

**UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL**

Construção de um fotômetro de baixo custo com fins didáticos para a utilização no componente curricular de Análises Físico-químicas de Águas e Efluentes de uma ETEC



**Mestranda
Glicia Alves Aleixo
Orientador
Prof. Dr. Arnaldo Alves Cardoso**

PROFQUI
Produto Educacional
PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL

**Araraquara
2022**

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a educação passou por vários modelos de ensino e todos procuravam ensinar conceitos aos alunos dentro de sala de aula. Investir na educação é um processo contínuo, que tem perpetuado de professor para professor (ALVES FILHO, 2000). Os avanços tecnológicos têm alcançado as salas de aula, tornando a educação cada dia mais desafiadora para os educadores.

Quando se trata do ensino de ciências, principalmente o ensino de Química, os métodos didáticos são inúmeros e desafiam os professores a serem mais criativos. Contudo, algumas ações requerem materiais e equipamentos para uso na sala de aula. Isto significa que mudanças na forma de apresentar o conteúdo demandam investimentos, não só de tempo do professor, mas também em dinheiro para aquisição dos materiais. Por exemplo, simular um laboratório químico de análises, requer reagentes, vidrarias e equipamentos de análise, que é o mais custoso.

Ao encontrar estes obstáculos e as demandas que ficam cada vez mais rígidas, seja pelos critérios para se sobressair na sua área de atuação ou para contemplar tudo o que é exigido por legislações de educação, muitos desanimam.

A falta de investimento no aprimoramento do professor e na melhoria dos laboratórios para experimentos práticos é comum no Brasil. Por estes e outros motivos, como alunos sem acompanhamento, infraestrutura ruim e pouco investimento (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010), a educação pública brasileira tem sido desacreditada. Assim, o aluno sai mal preparado para desempenhar o papel que almejava e para atuar na sociedade de forma produtiva. Com o intuito de buscar uma alternativa para contornar essa situação comum e frequente nas escolas, esse projeto procura ensinar os alunos sobre a construção de um fotômetro de baixo custo e fácil reprodução. Posteriormente, o equipamento foi utilizado para fortalecer o aprendizado de química prática nas aulas de Análise Físico-Química de Águas e Efluentes, de uma Escola Técnica Estadual (ETEC).

Os princípios teóricos apresentados pelo docente podem ser mais bem compreendidos nas aulas práticas, pois é neste momento que a contextualização fica mais clara e específica (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

Os conceitos teórico-práticos mais específicos, tais como os fenômenos analíticos e espectroscópicos, têm como objetivo o preparo do aluno para o período

após o término do ensino básico. Além disso, pretendem fazer com que o estudante entenda melhor a relevância e aplicabilidade destes conceitos para inúmeros propósitos da facilidade instrumental, comparando-os aos diversos métodos analíticos disponíveis. Diante desse tema, o fotômetro é um dos equipamentos de uso comum em diversas análises químicas e, por isso, requer atenção no processo de formação do aluno de um curso técnico.

O fotômetro é um dos instrumentos analíticos mais simples e mais utilizados em análises para demandas diárias. Por exemplo, na execução de diferentes processos que requerem determinar medidas de concentração com objetivo final de quantificar analitos (SKOOG; HOLLER; CROUCH, 2009).

Os avanços tecnológicos ocorrem a todo o tempo, com isso a tendência de diminuir as dimensões físicas e facilitar o uso e transporte dos aparelhos, sem perder a utilidade é muito comum e tem ocorrido também na química analítica. Por isso, o uso frequente de equipamentos portáteis e móveis com dimensões o *LED (Light Emitting Diode)* e o *LDR (Light Dependent Resistor)*, cada vez menores, como tem ocupado lugar de destaque como alternativa para a construção de equipamentos analíticos. No entanto, é importante destacar que os princípios químicos envolvidos nas reações e como ocorre o processo de medida do sinal analítico não mudam, independente da complexidade técnica do equipamento de medida. Com base nesta premissa, a construção e utilização de um fotômetro pode ser uma alternativa simples, para que o aluno se sinta seguro para reconhecer e operar equipamentos mais complexos baseados nos mesmos princípios de medida de sinal analítico.

Com isso, os principais analitos mencionados no controle da potabilidade da água poderiam ser monitorados pelo fotômetro. A construção do equipamento requer uma metodologia e amostragem específicas, além dos procedimentos para a validação analítica, que são confiabilidade e verificação dos dados conhecidos como figuras de mérito (SKOOG; HOLLER; CROUCH, 2009).

2 Objetivo Geral

Construir um fotômetro de baixo custo para ser utilizado na sala de aula de uma ETEC, como ferramenta didática para auxiliar nos fundamentos de análise de águas e efluentes.

3 Referencial Teórico

3.1 Cor, Colorimetria e o espectro visível

Cor é definida como a impressão produzida no olho pela luz, seja pela sua própria natureza ou pela maneira a qual se difunde nos objetos. A aparência dos corpos é traduzida no modo como refletem ou absorvem a luz. A cor depende basicamente de três condições fundamentais: A fonte luminosa, o objeto iluminado e o detector da luz.

A fonte luminosa emite um conjunto de frequências radiativas luminosas que chegam até o objeto. O objeto ao receber esse conjunto de radiações, absorve parte desta luz e reflete parte dessas radiações. A radiação refletida é capturada por um detector. E o detector é responsável por gerar um sinal proporcional à luz que chega até ele, os olhos humanos o sinal gera em nosso cérebro uma cor.

Dito isso, Lucas (LUCAS, et al. 1996 *apud* BERTOLINI, 2010, p. 18) afirma que não é possível ver as cores no escuro e o que chamamos de luz é uma parte do espectro de ondas eletromagnéticas visto pelo olho humano. A luz por definição é uma radiação eletromagnética que se propaga no espaço. Desta forma, o que o ser humano pode visualizar é o espectro encontrado na faixa entre 380nm¹ a 780nm o que é relativamente pouco, conforme Tornquist (2008), para visualização a figura 1 representa essa faixa de luz visível.

¹ Nanômetro é uma unidade de medida que corresponde a milionésima parte do metro (10⁻⁹ metros) (TORQUINST, 2008, p. 31).

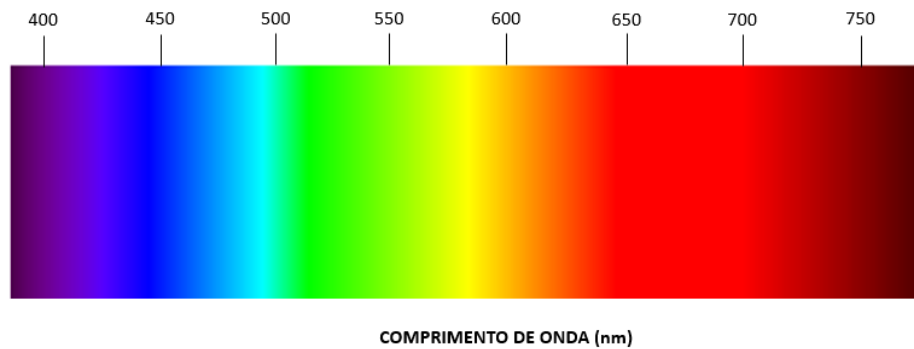


Figura 1. Cores do *espectro* visível de acordo com o comprimento de onda (Fonte: Autor)

3.2 Comprimento de onda

Este conceito é definido como “a distância entre duas posições consecutivas e idênticas (ou em fase) na direção de propagação de uma onda” (NADIR; MACHADO, 2016, p. 12), pode ser calculada como a distância entre dois picos e é representado pela letra grega lambda (λ).

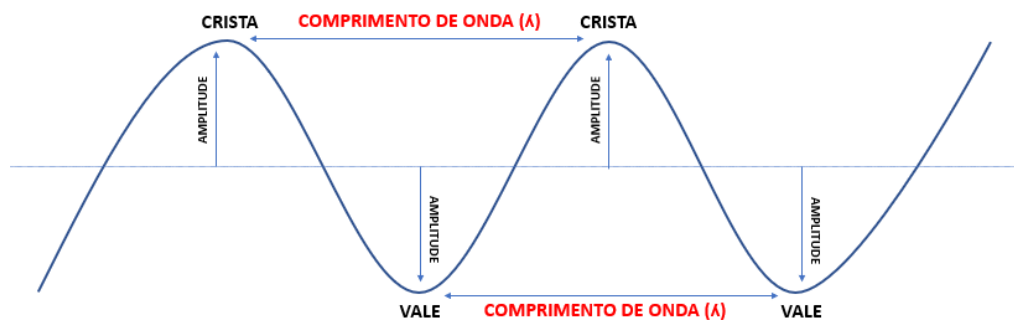


Figura 2. Comprimento de onda (Fonte: Autor)

O comprimento de onda está relacionado à energia da radiação luminosa pela equação de Planck:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Onde: E = energia; h = a constante de Planck; c = a velocidade da luz; e λ = o comprimento de onda. Podemos generalizar que quanto maior o comprimento de onda (λ) menor a energia.

