Sensor de pH para Medições da Qualidade de Água contaminada em Igarapés de Manaus. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 20145-20156, 2020.

MÓL, A. R. Desenvolvimento de um titulador automático para caracterização de substâncias húmicas por supressão de fluorescência. 2015.

MORAES, D. L. D. Desenvolvimento de um sistema de controle e medição de vazão para bombas peristálticas. 2016.

MORAES, R. As práticas e a experimentação no processo de pesquisa. **Quanta ciência há no ensino de ciências**, p. 81-90, 2008.

MOTA, A. Vida de Silício. O que é Arduino e como funciona? 2017. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-arduino-e-como-funciona/>

MOZETO, A. A., JARDIM, W. F. A química ambiental no Brasil. **Química Nova**, v. 25, p. 7-11, 2002.

NETO, A. G. Monitoramento da qualidade da água na bacia do rio Pirapó. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual De Maringá. Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil. Maringá, 2014.

OLIVEIRA, A. F., LIMA, A. C., SILVA, A. F. S., & ALMEIDA, R. D. M. Desenvolvimento de um titulador baseado na contagem de gotas. **Química Nova**, v. 33, p. 721-724, 2010.

OLIVEIRA, E. P., OLIVEIRA, T. C. S., SILVA, E. L., LIMA, E. Q., SOUZA M. S., MACEDO F. P., CARMPO, G. B. Investigação do teor de água no Biodiesel utilizado na composição do Diesel B comercializado por uma distribuidora de combustíveis em Manaus/AM. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 89663-89680, 2021.

OLIVEIRA, D. F., MOREIRA, A. S., SOARES, E. C., RINALDI, C. Experimentação na concepção de professores mestrando em ensino de Ciências naturais. REAMEC Rede Amazonia de educação em Ciências e Matemática, Cuiabá (MT), v. 8, n. 1, p. 1028, 2020.

OSAWA, C. C., GONÇALVES, L. A. & RAGAZZI, S. Titulação potenciométrica aplicada na exportação de gorduras livres de óleos e vitaminas comestíveis. **Química Nova**, v. 29, p. 593-599, 2006.

PARRON, L. M.; MUNIZ, H. F.; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. 2011.

PEREIRA, F. D.; HONÓRIO, K. M. e SANNOMIYA, M. Nanotecnologia: desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 73-77, 2010.

PEREIRA, J. A. INTRODUÇÃO AO EQUILÍBRIO ÁCIDO-BASE E À POTENCIOMETRIA DE H⁺: Titulação Potenciométrica de um Aminoácido. 2011.

PERES, M. R. H. M.; MENEZES, P. D. L.; TEIXEIRA, C.R. Reflexões sobre o ensino superior em turismo no Brasil sob o enfoque das teorias psicológicas. In: **Anais do III Congresso Nacional de Educação**. Natal, RN, Brasil. Recuperado em. 2016. p. 2017.

PETRUCCI, R. H., HERRING, F. G., MADURA, J. D., BISSONNETTE, C. General Chemistry: **Principles and Modern Applications**. Pearson Canada Inc., 10th ed., Toronto, 2011.

PINHEIRO, A. K., GERON, V. L. M. G., TERRA JÚNIOR, A. T., NUNES, J. D. S., & BRONDANI, F. M. M. PINHEIRO, A. K. Constipação intestinal: tratamento com fitoterápicos. 2018.

PINHEIRO, F. A., MATTOS, F. R., SILVEIRA, A. G., & LEITE, S. Q. M. Educação ctsa e aprendizagem baseada em problemas: possibilidade metodológica para o curso de bacharelado em ciência e tecnologias de alimentos. **Revista Ifes Ciência**, v. 8, n. 1, p. 1-25, 2022.

PINHEIRO, N. A. M., SILVEIRA, R. M. C. F., & BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 13, p. 71-84, 2007.

PIVELI, R. P. & KATO, M. T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. São Paulo: **associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2005.

POSTIGO, J. P., BARBOSA, H. F. G., CALEFI, R. M., JESUS, J. H. F. D., CERVINI, P., BUORO, R. M., OTERO, R. L.S., CAVALHEIRO, É. T. G. (2021). Uma proposta para o ensino de Laboratório de Química Analítica Qualitativa. **Química Nova**, v. 44, p. 502-511, 2021.

PREVIDELLO, B. A. F., CARVALHO, F. R. D., TESSARO, A. L., SOUZA, V. R. D., & HIOKA, N. O pKa de indicadores ácido-base e os efeitos coloidais. **Química Nova**, v. 29, p. 600-606, 2006.