A matéria pode interagir com a luz por meio da absorção. Neste caso, a energia da radiação luminosa é transferida para o átomo ou para ligação química da molécula. O resultado é que a intensidade de luz após atravessar e deixar a matéria, será menor

que a intensidade original da luz. Para que ocorra a absorção da luz, é essencial que a luz tenha energia exatamente igual à energia necessária para excitar elétrons de uma ligação para outro estado bem definido.

A cor de uma amostra é compatível com a eficiência dela em absorver a luz na região visível do espectro eletromagnético. Para analisar uma amostra utilizando a intensidade da absorção de luz por um constituinte colorido, é necessário conhecer a grandeza do comprimento de onda da absorção de luz. É importante conhecer a radiação absorvida, e não a radiação refletida. Existem muitas maneiras de proceder para escolher as regiões do espectro visível, por isso, destaca-se a lista de cores complementares na tabela abaixo (VOGEL, 2019).

Tabela 1. Lista de cores no espectro de luz (Fonte: Autor)

Comprimento de onda (nm)	Cor (transmitida)
400 - 435	Violeta
435 - 480	Azul
480 - 490	Azul – Esverdeado
490 - 500	Verde – Azulado
500- 560	Verde
560 - 580	Verde – Amarelado
580 - 595	Amarelo
595 - 610	Laranja
610 - 750	Vermelho

A cor de uma solução ou a absorção de luz dependem da concentração das moléculas presentes no caminho da luz. Com o mesmo caminho, cores e intensidade de absorção de luz dependem da concentração do elemento absorvente na solução.

3.3 Espectrofotômetro e fotômetro

A variação da concentração e da intensidade da cor de uma amostra é o princípio básico da Colorimetria. A cor pode ser uma propriedade do componente da amostra a ser analisado ou resultado da formação de um composto colorido como resultado de uma reação química específica.

As técnicas analíticas colorimétricas são realizadas basicamente com o princípio de comparação das cores, dessa forma a cor produzida pela amostra a ser analisada e comparada com uma amostra de mesma cor, porém de concentração

conhecida (Vogel, 2019). A absorção de luz por uma solução requer conhecer o comprimento de onda do material analisado e conhecer a intensidade da luz antes e depois dela atravessar a amostra. Na Química, essas medidas são denominadas transmitância (T) e absorbância (A).

A transmitância expressa a quota de energia luminosa que atravessa a espessura de um determinado material, sem ser absorvida. Essa medida é dada em porcentagem relativa à quantidade do comprimento de onda da radiação luminosa incidente e da energia.

Já a absorbância expressa o contingente de energia luminosa que é absorvida pela espessura de um determinado material. Essa medida também é dada em porcentagem relativa à quantidade do comprimento de onda da radiação luminosa incidente e da energia.

Essas medidas são complementares, de forma que somadas resultem em 1 ou 100%. Por exemplo, se 75% da luz é absorvida, significa que 25% é transmitida quando comparadas pelo mesmo comprimento de onda incidente ou energia. (GAUTO; GONÇALVES; ROSA, 2013).

$$A = -\log \frac{T}{T_0} = -\log \frac{R_{\text{branco}}}{R_{\text{amostra}}}$$

A representação acima expressa a resultante de resistência que corresponde ao branco analito de 100% de transmitância. Isso significa que os valores expressos em resistência podem ser convertidos por transmitância e em seguida substituídos por absorbância. Esses valores podem ser expressos em condutância (G), ao ponto que a condutância é o contrário de resistência. Pode-se afirmar que também há uma relação entre a condutância e a absorbância. (CARDOSO, 2010).

$$R = \frac{1}{G} \quad \text{sendo assim,} \quad A = -\log \frac{G_{\text{amostra}}}{G_{\text{branco}}}$$

O espectrofotômetro é um instrumento de medida baseado no método de análise óptica, que por sua vez compara a radiação transmitida ou absorvida por uma amostra. Para Vogel (2019), o espectrofotômetro opera com uma fonte de radiação que emite luz dentro da faixa que vai do infravermelho até o todo visível. A sua utilização é importante para amostras em que ainda não se conhece o comprimento de onda de absorção. É possível usando o espectrofotômetro, fazer uma varredura dentro do espectro da luz emitida e medir a luz absorvida. Com isto, pode-se selecionar o comprimento de onda usado para fazer a medida. Isso faz com que o

espectrofotômetro seja relativamente mais complexo eletronicamente, decorrente disso o seu valor de aquisição eleva-se. Quando uma análise faz uso de um método bem estabelecido, o comprimento de onda de medida é estipulado previamente. Neste caso, a medida é feita apenas ajustando o espectrofotômetro no comprimento de onda estipulado no método.

Já o fotômetro, é um instrumento que possui uma fonte que emite luz em comprimentos de onda dentro de uma faixa mais restrita. A luz pode passar previamente por filtros coloridos, para restringir o comprimento de onda de luz que sofre absorção pela amostra. Ou pode ser originalmente emitida em comprimentos de luz próximo do monocromático com o uso de *LEDs*, por exemplo. Sua construção eletrônica é mais simples, portanto, seu custo é bem menor que o de um espectrofotômetro. Assim, um fotômetro pode ser utilizado com vantagens em análises que fazem uso de um método estabelecido, onde o comprimento de onda de medida foi estipulado previamente. Esse método é muito utilizado para determinar quantidades baixas de substâncias, em concentrações menores que 2% e acima de $10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$

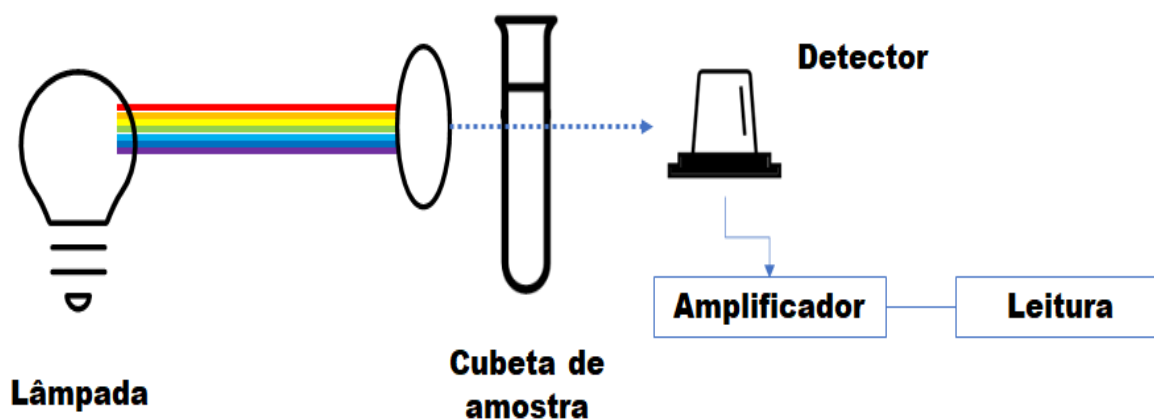


Figura 3. Esquema de um fotômetro químico (Fonte: Autor)

O fotoresistor *LDR* é construído de um semicondutor de alta resistência (*R*), tal resistência diminui à medida que a intensidade da luz aumenta. Ao atravessar a espessura do material escolhido, a luz terá a sua energia diminuída, dado a uma quota dessa energia sendo absorvida pelas espécies absorventes contidas na amostra, resultando no aumento da resistência, ou seja, há uma correlação entre a resistência e a concentração do analito.

3.4 A lei de Lambert-Beer

Conhecida como a lei de Bouguer-Lambert-Beer, lei de Lambert-Beer ou lei de Beer-Lambert, é uma medida muito utilizada para indicar a concentração de substâncias. Tal lei é o compilado das pesquisas científicas de August Beer (1825-1863), Johann Lambert (1728-1777) e Pierre Bouguer (1698-1758).

A conclusão dos trabalhos de Lambert e Bouguer é baseada em que a intensidade da luz emitida diminui de forma exponencial, conforme a espessura do meio absorvente eleva-se de forma aritmética. Normalmente, Lambert é quem confere essa relação, referenciada em Bouguer. Tempos depois, Beer divulgou que a concentração da amostra aumenta de forma aritmética, conforme a intensidade que um feixe de luz monocromático diminui exponencialmente.

Com caráter experimental, quando a concentração da amostra for determinada por espectrofotometria, torna-se importante a concentração e o caminho óptico (espessura do meio), sendo o propósito da análise espectrofotométrica UV-Vis determinar a concentração, essa lei é usualmente relacionada como Lei de Beer (ARAUJO FILHO, et al. 2021).

No ano de 1952, Beer presenciou a conexão entre a transmissão e a concentração do meio onde passa o feixe de luz. Uma determinada solução absorve a luz proporcionalmente à concentração molecular do soluto que nela encontra, isto é, a intensidade de um feixe de luz monocromático decresce exponencialmente à medida que a concentração da substância absorvente aumenta aritmeticamente.

Expressa pela equação:

$$I = I_0 \cdot 10^{-kc}$$

Onde: I= Intensidade da luz transmitida; I₀= Intensidade da luz incidente; k= Constante, denominada coeficiente de absorção; e c= Concentração do meio absorvente.

Em meados de 1870, Lambert constatou a conexão entre a transmissão de luz e a espessura da camada do meio absorvente. No momento em que um feixe de luz monocromática ultrapassa um meio transparente homogêneo, cada concentração deste meio absorvia igualmente a fração de luz que ultrapassava, independente da intensidade da luz que incidia. Com base nesse experimento, foi enunciada a seguinte

lei: "A intensidade da luz emitida decresce exponencialmente à medida que a espessura do meio absorvente aumenta aritmeticamente".

Esta pode ser expressa pela seguinte equação:

$$I = I_0 \cdot 10^{-X1}$$

Onde: I= Intensidade da luz transmitida; I₀= Intensidade da luz incidente; x= constante, denominada coeficiente de absorção, que depende do meio absorvente empregado; e 1= Espessura do meio absorvente.

As leis de Lambert-Beer são a base da espectrofotometria. Elas são estudadas conjuntamente, pois a técnica na qual a quantidade de luz absorvida ou transmitida por uma determinada solução, depende da concentração do soluto e da espessura da solução.

A lei de Lambert-Beer é expressa pela seguinte relação matemática:

$$T = e^{-a \cdot l \cdot c}$$

Onde: T= Transmitância; e= Logaritmo Natural de Euler; a= Constante; l= Espessura da solução; e c= Concentração da solução (cor). Convertendo a equação para forma logarítmica:

$$- \ln T = a \cdot l \cdot c$$

Utilizando o logaritmo na base 10, o coeficiente de absorção é convertido no coeficiente de extinção K. Assim: $-\log T = k \cdot l \cdot c$, em que: $k = a/2.303$.

3.5 A Química da água

A água é um dos macroconstituintes químicos fundamentais para a manutenção da vida no planeta. O ciclo biogeoquímico é o movimento executado na natureza para transportar algumas substâncias entre os três reservatórios: solo, atmosfera e corpos de água. Esse processo é importante para reciclar e redistribuir matéria por todo planeta (ADUAN, 2004).

A distribuição de energia proveniente do sol está diretamente relacionada ao ciclo da água. O movimento das águas entre a litosfera e a hidrosfera ocorre na atmosfera através da evaporação dessa energia decorrente da precipitação da água nos seus estados físicos. Ela chega ao solo por meio da infiltração, renova os lençóis freáticos e/ou águas subterrâneas, reabastece os aquíferos e recarrega os afluentes em alguns pontos para formar nascentes (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2009).

A figura 5 apresenta um esquema resumido que ilustra o caminho da água dentro do que é conhecido como o ciclo da água.

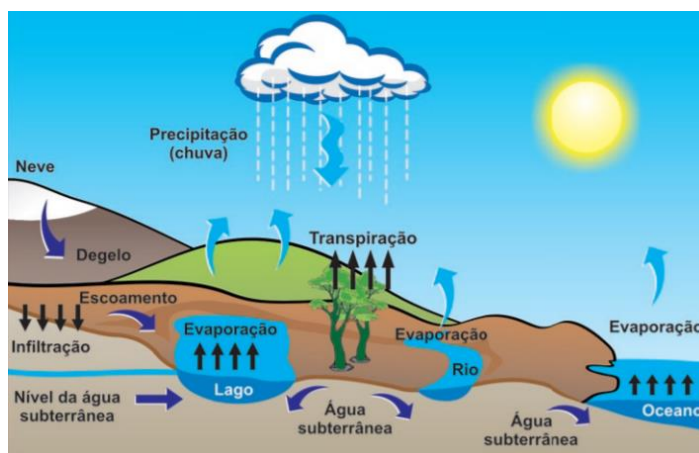


Figura 4. Esquema simplificado do ciclo da água (Fonte: OLIVEIRA, 2009)²

3.6 Poluição da água

A água é um recurso indispensável para a sobrevivência dos seres vivos. Pelos humanos é utilizada com diversos fins, que abrangem desde necessidades individuais alimentares, higiênicas e de lazer, até as produtivas como irrigação agrícola e utilização industrial. O ciclo biogeoquímico da água mostra claramente que se trata de um recurso infinito, entretanto, para atender os mais frequentes usos faz-se necessário a água doce e limpa que é, particularmente, finita.

Em função do uso indiscriminado e com pouco cuidado no seu descarte, chegou-se a uma situação global próxima da escassez. Parte dos rios e lagos estão dentro de diferentes países. O uso indiscriminado por um país pode levar escassez a outro país. Este fato tem resultado em disputas territoriais pelo uso da água. Estima-se que no futuro possam existir conflitos similares ao que ocorreu em 1973 com a crise do petróleo. É possível que, como resultado da escassez da água, ela passe a ser negociada como uma commodity extremamente valiosa, gerando uma possível crise (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2009).

² Oliveira, Gilvan Sampaio de; Silva, Neilton Fidelis da; Henriques, Rachel. Mudanças climáticas: Ensino fundamental e médio. Brasília: MEC, SEB; MCT; AEB, p. 49. 2009. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_pdp_geo_unioeste_carlosedemardelima.pdf>. Acesso em: 08 set. 2021.

Mitigar esses conflitos é um dos temas que precisa ser mais bem discutido entre governos e com a participação da população pelos meios de comunicação. E a questão da poluição da água é um dos mais preocupantes, por isso é importante que o termo “poluição” seja entendido plenamente. Sabe-se que é essencialmente a degradação do meio ambiente é provocada pela ação do homem, seja pela deterioração das propriedades químicas ou físicas de um ecossistema ou pelo acúmulo/retirada de suas substâncias.

3.7 Qualidade da água

A água potável deve ser insípida, incolor e inodora, esses são padrões mínimos de aceitabilidade humana. Mas, como saberemos se ela está nos padrões de qualidade para uma ingestão segura? Ao longo dos anos a qualidade da água passou a ser relacionada com diferentes compostos dissolvidos nela. Com isto, foi possível que legislações para controle de qualidade de água fossem estabelecidas. Com o passar dos anos técnicas de análises químicas foram aprimoradas com o desenvolvimento de novos equipamentos de análise. Hoje é possível caracterizar águas dentro de padrões estabelecidos e aceitos por órgãos de controle. Os métodos de análises químicas dos parâmetros de qualidade de água aceitos são aqueles estabelecidos pelos órgãos de controle oficial de cada país.

Porém, invariavelmente eles seguem os métodos descritos no livro *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, diretamente traduzido como “Métodos padrão para o exame de água e esgoto”, sua primeira versão foi publicada em 1905, pela organização *American Public Health Association* que é formada por uma equipe de especialistas em saúde pública, com sede em Washington, D.C (EUA).

A publicação já está em sua 23ª edição e este livro de referência possui centenas de métodos analíticos para determinar padrões de qualidade das águas. Métodos estes que foram desenvolvidos por vários especialistas em qualidade da água, membros do Comitê de Métodos Padrão Americano (SMC) que é responsável pelas revisões e aprovações dos métodos que compõem a publicação.

Conforme Nardelli e Pimenta (2015) a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável se reuniu para discutir ações mundiais e tratar de assuntos de extrema urgência nas áreas de interesse comum, assim foram

desenvolvidos os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), esses são indicadores composto por 169 metas distribuídas entre dezessete objetivos a serem atingidos até 2030. Estes estão disponíveis e podem ser explorados no site elaborado pela Organização das Nações Unidas³. Desses objetivos, dois estão diretamente relacionados à água, cabe destacar os itens “6 - Água potável e saneamento básico” e “14 – Vida na água”. É por esse motivo que garantir a qualidade da água é tão importante, e para realizar esse feito são necessárias técnicas analíticas rápidas, precisas e que estejam em conformidade com a legislação local.

3.8 Equipamentos analíticos de baixo custo e pesquisas na área

A construção e utilização de equipamentos analíticos de baixo custo vem se tornando cada dia mais notória nos processos de ensino aprendizagem de Química e química analítica. Este é o caso de alguns trabalhos realizados com alunos de diversos cursos de graduação e pós-graduação em Química por todo o país, nota-se que encontramos projetos nesse perfil aplicados em diferentes áreas do conhecimento evidenciando a popularização do método.

O trabalho que serviu como inspiração para este projeto foi o trabalho de conclusão de curso intitulado *Desenvolvimento de equipamento analítico portátil para determinação de fósforo em insumos agropecuários* (CARDOSO, 2010). No qual, o autor realiza a construção do equipamento a base de LED com fins didáticos e aplica em uma turma do curso de Química no IQ da UNESP de Araraquara, na disciplina de Espectroanalítica. Deste modo foi possível a melhor compreensão por parte dos pesquisados acerca funcionamento de um fotômetro portátil.

Cita-se a dissertação de mestrado *Desenvolvimento de um fotômetro com fins didáticos* (MOTA, 2010), pois, além de ter como base o LED e o método de azul de molibdênio, o equipamento foi desenvolvido e utilizado em um curso de graduação na disciplina de instrumentação analítica, totalizando seu custo em aproximadamente R\$300,00. O autor sugere a que a reprodução possa ser feita sem maiores dificuldades pelos estudantes de graduação e professores, por apresentar baixo custo

³ Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/>>. Acesso em: 08 set. 2021.

e a aquisição dos materiais utilizados ser possível em casas de materiais especializadas em eletrônica.