PROFESSORA KEILA. Tecnologia e Robótica Educacional. 2018. Disponível em: <http://www.professoraakeila.com.br/2018/04/entendendo-o-arduino-ide.html>

PRSYBYCIEM, M. M. A experimentação investigativa em um enfoque CTS no ensino das funções químicas inorgânicas ácidos e óxidos na temática ambiental. 213f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTEP. Ponta Grossa, 2015.

PUGA, I. T. Educação ambiental no ensino de química: propostas de atividades para escola pública, Universidade de Brasília Instituto de Química, 2014.

REIS, B. F. & LIMA, M. J. A., Fully automated photometric titration procedure employing a multicommutated flow analysis setup for acidity determination in fruit juice, vinegar, and wine, **Microchemical Journal**, v. 135, 207-212, 2017.

RUSSELL, L. S., Química geral, São Paulo: Nacional, cap.15, 1981.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, p. 83-89, 2007.

SANTANA, J. M. A. Titulação em fluxo-batelada com detecção baseada em filmes digitais para determinação da acidez total de vinhos tintos. 2018.

SANTOS, D. F. A seca e seus impactos qualiquantitativos na disponibilidade hídrica de reservatórios na Região Semiárida. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 59. 2020.

SANTOS, D. S. Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC): uma abordagem no ensino remoto de Química e Nanotecnologia nas escolas em tempos de distanciamento social. **Revista Latino-Americana de Estudos Científicos**. V. 02, n. 07, 2021.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, 2007.

SEBOLD, P. C. Estudo da eficiência da filtração lenta para o tratamento de água para

consumo humano. **Química Bacharelado-Tubarão**, 2019.

SHIKLOMANOV, I. A.; RODDA, J. C. World water resources at the beginning of the twenty-first century. **Internacional Hydrology Series**. Cambridge University Press. 2003.

SILVA, L. Química Analítica Avançada: Volumetria de Neutralização. 2011.

SIQUEIRA, L. A. Titulador automático baseado em filmes digitais para determinação de dureza e alcalinidade total em águas minerais/Titulador automático baseado em filmes digitais para determinação de dureza e alcalinidade total em águas minerais. 2016.

SKOOG, D. A., WEST, D. M., HOLLER, F. J., CROUCH, S. R. Fundamentos de Química Analítica. Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo, 2006.

SOARES, F. S., RODRIGUES, R. E., BOSSU, C. M., SOARES, M. S., SANTOS, S. X. D., UEBE, G. O., & SILVA, A. A. Titulador automático em fluxo-batelada utilizando um hardware de código fonte aberto arduino. **Química Nova**, v. 44, p. 341-347, 2021.

SOARES, M.C.P. Titulação ácido-base e formação de solução-tampão. 2013.

SOONG, R., AGMATA, K., DOYLE, T., JENNE, A., ADAMO, A., & SIMPSON, A. J. Rethinking a timeless titration experimental setup through automation and open-source robotic technology: making titration accessible for students of all abilities, 2019.

SKOOG, D. A. et al. **Química analítica**. McGraw-Hill, 1995.

SOUSA, B. L. S., BEZERRA, C. W. B., SILVA, J. R. S., DA SILVA CANTANHEDE, S. C., & CANTANHEDE, L. B. Cenário das publicações CTS/CTSA no ensino de química: revisão bibliográfica de publicações no portal de periódicos da CAPES/CAFE/Science, technology and society and the teaching of chemistry: national overview of academic conceptions. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 27267-27283, 2019.

SOUZA, A. R., PAIXÃO, A. C., UZÊDA, D. D., DIAS, M. A., DUARTE, S., AMORIM, H. S. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 1702, 2011.

SOUZA, V. M.; RODRIGUES, S. S.; RAMOS, M. G. A experimentação em sala de aula: concepções de professores de Ciências e Matemática. *Desenvolvimento Curricular e Didática*, Aveiro, vol. 8, n.1, p. 584598, 2016.

STEPHEN, W. I., CAMPBELL, W. A., KEATTCH, C. J. e MACKENZIE, R. C. Alguns marcos históricos da química analítica. In: *Procedimentos Analíticos*. **Royal Society of Chemistry**, p. 73-81, 1980.

SUSSUCHI, E. M.; MORAES, S. M. F.; DE SOUZA, M. V. R. Titulação ácido-base. **Química I**, p. 212-24, 2008.

TERCI, D. B. L., & ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução? **Química Nova**, v. 25, p. 684-688, 2002.

TERRA, J. & ROSSI, A. V. Sobre o desenvolvimento da análise volumétrica e algumas aplicações atuais. **Química Nova**, v. 28, p. 166-171, 2005.

TORRES, A. R., LYRA, W. S., ANDRADE, S. I. E., ANDRADE, R. A. N., SILVA, E. C., ARAÚJO, M. C. U., GAIÃO, E.N. A digital image-based method for determining of total acidity in red wines using acid-base titration without indicator, **Talanta**, v.84: 601-606, 2011.