Já o trabalho de conclusão de curso intitulado *Ensino por experimentação: Aplicação de um experimento para o Ensino de Química* produzido por Ximenes, 2021, traz uma sugestão de sequência didática muito interessante a ser aplicada na educação básica. Onde os alunos podem contemplar na prática conceitos de espectrofotometria, interação da radiação e química analítica.

Ainda no ensino básico, vale mencionar a dissertação de mestrado *Fotômetro portátil de baixo custo: experimentação e contextualização no ensino de química da educação básica* (LEITE, 2014), nesse trabalho o autor traz uma proposta de sequência didática para o ensino básico de Química utilizando o fotômetro desenvolvido, apresenta como é realizado o desenvolvimento do equipamento com os materiais de baixo custo e aquisição acessível, e ainda sugere que o mesmo pode ser replicado na educação básica por qualquer professor de Química para utilização em medidas de comprimento de onda na região visível que podem ser expressas tanto qualitativamente, quanto quantitativamente. Por fim, cita que as soluções padrão foram preparadas com alaranjado de metila.

Dentro da coletânea de dissertações do PROFQUI⁴, é possível dar destaque a três trabalhos envolvendo estudos com equipamentos analíticos de baixo custo, como *Emprego de dispositivo portátil no ensino de Química: Determinação de cloro residual livre em água potável* (ROSAR, 2020), *Repolhometro e Fotorrepolhometro: pHmetros de baixo custo para uso no Ensino Médio* (SILVA, 2020) e *Construção de um equipamento multifuncional de baixo custo para análises fluorimétricas e fotométricas: Uma opção para abordagens contextualizadas no ensino médio e superior* (SIMÕES, 2020). Além da utilização de materiais de baixo custo para a produção de equipamentos analíticos, essas pesquisas foram realizadas na Educação Básica e

⁴ O Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI é um programa de pós-graduação semipresencial, stricto sensu, na modalidade mestrado profissional na área de Química com oferta nacional. É formado por uma rede de Instituições de Ensino Superior, no contexto da Universidade Aberta do Brasil/Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e coordenado pelo Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, tendo a cogestão da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) e o apoio das Instituições Associadas. Disponível em: <<https://profqui.iq.ufrj.br>>. Acesso em: 29 jan. 2022.

algumas podem ser facilmente reproduzidas em qualquer ambiente escolar, dispensando a obrigatoriedade da existência de laboratório didático. Também são aplicáveis ao controle e qualidade da água, pois trazem resultados qualitativos que abordam conceitos de luz e cor.

Sendo assim, fomenta-se com grandes estudos a fim de inspirar e orientar os professores a realizar cada vez mais atividades experimentais com materiais simples. E vem sendo observado um crescimento de pesquisas que expõe a utilização destes instrumentos analíticos artesanais em diversos componentes curriculares, principalmente em Química, justamente por serem de simples manuseio e demandarem pouco investimento.

3.9 Educação em foco e o ensino de química

Para o desenvolvimento desta pesquisa precisamos estabelecer algumas informações periféricas importantes, o entendimento acerca da influência que os últimos cinquenta anos exerceram sobre a educação está entre elas, seja em perspectiva histórica, pedagógica ou legislativa as mudanças que tomaram lugar neste período trouxeram mais mudanças e evoluções que qualquer outro, desde a educação jesuítica, podemos dizer que estes últimos cinquenta anos no Brasil foram determinantes em termos de educação geral, educação de ciências e educação profissionalizante. Para entendermos brevemente esta influência traz-se o termo “reforma”, que para o âmbito educacional significa:

Uma iniciativa do estado que estabelece objetivos e critérios claros e ambiciosos, recorre a todas as instâncias políticas para apoiá-la, estimulando iniciativas no nível das escolas e mobilizando recursos financeiros para sustentar as mudanças propostas (TIMPANE e WHITE, 1998 *apud* KRASILCHIK, 2000, p. 86)

O momento que vivemos de reformas escolares é o resultado de um processo tendencioso para a centralização do Estado como emissor de normas e regulamentos. Krasilchik (2000) traz em seu estudo histórico das reformas e realidades do ensino de ciências a análise sobre os objetivos de cada tendência de ensino desde a Guerra Fria. Destacamos que à medida que a sociedade se encaminha para a globalização, evoluímos nossa forma de ensinar. Em 1950, o objetivo do ensino era formar uma elite e em 1970 passou a ser formar um cidadão trabalhador, inclusive grande parte das

legislações que baseiam o ensino profissionalizante vêm desta época, pois o Brasil procurava se tornar independente no que se tratava de produtos industrializados e tecnologia.

Desta forma, o ensino de ciências passa a estar presente e se destacar na escola desde o 1º ano do ensino médio nas matérias de física, química e biologia com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, de 1961. A partir de 1964, com a ditadura militar, as disciplinas de ciências são descaracterizadas de sua função de desenvolver o caráter crítico e o método científico, e são atribuídas caráter profissionalizante. Cabe comparar que tal movimento ocorreu no âmbito das escolas públicas as escolas, as instituições particulares continuaram a preparar seus alunos para o ensino superior.

Contudo, à medida que nos aproximamos do mundo globalizado, em 1996, a escola se vê com a oportunidade e o dever de vincular-se ao mundo do trabalho e a prática social de maneira equilibrada, ou seja, formar o cidadão-trabalhador-estudante, preparado para o trabalho e para a cidadania com a autonomia de continuar aprendendo.

Para o pleno entendimento desta proposta é importante situar-se em algumas concepções didáticas que norteiam o trabalho pedagógico e a junção da teoria com a prática. Apesar de hoje sofrer inúmeras críticas, a concepção empirista embasou os textos e a prática didática durante muito tempo, nela o aluno era caracterizado como “tabula rasa” e sua mente como um recipiente limpo de concepções e ideologias, pronta para receber os saberes transmitidos pelo professor, tal prática não supre as necessidades dos alunos e da sociedade a partir da década de 80. (POPPER; ECCLES, 1991)

As experiências pessoais, a história de vida e os conhecimentos provindos da popularização das mídias e da informação presentes no aluno, que deram conta das relações com o mundo em que ele viveu até aquele momento precisavam ser levadas em conta. A partir disso, um processo interativo de aprendizagem surgiu fortalecendo a concepção construtivista que causou uma crise na demanda de novos textos didáticos reestruturados dentro de seus parâmetros, e conflito porque a prática pedagógica, como dito, seguiu durante muito tempo a aprendizagem onde o professor era detentor de todo o saber e o aluno era receptor. (VYGOTSKY, 1989)

Doravante desta crise e conflito, no final da década de 90 estabeleceu-se um momento histórico na educação e para o ensino de ciências, os princípios e diretrizes

curriculares precisam seguir a prática construtivista isolada que estava se fortificando para unificar de forma coerente o paradigma da educação. No âmbito das ciências da natureza, a concretização mais significativa da aproximação da teoria com a prática é o saber “laboratorial”, expresso desta forma porque ele pode ocorrer tanto dentro do laboratório, ambiente controlado e específico para a aplicação das teorias, ou em sala de aula.

Tamir (1991) reuniu a partir de diversos autores “as cinco principais razões que podem ser oferecidas como motivo para o laboratório de ciências na escola”: o primeiro motivo é a necessidade que certos alunos, com dificuldade de aprendizagem, têm do concreto; o segundo é explicado como a participação do aluno no processo de investigação real, no espírito científico da ciência e desenvolvimento de procedimentos relativos às habilidades de resolução de problema; a terceira razão prioriza as habilidades e estratégias com efeitos generalizáveis; o quarto motivo leva em conta as ideias prévias dos alunos no sentido de que o laboratório exerce função do espaço para identificar, diagnosticar e explicar; por fim, a quinta razão traz um dos conceitos mais importantes, que atividades e trabalhos práticos têm maior impacto na motivação e interesse dos alunos nas matérias de ciências.

Porém, a falta de um laboratório propriamente dito não deve desanimar o professor a inovar e trazer atividades em que os alunos realmente aplicam os conhecimentos adquiridos em sala e seus conhecimentos de mundo. Interação é a palavra-chave aqui, seja interação com analitos, instrumentos de laboratório e procedimentos de segurança, ou uns com os outros e com os conceitos a partir de instrumentos do dia a dia. O laboratório didático tem o caráter de elemento e prática mediadora para o ensino das ciências dentro do ambiente escolar. (ROSA, 2003)

Nos limitando a partir de agora ao ensino da química, Chassot (2003) fala sobre alfabetização científica e defende que os ensinamentos e conhecimentos químicos devem ser praticados dentro de uma concepção que leve em conta seu papel social, formando cidadãos conscientes, competentes e críticos através do ensino teórico articulado com a prática social, desempenhando papel de facilitador na leitura do mundo. É neste sentido que a prática construtivista e o ensino de química mais se encontram, pois este segundo elemento apropria-se, principalmente, da função de fornecer ao homem uma visão crítica do mundo, podendo analisar e compreender a

química no cotidiano e a partir disso perceber e interferir para melhorar sua qualidade de vida.

Por isso, se estabelece que é necessário nos afastar das aulas de simples memorização, cálculos e medições estritamente teóricos e nomes de elementos da tabela periódica, para vincular as aulas aos conhecimentos do cotidiano. Seja utilizando o laboratório que é fornecido pela escola ou dentro de sala de aula, cabe trazer temas e práticas acessíveis e usuais aos alunos, como análise de águas. Não deve haver uma dicotomização da teoria e da prática em momentos isolados, mas sim uma vinculação com o intuito de combater a rejeição imposta pelos alunos para com as aulas de ciências, que são consideradas de difícil compreensão.

De tal forma analisar as práticas pedagógicas pode servir para explicar orientações metodológicas, porque é comum encontrarmos ambientes diferentes quando tratamos do ensino das ciências em relação a escolas particulares, públicas e de ensino profissionalizante. No geral, o ambiente escolar conta com alguns aspectos característicos em sua dinâmica, relações de poder e interesses entre os personagens próprios do ensino, além disso neste espaço alguns valores são preservados conforme o local e a comunidade, mas outros seguem, ou tentam seguir, movimentos e concepções sociais.

Nesta razão, é importante analisar a partir de um estudo comparativo, como apresenta Trevisan e Martins (2008) dois destes ambientes característicos no objetivo de entender o que preconiza o trabalho do professor que tem acesso ao laboratório, mesmo assim se reveste de práticas desconexas ou precárias, e entender de que formas o uso coerente do laboratório didático pode incentivar o interesse. Também, a autora levanta a questão de que apesar de estar explicitado nos Parâmetros Curriculares Nacionais que a “experimentação” no ensino médio tem caráter pedagógico, a estrutura do laboratório muitas vezes não é o suficiente para suprir esta necessidade, por conta de uma defasagem na própria formação inicial do professor de química, que não se vê preparado e seguro para bem aproveitar aulas fora do quadro expositivo comum.

Em sua pesquisa, Trevisan e Martins (2008) traz a inter-relação entre o discurso do professor e a prática, abrangendo a escola da rede pública de ensino e da rede privada. Na esfera do discurso docente, encontrasse um depoimento onde o professor da rede pública de não realizar práticas no laboratório de ciências por conta da

irresponsabilidade dos alunos diante os instrumentos e o ambiente controlado e citou uma notícia que um aluno faleceu após uma aula prática e colocar “algo” na boca (p. 4739). Além disso, responde também o porquê de não realizar tais aulas na própria sala de aula: “Eu já vi professores falando: Não, faz na sala de aula, e se derruba um ácido em alguém ali?” (TREVISAN; MARTINS, 2008, p. 4739). Então, apresenta a forma como contornou a situação, o professor declarou passar vídeos aos alunos das experiências sendo realizadas, mas diz que o uso correto do laboratório e de experiências práticas fazem falta.

Em contraste, as declarações trazidas pelos professores de escola particular são mais alinhadas à prática construtivista e a vinculação da teoria com a prática, eles declaram aulas de laboratório mensais e a cada término de tópico teórico, dizem que o trabalho visual e manual tem uma resposta muito positiva nos alunos que complementa de forma eficaz os princípios trabalhados. A principal diferença que a autora nos mostra entre a escola da rede pública entrevistada e a escola privada, é que na escola da rede privada os professores têm acesso a um laboratorista para os auxiliares nas aulas. (TREVISAN; MARTINS, 2008)

O fenômeno dos chamados “laboratórios chamariz” tem apresentado cada vez mais desafios para o docente, estes se apresentam nas situações em que escolas, seja da rede pública ou particular, criam uma instalação de laboratório apenas como atrativo para matrículas, ou exibicionismo para administração pública e não capacitam os professores, não equipam o laboratório com os instrumentos e reagentes necessários e não dispõe de profissionais especializados para este trabalho. (SANTANA et al. 2019)

Com isto, é claro o contraste e os déficits que devem ser combatidos tanto na formação inicial citada que causa inseguranças nos docentes, quanto na estrutura e no auxílio que possibilita aulas práticas de forma mais regular. O trabalho de conscientização que deve ser feito com os alunos acerca das condutas específicas necessárias para uma aula prática deve estar intrínseco às aulas teóricas, esta conscientização deve ser fornecida pelo professor, mas também poderia ser reforçada por um profissional da área no sentido de auxiliar nas práticas laboratoriais.

A falta de suporte especializado, de materiais, de reagentes e equipamentos deve ser contornada sem afetar o trabalho vinculado da teoria e da prática, a opção mais popular entre os professores neste caso é o uso de salas multimídia. A motivação

dos alunos não deve ser prejudicada, pois como já mencionado aulas prática, manuais e visuais, são gatilhos para o interesse do alunado, para a aceitação dos conteúdos e a fixação na memória.

Dito isso, após a apresentação dos principais condicionantes do trabalho docente até hoje, é importante trazer os pontos de teorias e práticas impostos, esperados e encorajados no ensino médio e ensino profissionalizante que não necessariamente condizem com a realidade. Vale reforçar o recorte ao ensino médio e profissionalizante por caracterizar o cenário de aplicação deste projeto.

4 Procedimentos metodológicos

4.1 Problema e questão de pesquisa

Segundo Gil (2002), toda pesquisa se inicia com algum tipo de problema, ou indagação. Todavia, a conceituação adequada do problema de pesquisa não constitui tarefa fácil, em virtude das diferentes acepções que envolvem este termo. O mais importante na pesquisa é que a busca pela resposta acarreta conhecimentos (ROSA; MOREIRA, 2009). Sendo assim, a questão de pesquisa que conduziu o estímulo para desenvolver o presente projeto é a de agregar conhecimentos ao aluno de uma forma ampla, que passou pela construção de um fotômetro de baixo custo e demandou entendimento sobre os princípios de seu funcionamento, até a aplicação em análises de contaminantes de águas, que gera entendimento sobre conceitos diversos como reações químicas e cálculos.

As aulas práticas de ciências da natureza e suas tecnologias, principalmente as de Química, geralmente são muito aguardadas pelos alunos. Muitos deles esperam ir ao laboratório onde serão capazes de ver a “mágica” acontecer, porém esse momento tem sido frustrado mais a cada dia, sendo inúmeros e frequentes os motivos para tal (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010). Porém, muitos professores têm se esforçado para que as aulas práticas de Química possam ser oferecidas de maneira diferenciada, mesmo que isso seja relativamente trabalhoso.

O componente curricular de Análise Físico-Química de Águas e Efluentes oferecido pelo Centro Paula Souza traz uma base tecnológica sugestiva e com apenas

aulas teóricas o nível da dificuldade de aprendizagem eleva-se, o que torna esse tipo de abordagem relativamente desmotivadora e traumatizante

Atrair os alunos, diminuir a desmotivação encontrada nesse componente curricular, parcialmente difícil, e unir a teoria à prática de uma maneira que prepare melhor o aluno, direcionou a questão de pesquisa: **Como a montagem de um fotômetro de baixo custo, produzido com alunos de uma ETEC, influência no processo de ensino-aprendizagem do componente curricular de análises físico-químicas de águas e efluentes?**

4.2 Fontes de informação e instrumentos para coleta de dados

A coleta de dados é um agrupamento de ações por meios dos quais o exemplo de estudo é comparado aos resultados obtidos. Durante esse momento, um grande número de informações é coletado e analisado sistematicamente (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Para a realização da presente pesquisa, os instrumentos utilizados para coleta e obtenção de dados foram: observação sistemática, pesquisa documental e questionário estruturado.

Neste projeto, foi proposto a construção e a utilização do fotômetro em análises de águas. Após a finalização destas etapas pelos alunos, foi aplicado um questionário de avaliação. Este foi baseado no modelo estruturado, com questões de alternativas fixas no estilo perguntas de opinião. São perguntas fechadas que não apresentam uma série de possíveis respostas, abrangendo várias facetas do mesmo assunto. A escolha desse tipo de questões foi determinada porque permite facilidade na tabulação e rápido preenchimento, além de garantir uma boa análise em relação às questões abertas. O questionário é composto por questões variadas e visa coletar perguntas e respostas para a fundamentar esta dissertação.

Sendo assim, a observação do tipo sistemática e participante, a pesquisa documental e o questionário estruturado proporcionaram uma melhor aplicabilidade para o projeto.

No quadro abaixo, é exposta uma síntese das fontes de informação e instrumentos para coleta de dados que foram utilizadas e objetivadas.

Quadro 1. Síntese das fontes de informação e instrumentos para coleta de dados. (Fonte: Autor)

Fonte de informação		Dados objetivados	Instrumento para coleta de informações
Espaços	Fotos	Acompanhamento por meio visual, a fim de selecionar imagens para compor a pesquisa	Máquina fotográfica e/ou câmera de celular
	Filmagens	Acompanhar ações a fim de evitar erros ou corrigi-los em momentos futuros	Filmadora e/ou câmera de celular
	Observação sistemática e participante	Aproximar pesquisador do pesquisado – professor do aluno	Sentidos como ver, ouvir, dialogar e provar fatos e acontecimentos
Sujeitos	Questionários	Respostas e sugestões para a melhora dos resultados esperados.	Questionário manual

4.3 Preparação das aulas

As aulas oferecidas nas escolas técnicas do Centro Paula Souza têm duração de cinquenta minutos, o fotômetro foi construído nas aulas de AFQ (duas aulas semanais) e de TP (três aulas semanais) possibilitando maior abrangência e multidisciplinaridade, inclusive a estrutura do curso permite a divisão de classe entre os especialistas da área que podem lecionar. As aulas de TP são divididas entre professores com habilitação específica, no caso, as aulas aplicadas eram divididas entre a professora Glicia Alves Aleixo, formada em química e outro professor, formado em engenharia civil, que demonstrou interesse e disponibilidade para a execução do projeto.