VARGAS COSTA, P. Metodologias Ativas: processo investigativo pela produção de vídeos. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 4, n. 2, p. 180-188, 26 fev. 2021.

VASCONCELOS, C., PRAIA, J. F., & ALMEIDA, L. S. Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. **Psicologia escolar e educacional**, v. 7, p. 11-19, 2003.

VOGEL, A.I. *Análise Química Quantitativa*. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 5ª Ed., Rio de Janeiro, 1992.

VOGEL, A. I.; AFONSO, J. C. *Análise Química Quantitativa*. Grupo Gen-LTC, 2000.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, v. 3, p. 452, 2005.

8. APÊNDICES

Apêndice 1: Códigos de programação do software do Arduino IDE utilizado na titulação automática.

```
//-----BLOCO DE DECLARAÇÃO DAS VARIÁVEIS-----
const int PINO_PH = A0; // PINO ANALÓGICO ONDE O SENSOR DE PH ESTÁ CONECTADO
const int PINO_RELE = 8; // PINO DIGITAL ONDE A CHAVE ESTÁ CONECTADA
float RZ = 0.052; //COEFICIENTE DE VAZÃO DA BOMBA EM ML/SEG(AZER O CALCULO NA PRÁTICA)
float VOL; //VARIÁVEL VOLUME
unsigned long INICIA_CONTAGEM_TEMPO; //INICIA O TIMER
unsigned long ENCERRA_CONTAGEM_TEMPO; //ENCERRA O TIMER
unsigned long TEMPO_INICIAL; //GUARDA A CONTAGEM DE TEMPO INICIAL
const int BOTAO_INICIALIZAR = 2; //BOTÃO LIGA/DESLIGA
bool CONTROLE_TEMPO = false;

void setup() {
  Serial.begin(9600); //HABILITA O TERMINAL SERIAL
  pinMode(PINO_RELE, OUTPUT); //DEFINE O PINO DE CONTROLE DA BOMBA COMO SAÍDA
  pinMode(BOTAO_INICIALIZAR, INPUT); //DEFINE O PINO DO BOTÃO LIGA E DESLIGA COMO ENTRADA
}

void loop() {
//-----BLOCO DE LEITURA DO SENSOR E CONVERSÃO PARA PH-----
int PH_DATA = analogRead(PINO_PH); // REALIZA LEITURA DO SENSOR DE PH (0 - 1023) 1024 VALORES
float PH = (float)(2.8*(PH_DATA/1024.0*5.0)); // CONVERTER A LEITURA DO SENSOR PARA VALOR DE PH
Serial.print(" pH : ");
Serial.println(PH); // IMPRIME O VALOR DO PH NO TERMINAL SERIAL
//-----BLOCO DE CONTROLE-----
if (digitalRead(BOTAO_INICIALIZAR) == HIGH && !CONTROLE_TEMPO && (PH >= 7.0 && PH <= 7.5)) {
  INICIA_CONTAGEM_TEMPO = millis(); //INICIALIZA A FUNÇÃO DE CONTAGEM
  TEMPO_INICIAL = INICIA_CONTAGEM_TEMPO; //GUARDA O TEMPO INICIAL
  CONTROLE_TEMPO = true; // MUDA O VALOR DE CONTROLE DE TEMPO PARA SETAR O PRÓXIMO BLOCO
  digitalWrite(PINO_RELE, LOW); //SETA O PINO DE CONTROLE PARA LIGAR A BOMBA(ACIONA O RELÉ)
}
if (digitalRead(BOTAO_INICIALIZAR) == HIGH && CONTROLE_TEMPO && (PH >= 7.0 && PH <= 7.5)) {
  digitalWrite(PINO_RELE, HIGH); //DESLIGA A BOMBA(RELÉ)
  ENCERRA_CONTAGEM_TEMPO = millis(); // GUARDA O TEMPO FINAL
  VOL = RZ*((ENCERRA_CONTAGEM_TEMPO - TEMPO_INICIAL)/1000); //CALCULA O VOLUME COM BASE NO TEMPO INICIAL E FINAL DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA
  CONTROLE_TEMPO = false; // MUDA O VALOR DE CONTROLE DE TEMPO PARA SAIR DO BLOCO
}
//----- BLOCO DE CONTROLE DE TEMPO DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA-----
if (CONTROLE_TEMPO == true && digitalRead(BOTAO_INICIALIZAR) == HIGH) {
  digitalWrite(PINO_RELE, LOW); //LIGA O MOTOR POR DETERMINADO TEMPO
  delay(15);
  digitalWrite(PINO_RELE, HIGH); // DESLIGA O MOTOR POR DETERMINADO TEMPO
  delay(1500);
}
if (digitalRead(BOTAO_INICIALIZAR) == LOW) {
  digitalWrite(PINO_RELE, HIGH); //DESLIGA A BOMBA CASO O BOTÃO SEJA DESLIGADO
  VOL = 0; //SETA O VALOR DE VOLUME PARA ZERO
} else {
  Serial.print("Volume: ");
  Serial.println(VOL); //IMPRIME O VALOR DO VOLUME QUANDO O PH DESEJÁVEL É ALCANÇADO
}
delay(500); //ATUALIZA OS VALORES A CADA MEIO SEGUNDO
}