Por se tratar de uma parte peculiar na área analítica, e tendo em vista que anteriormente, apesar do espectrofotômetro disponível na unidade escolar, os alunos tiveram pouco contato com teorias e práticas necessárias antes da construção do aparelho proposto neste projeto. Houve, então, a necessidade de aulas teóricas sobre conceitos de colorimetria, espectrofotometria, interpretação de legislações que se refere à qualidade da água para o consumo humano e conceitos sobre a Lei de Lambert-Beer, além de aulas práticas sobre funcionalidade e aplicabilidade de vidrarias, e preparo de soluções padrão e reagentes.

O livro *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2017) foi apresentado para a turma, a fim de melhor referenciar conceitos entre teoria e

prática. Com isso, pôde-se observar o maior contato dos alunos com a experimentação em Química, bem como o contato com tecnologias alternativas que são constantemente utilizadas.

Nas aulas de AFQ, muito falou-se sobre as legislações vigentes para análises e controle da potabilidade de águas, como a Portaria nº 888 e a CONAMA nº 357. Essas referências possuem mais de 100 parâmetros a serem trabalhados.

Os parâmetros de qualidade de água são fonte de muitos experimentos que resultam em reações que podem produzir substâncias coloridas. Na sequência, os alunos foram estimulados a preparar experimentos analíticos, para utilizar no fotômetro construído e comparar com os resultados obtidos no espectrofotômetro da instituição escolar.

As turmas foram planejadas em Turma A (20 alunos com nomes de A até L) e Turma B (19 alunos com nomes de M até W). Todas as etapas do processo foram divididas entre as turmas A e B, nos quais eles permaneceram atentos e questionaram sempre que tinham dificuldades ou dúvidas.

Os alunos eram frequentadores assíduos das aulas, que é um perfil forte da Unidade Escolar, o que facilitou muito a execução de toda a aplicação do projeto. No cronograma abaixo é possível verificar a sequência didática realizada.

Tabela 2. Cronograma de aplicação das sequências didáticas (Fonte: Autor)

Sequência didática	Objetivos	Duração
Apresentação do projeto	Apresentação do projeto para obtenção do mestrado, a importância da participação de cada aluno e resolução nº 466.	1 aula
CONAMA 357	Química ambiental da água, Classificação dos corpos d'água, importância e disponibilidade.	2 aulas
Portaria 888	Água potável: histórico, critérios, aplicação e análises.	2 aulas
Standard Methods	Histórico, importância, referencial, tipos de análises e manuseio.	1 aulas
Colorimetria	Conceitos e aplicabilidade.	2 aulas
Lei de Beer	Histórico, importância, aplicabilidade e práticas.	3 aulas
Espectrofotometria	Comprimento de onda, largura de banda, frequência, aplicabilidade, funcionalidade do aparelho.	5 aulas
Construção do fotômetro	Esquema de montagem, construção do fotômetro, funcionamento e uso.	5 aulas

Análise com fotômetro	Coleta de água potável, análise com fotômetro para fosfato e registro dos dados obtidos.	3 aulas
Análise com espectrofotômetro	Coleta de água potável, análise com espectrofotômetro para fosfato e registro e comparação dos dados obtidos.	3 aulas
Avaliação	Aplicação de questionário via <i>Google Forms</i> .	1 aula

4.4 Orçamento do projeto

O orçamento de um projeto de pesquisa é uma estimativa de gastos durante o início do projeto até a defesa da dissertação. Foram construídos dois aparelhos nos quais apenas os gastos efetivos foram contabilizados. O uso de ferramentas, aparelhos e utilitários disponíveis na unidade escolar não fizeram parte do orçamento.

Para se ter uma estimativa dos gastos com a pesquisa, convém que seja elaborado um orçamento. Para ser adequado, o orçamento deverá considerar os custos referentes a cada fase da pesquisa, segundo itens de despesa. Esses itens, por sua vez, podem ser agrupados em duas grandes categorias: custos de pessoal e custos de material. Os custos de pessoal são geralmente calculados segundo o trabalho dos colaboradores em dias, exceto no caso de consultores, cujos trabalhos frequentemente são remunerados de acordo com as horas despendidas (GIL, 2002, p. 157).

Em suma foram necessários resistores (de diferentes valores de resistência), LEDs (de diferentes cores), uma fonte de energia elétrica que fornece entre 5 a 12 Volts, conectores de energia de aproximadamente 10 ampères, multímetro digital, polímero do tipo caixa múltipla, chave alavanca, clips para bateria de 9 Volts, diodo e fios de cobre encapados.

Tabela 3. Cálculo dos custos de material para projetos de pesquisa. (Fonte: Autor)

MATERIAIS	IMAGEM	VALORES	QUANTIDADE	GASTO TOTAL
Resistor 1/8W Modelo: Resistor Fio		R\$ 0,30	1 unidades	
Multímetro portátil digital Modelo: Digital Dt830b		R\$ 39,99	1 unidade	

Condutele - caixa múltipla de PVC com tampa Marca: Tramontina		R\$ 8,03	1 unidade
Abraçadeira Branca 2,5x100mm Modelo: Fita Hellerman		R\$ 0,03	2 unidades
Conector barra de 12 bornes - 4 mm – 10A Marca: Sindal		R\$ 1,00	4 unidades
LED de alto brilho 5mm - cores Tensão: 3V - 3,2V Corrente: 30mA		R\$ 1,00	1 unidade
Mini chave alavanca 2 Polos On/Off Modelo: 6A – 125		R\$ 3,50	1 unidade
Clip para bateria 9V Modelo: Cn0144sc20 - Vermelho e Preto		R\$ 5,50	1 unidade
Sensor Fotoresistor LDR de 5mm Marca: DIAC		R\$ 0,67	1 unidade
Fio de cobre revestido Modelo: Cabinho Flexível 2,5mm		R\$ 1,00	1 metro
Tubo de ensaio vidro neutro Modelo: 10x75 mm 4 ml		R\$ 0,50	1 unidade
Bucha De Redução Em Cpv Aquatherm 22 X 15 mm Tigre		R\$ 0,95	3 unidades
Tê 90° 22mm Branco – Aquatherm Marca: TIGRE		R\$ 4,59	1 unidade
Cap 22mm Branco – Aquatherm Marca: TIGRE		R\$ 2,69	3 unidades
Bateria Alcalina Tensão: 9V - unidade		R\$ 14,99	1 unidade

**R\$ 89,67 po
r aparelho**

4.5 Construção do fotômetro

Para a montagem do equipamento um protótipo foi utilizado como guia, além de um esquema impresso para todos os alunos, conforme figura 5.

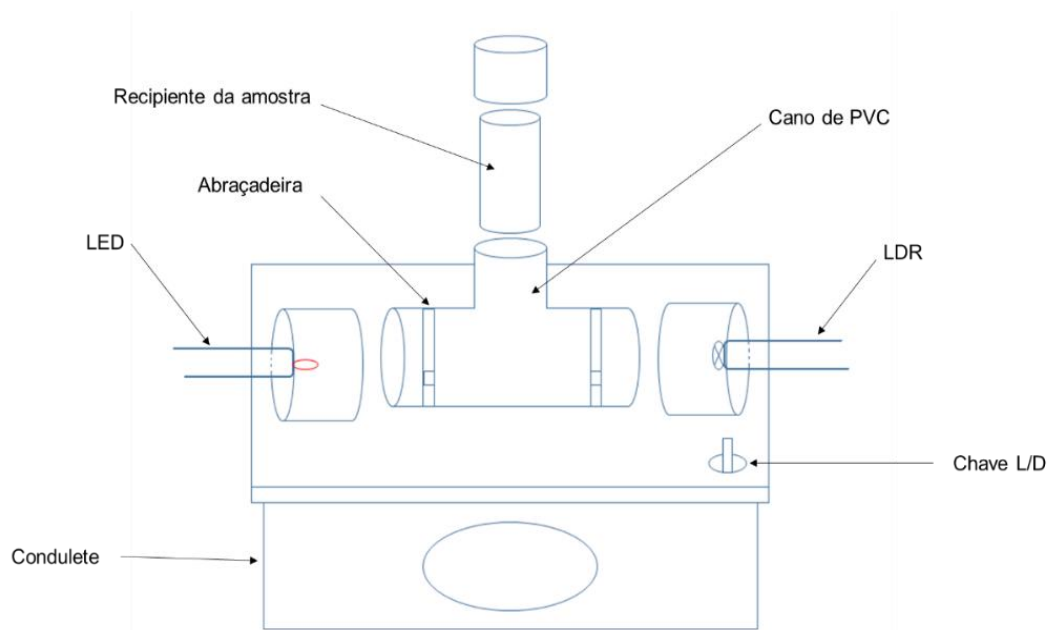
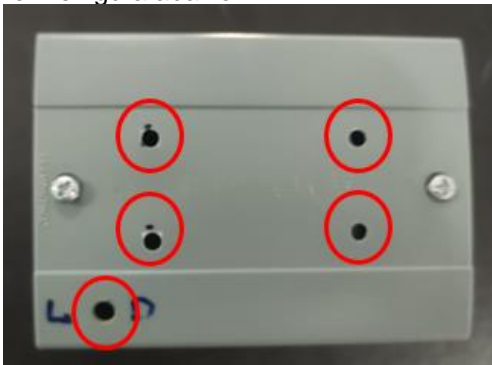