```

Apêndice 2: Proposta do plano de ensino de uma aula experimental para alunos de ensino básico**PLANO DE ENSINO**

- Fundamentos da titulação ácido-base.
- A Química ambiental – poluição da água

I – OBJETIVOS**OBJETIVO GERAL / HABILIDADE**

- Compreender o funcionamento de titulações ácido-base.
- Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Revisar conceitos ácido-base; principais teorias ácido-base;
- Entender o princípio da equivalência e titulação
- Demonstrar a construção do titulador automático controlado por ARDUINO

III– CONTEÚDO PROGRAMÁTICO**BASES CIENTÍFICAS**

- Equilíbrio ácido-base;
- Conceito de pH;
- Fundamentos básicos de potenciometria;
- Princípios da indústria 4.0

IV– RECURSOS DIDÁTICOS**ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS**

As aulas serão expositivas com data show, com utilização de todos os recursos didáticos do Power Point e quadro branco, e aulas no laboratório didático para o desenvolvimento da atividade experimental

V- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA**

Inicialmente a teoria será abordada de maneira investigativa. Pretende-se assim, reconhecer quais pressupostos teóricos os alunos possuem sobre os conceitos de ácido-base, como: carácter, principais características, exemplos de ácidos mais comuns e possíveis aplicações. Após esta, inicia-se a etapa descritiva por meio de diálogo informativo. Nesta etapa a participação ativa do aluno dar-se-á através de interrogativas a respeito da temática ao longo da aula. A contextualização faz-se necessária neste ato: o discente far-se-á protagonista do processo ensino-aprendizagem, bem como terá percepção de como a Química apresenta-se em seu cotidiano nas diferentes dimensões, seja macroscópica, submicroscópica ou por meio das representações químicas – fórmulas. Para tal, será utilizado como suporte didático apresentar alguns exemplos de avaliações de pH de rios e lagos da própria região. A partir disso, será desenvolvido uma aula de ensino experimental de demonstração da construção do titulador automático e comparação com a titulação clássica.

V- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**REFERÊNCIAS**

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula.** In: CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson, 2004.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. **Ensino Experimental de Química: uma abordagem investigativa contextualizada.** Química Nova, v.32, n.2, 101-106, 2010.

LEAL, M.C. **Didática da Química: fundamentos e práticas para o Ensino Médio.** Belo Horizonte: Dimensão, 2009. 120 p.

OLIVEIRA, A.F. **Equilíbrio Químico em Solução Aquosa Orientados à Aplicação: Sistemas Ácido-Base De Bronsted e outros Equilíbrios.** Campinas: Átomo, 2009.

ATKINS, P.W.; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente.** 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965 p.

PROPOSTA DO PLANO DE AULA

Escola:	Estadual Tomaszinho Meirelles (GM3)	Componente Curricular: Química		Ano Letivo: 2023
Professor (a):	Francisco Brga de Castro	Série: 1° e 2° Ano	Etapa: Ensino Médio	C. Horária Semanal: 02
Eixo Temático:	Química Verde e impactos ambientais Química Ambiental no Amazonas	Bimestre: 3°	Número de Aulas: 03 aulas	Tempo Hora/Aula: 50 min.
Eixos Estruturantes :	<input type="checkbox"/> Investigação Científica <input type="checkbox"/> Mediação e Intervenção Sociocultural <input type="checkbox"/> Processos Criativos <input type="checkbox"/> Empreendedorismo			
Contextualização:	Princípios da Química Verde: Análise em Tempo real para a prevenção da poluição (11° princípio) Química Ambiental: poluição – impactos negativos das atividades humanas (vazamento de petróleo em recursos hídricos); equipamentos de análise Química Analítica: Titulação ácido-base: placa eletrônica – Arduino (indústria 4.0); práticas sustentáveis – ODS (6 e 14) – água potável e saneamento, vida na água.			
Competência BNCC:	Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).			
Habilidades	Conteúdo Curricular	Estratégia Metodológica	Avaliação	
EM13CNT301:				

EM13CNT301: Etapa de Ensino: EM; Área de Ensino: 1-3: qualquer série do EM; CNT-Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Competência Específica 3, Habilidade 01.

EM13CNT301: Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Q.V: Desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.