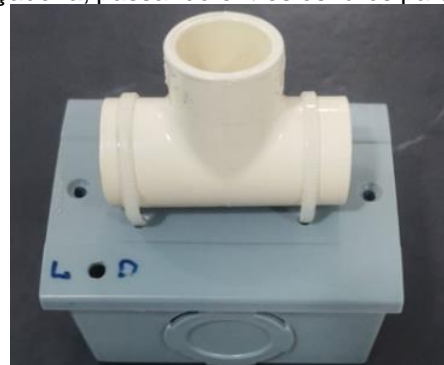
Figura 5. Esquema da montagem do fotômetro (Fonte: Autor)

Durante a construção do fotômetro os alunos puderam questionar e compreender melhor o funcionamento de cada componente utilizado. As etapas da construção do equipamento foram as seguintes:

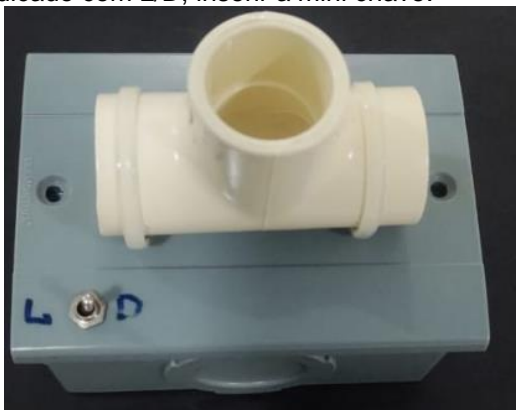
1. Fazer cinco furos na tampa do caixa condutele, conforme figura abaixo.



2. Prender o Tê de 90° sobre a tampa com a abraçadeira, passando entres os furos paralelos.



3. No furo isolado da tampa do condutele indicado com L/D, inserir a mini chave.



4. Colocar as buchas de redução nas entradas do Tê de 90°.



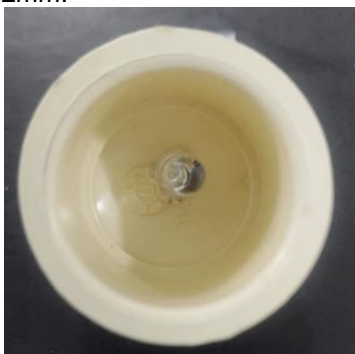
5. Fazer um furo central em dois Cap de 22mm.



6. Colocar o LDR de dentro para fora em um dos Cap de 22mm.



7. Colocar de dentro para fora o LED em um dos Cap de 22mm.



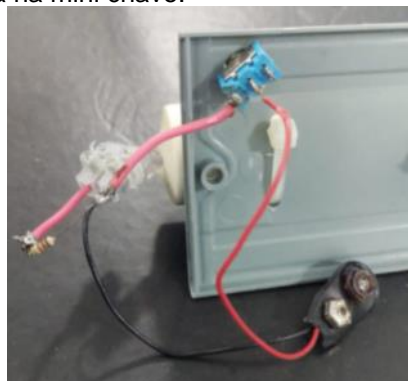
8. Interligar o Conector barra em cada um Cap de 22 mm.



9. Encaixar os cap's de LED e LDR nas laterais do Tê de 90°.



10. No Cap de 22mm que contém o LED, conectar no polo positivo o resistor 1/8 e no polo negativo o clip de bateria, interligando o clipe de bateria na mini chave.



11. No Cap que contém o LDR, conectar o multímetro digital.



12. Inserir a pilha Alcalina de 9V no clip de bateria.



13. Na parte superior do Tê de 90°, inserir o tubo de ensaio.



14. Fechar recipiente da amostra com Cap de 22mm.



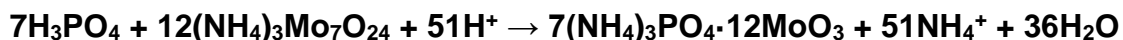
15. Fotômetro montado.



4.6 Realização das análises

Os pontos para coleta das amostras de água foram realizados na própria unidade escolar, escolhidos pelos alunos momentos antes da análise. O azul de molibdênio foi a metodologia utilizada para determinar a quantidade de fosfato na água. Além de convencional, foi escolhido pela facilidade de acesso aos reagentes.

Essa metodologia é baseada na reação entre o molibdato e o fosfato, formando o fosfomolibdênio, seguida pela redução química mediada pelo ácido ascórbico com a espécie colorida, explicitado na fórmula:



Previamente, foram preparadas soluções estoque de fosfato de sódio (Na_2HPO_4 -10,0 mg L⁻¹), molibdato de amônio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ -1000mg L⁻¹), ácido sulfúrico (H_2SO_4 -1 mol L⁻¹) e ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ -100 g L⁻¹).

Após preparadas, as soluções foram proporcionalmente misturadas na seguinte ordem:

1. Misturas para serem adicionadas na próxima etapa:
 - 10,0mL de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
 - 1,25mL de H_2SO_4
 - 1,0mL de $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$
2. Diluição para 25,0mL da mistura da primeira etapa, com oito medidas de 0,5 a 4,0 mL de Na_2HPO_4 , com intervalos de 0,5 mL.
3. Intervalo de 1 hora para a formação do complexo.
4. Interposição das oito medidas de absorvância de 0,2 a 1,6 mg L^{-1} , com intervalos de 0,2 mg L^{-1} .

5 Resultados e discussão

5.1 Utilização do espectrofotômetro

No primeiro momento, os experimentos foram realizados no aparelho de espectrofotômetro “Nova 2100 Series®”⁵, que são do tipo feixe Simples (single beam system), tal instrumento pode ser considerado de fácil uso.

Durante a aula, os alunos foram instruídos a utilizá-lo de maneira correta, seguindo os seguintes passos de como operar o aparelho no manual de instruções do espectrofotômetro: Ligar, desligar, realizar a leitura do painel, recursos de operação, uso dos componentes, calibração, tipo de cubeta X comprimento de onda, principais erros e como resolvê-los.

5.2 Curvas de calibração

A calibração dos resultados foi realizada em oito amostras de concentração entre 0,2 a 1,6 mg L^{-1} , com intervalos de 0,2 mg L^{-1} a cada amostra. A curva apresentada foi linear, um resultado positivo já que a lei de Lambert-Beer é baseada em funções lineares.

⁵ NOVA INSTRUMENTS. Espectrofotômetro UV-VIS Nova 2100UV, Manual de instruções.

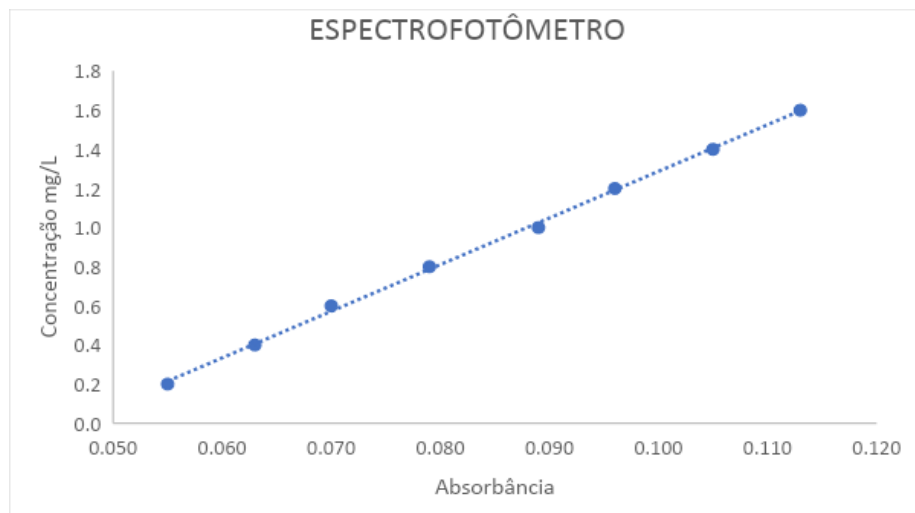


Figura 6. Curva de calibração do espectrofotômetro (Fonte: Autor)

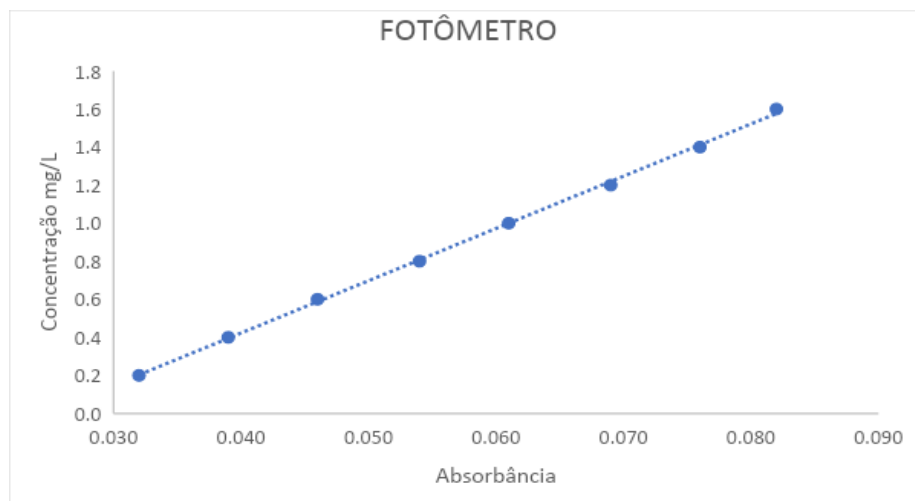


Figura 7. Curva de calibração do fotômetro (Fonte: Autor)

Baseado nas curvas de calibração é possível observar que o fotômetro apresenta uma relação linear conforme o aumento da concentração, isso é um fator positivo, referenciado pela lei de Lambert-Beer.

5.3 Resultados Obtidos

Vale lembrar que a equação de uma reta pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$y = mx + b$$

Onde: m = inclinação da reta e b = interseção em y.

Sendo assim, os resultados encontrados na totalidade do sal, hidrogeno fosfato de sódio, foram os seguintes:

Tabela 4. Resultados obtidos pelos alunos

Turmas	Espectrofotômetro		Fotômetro	
	Absorbância	Concentração mg L ⁻¹	Absorbância	Concentração mg L ⁻¹
A	0,023	1,6	0,045	1,9
B	0,040	2,0	0,066	2,5

Dessa forma, os resultados obtidos foram comparados entre os equipamentos construídos *home-made*, e de acordo com a tabela 4 podemos verificar que há um padrão de compatibilidade.

6 Considerações Finais

Portanto, a luz da problemática proposta, a construção de um fotômetro válido para análises químicas de baixo custo e fácil acesso, que além de desempenhar sua função final básica de realizar medições e fornecer valores, também inclui o discente, ou indivíduo que está realizando o projeto, no processo de construção e validação da eficiência de um instrumento complexo, desenvolvendo a autonomia e competência. O fotômetro construído e apresentado apresentou o valor de R\$ 89,67 por aparelho, em comparação ao instrumento comercial profissional que têm o custo médio avaliado entre R\$ 3.000 e R\$ 4.000 para uma escola ou laboratório, ressaltando que o aparelho construído pode e estará disponível à unidade escolar para ser utilizado em outras turmas e componentes curriculares, podendo substituir o aparelho comercial em unidades escolares que não possuem grande orçamento destinado ao laboratório sem custos para o ensino-aprendizagem e o desenvolvimento dos conteúdos.

Os objetivos propostos para esta pesquisa foram atingidos, o caminho para a construção de um fotômetro de baixo custo com fins didáticos para ser utilizado em uma sala de aula de uma ETEC, e posteriormente em outras unidades escolares, a fim de auxiliar no entendimento de conceitos e fundamentos de análise de águas e efluentes, foi traçado a partir: da transmissão e aplicação dos princípios de funcionamento e construção do aparelho nas aulas teóricas e práticas ministradas; A eficiência e precisão do aparelho *home-made* foi validada em frente a turma e através desta validação é possível atestar, também, a presença e determinação e concentração de espécies em análises de água interessantes à química ambiental,

instrumentação analítica, análises e processos físico-químicos, espectroscopia, fotometria, validação e tratamento de dados, além de outros que professores que fizerem o uso deste julguem pertinentes que são conteúdos concernentes ao curso de Meio Ambiente, habilidades e competências que devem ser atestadas no profissional desta área;

As motivações dos alunos foram destacadas em aulas dinâmicas que unem a teoria e a prática, e estas aulas se tornaram possíveis através das soluções propostas; ainda, no âmbito da educação e do ensino médio regular atesta-se o desenvolvimento de habilidades inerente ao componente curricular de química e a área de ciências da natureza e suas tecnologias estabelecidas pela legislação mais atual.

Por fim, esta temática se desdobra para outros desenvolvimentos, exposto neste estudo pode fomentar novas pesquisas, tanto na área de educação, quanto química ambiental e procedimentos analíticos, no que desrespeito às necessidades escolares em espaços de laboratório, oficinas e planos de aula que adequa a prática às necessidades e potencialidades das unidades e comunidades escolares. Também, as possibilidades que um projeto com tais características apresenta para o ensino híbrido, consolidado na educação básica pública, principalmente, no ano de 2020. Inclusive, fica o incentivo para que outros instrumentos de laboratório sejam adaptados para a versão *home-made*, sempre priorizando o baixo custo e fácil acesso.

Referências Bibliográficas

ADUAN, R. E.; REIS JUNIOR, F. B. dos; VILELA, M. de F. **Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta**. Distrito Federal: Embrapa Cerrados, 2004.

ALVES FILHO, J. P. **Atividades Experimentais: do método à prática construtivista**. Santa Catarina, 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000. 448 p.

ARAUJO FILHO, H. C. et al. **Análise instrumental: uma abordagem prática**. Coordenação: ALMEIDA, Nival Nunes de. 1ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

BERTOLINI, C. **Sistema para medição de cores utilizando espectrofotômetro**. 2010. TCC (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2010. 96 p.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. Ensino médio. 2017. p. 539-545. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2018-pdf/85121-bncc-ensino-medio/file>>. Acesso em: 9 abr. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Brasília: Diário Oficial da União, 07 mai. 2021. seção 1. ed.58. p. 127.

CARDOSO, A. A.; ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. **Introdução à química ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 256 p.

CARDOSO, F. P. **Desenvolvimento de equipamento analítico portátil para determinação de fósforo em insumos agropecuários**. TCC (Bacharelado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista. Araraquara, 2010. 51 p.

CROUCH, S. R.; HOLLER, F. J.; SKOOG, D. A. **Princípios de Análise Instrumental**. 6ª ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2009.

FEDERATION, Water Environment et al. Standard **Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 23rd Edition, Washington: American Public Health Association, 2017.

GAUTO, Marcelo. GONÇALVES, Fábio. ROSA, Gilber. **Química Analítica: Práticas de laboratório Dados eletrônicos**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 1ª ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LEITE, Marcos Antonio Pessoa. **Fotômetro portátil de baixo custo: experimentação e contextualização no ensino de química da educação básica**. Tese (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Educação, Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2014. 105 p.

MACHADO, P. F. L.; TUNES, E.; SILVA, R. R. **Experimentar Sem Medo de Errar**. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. Ensino de Química em Foco. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 231-261.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. DA S. **Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos**, 2009. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios11.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2018.

MOTA, Fábio Alexandre Costa. **Desenvolvimento de um fotômetro com fins didáticos**. 2010. Tese (Mestrado em Química) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2010. 94 p.

NARDELLI, A. M. B.; PIMENTA, M. F. F. **Desenvolvimento sustentável: os avanços na discussão sobre os temas ambientais lançados pela conferência das Nações**

Unidas sobre o desenvolvimento sustentável, Rio +20 e os desafios para os próximos 20 anos. *Perspectiva*, v. 33, n. 3, p. 1257-1277, 2015.

POPPER, Carl. ECCLES, John C. **O eu e seu cérebro**. Campinas: Papirus. Brasília: Editora da UNB, 1991.

ROSA, Cleci Werner da. **Concepções Teórico-Methodológicas no Laboratório Didático de Física na Universidade de Passo Fundo**. v. 5, n. 2. Belo Horizonte: *Rev. Ensaio*, out. 2003. p. 94-108.

ROSAR, Leandro. **Emprego de dispositivo portátil no ensino de Química: determinação de cloro residual livre em água potável**. Tese (Mestrado em Química em Rede Nacional) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2020.

SANTANA et al. **O ensino de ciências e os laboratórios escolares no Ensino Fundamental**. v. 31, n.1. Rio Grande do Sul: Vittalle – *Revista de Ciências da Saúde*, 2019. p. 15 – 26

SILVA, Josoe Borba da. **Repolhometro e fotorrepolhometro: pHmetros de baixo custo para uso no ensino médio**. 2020. Tese (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2020. 100 p.

SIMÕES, Marriete Gonçalves. **Construção de um equipamento multifuncional de baixo custo para análises fluorimétricas e fotométricas: uma opção para abordagens contextualizadas no ensino médio e superior**. 2020. Tese (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2020. 83 p.

TORNQUIST, Jorrit. **Color y luz: teoria y práctica**. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.

VYGOTSKY, Lev Semenovitch. **A formação social da mente**. 3ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1989. 191 p.

VOGEL, Arthur Israel. **Análise química quantitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2019. 488p.

XIMENES, Thomaz Pol. **Ensino por experimentação: aplicação de um experimento para o ensino de química**. TCC (Licenciatura em Química) – Universidade Estadual Paulista, 2021. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/214000>>. Acesso em: 29 jan. 2022.