



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

## CONSTRUÇÃO DE UM FOTÔMETRO DE BAIXO CUSTO COM FINS DIDÁTICOS PARA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUAS E EFLUENTES

Glicia Alves Aleixo, UNESP, Glicia.aleixo@unesp.br

### Resumo

Este artigo é referente a um recorte da pesquisa desenvolvida no âmbito do mestrado profissional em Química pelo Instituto de Química (IQ), da UNESP de Araraquara, e apresenta uma proposta para a construção de fotômetro de baixo custo a ser utilizado em análises de águas. O desenvolvimento do fotômetro e sua aplicação em medidas analíticas ajudaram na compreensão de princípios e conceitos fundamentais para a formação de alunos matriculados em uma escola de nível médio-técnico. O projeto envolveu aulas práticas com: Uso de princípios de eletroeletrônica; construção de equipamento; avaliação da capacidade de medida de sinal; e comparação de sinais analíticos medidos entre o equipamento “home made” e equipamento comercial. Posteriormente, o equipamento foi utilizado para medir analitos que, usualmente, caracterizam a potabilidade de águas de consumo humano. Tal proposta foi abrangente, já que diferentes conceitos puderam ser discutidos nas várias etapas do processo que envolveram o desenvolvimento do projeto. Conceitos de luz, luz monocromática, reações químicas com formação de corante, cálculos químicos e medidas relativas foram explorados durante o processo. Junto a isso, realizou-se uma pesquisa-ação através de observações sistêmicas e participantes, com o intuito de verificar o uso do equipamento em situações de ensino-aprendizagem.

**Palavras-chave:** Ensino de Química, Fotômetro, Experimentação, Química Analítica, Química Ambiental.

### 1. Introdução

A água é uma molécula polar, formada apenas por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, com massa molar de 18g.mol<sup>-1</sup>, é considerada o solvente universal (ATKINS; JONES, 2007). Mais que um composto químico, a água é a base da vida já que suas características químicas permitem, entre outras coisas, servir como meio reacional e como transportadora de macro e micronutrientes. A ingestão regular de 1,5 a 3 litros de água pelo ser humano é fundamental para manter seu organismo saudável. Em um adulto de peso adequado<sup>1</sup>, a massa de água representa entre 55% e 60% da massa total, tornando-se a fonte fundamental para a manutenção do corpo humano (TORTORA; DERRICKSON, 2017). Neste contexto, é importante que a água ingerida se apresente de uma forma limpa e saudável para o Homem, atendendo os critérios de qualidade para a água potável. manutenção do corpo humano (TORTORA; DERRICKSON, 2017

<sup>1</sup> BRASIL. Brasil. Ministério da Saúde. IMC em adultos. 2017. Disponível em: <[1](https://www.saude.gov.br/component/content/article/804-imc/40509-imc-em-adultos#:~:text=Avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20peso%20em%20adultos&text=Os%20par%C3%A2metros%20indicados%20pelo%20Minist%C3%A9rio,cintura%20ou%20circunfer%C3%Aancia%20da%20cintura..>. Acesso em: 13 set. 2021.</a></p></div><div data-bbox=)



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

Estes critérios de potabilidade de água são baseados em valores estabelecidos por órgãos reguladores, para certos compostos químicos com potencial de comprometer a qualidade da água. Os valores limites foram tabelados como valores numéricos de concentração em águas, e após análise quando mostram concentrações acima dos valores pré-estabelecidos a água é considerada imprópria para o consumo humano. Água potável significa “própria para o consumo” e não oferece riscos à saúde do consumidor. O padrão de potabilidade da água no Brasil é estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

É fundamental que toda água a ser utilizada pelo ser humano seja avaliada segundo os critérios de qualidade. Assim, aferir a qualidade da água antes da distribuição é dever da empresa distribuidora e consumir água de qualidade é um direito do cidadão. As legislações aplicáveis para a sua classificação e controle estão disponíveis em portarias e resoluções que podem ser acessadas de qualquer ponto de internet, por exemplo. A portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 (BRASIL, 2011) traz em seu texto as disposições e procedimentos de controle e vigilância de água para o consumo humano.

A potabilidade da água é caracterizada por cerca de cem parâmetros de qualidade que abrangem componentes biológicos, compostos orgânicos e inorgânicos. Para este projeto foram destacados sete parâmetros químicos que são de extrema importância em águas utilizadas no consumo humano: Cloro Residual Livre, Cor, Ferro (III), Fluoreto, pH, Turbidez e Fósforo (fosfato). Esses parâmetros destacados aqui são primordiais para o controle e a garantia da água. Com eles pode-se mensurar a aceitação, qualidade e possíveis riscos do produto para a população humana, além de servirem como indicativos para análises mais abrangentes. As legislações recomendam que a maioria desses parâmetros seja analisada diariamente e, dependendo da quantidade de água fornecida, várias vezes por dia (BRASIL, 2011).

Ao longo da história, a educação passou por alguns modelos de ensino, como o tradicionalista, o tecnicista e o construtivista. Todos procuravam ensinar conceitos aos alunos dentro de sala de aula. 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. Visitas técnicas, jogos, metodologias ativas, sala invertida e experimentação são algumas das muitas maneiras utilizadas hoje nas aulas para que elas possam ser cada vez mais atraentes. 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. O ensino de Química pautado na integração da teoria e a prática é essencial para formar técnicos no âmbito de uma ETEC. Indiretamente, o fortalecimento da competência técnica colabora na construção de cidadãos conscientes do seu papel social. As competências para compreender conceitos sobre as estruturas fundamentais à



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

Química estão de acordo com o estabelecido pelo eixo de Ciências da Natureza e suas Tecnologias pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017).

O curso técnico em Meio Ambiente ofertado pelo Centro Paula Souza (CPS)<sup>2</sup> busca ser dinâmico e oferece em sua estrutura vários componentes curriculares, dentre eles Análises Físico-Químicas de Águas de Efluentes (AFQ) e Tecnologia de Processos (TP). Nos quais as competências e habilidades esperadas para os alunos são: Selecionar metodologias analíticas e instrumentais para análise e tratamento de águas e efluentes; realizar e expressar resultados das análises físico-químicas de águas e efluentes; utilizar tecnologias aplicadas à sustentabilidade ambiental; e utilizar instrumentação básica de monitoramento dos processos dos setores de petroquímica, siderurgia e farmacêutica (DEMAI, 2018).

Na estrutura básica dos laboratórios de práticas ambientais, o CPS recomenda, pelo menos, um espectrofotômetro UV-vis. Entretanto, é constante a reclamação de professores que essa quantidade não atende às necessidades do ensino-aprendizagem voltado para as práticas, que visam a formação de um profissional preparado.

De forma geral, o ensino técnico profissionalizante procura formar mão de obra técnica qualificada. Um profissional preparado tem melhores chances de sucesso em sua área de escolha, e um dos principais objetivos das escolas do CPS é, justamente, prepará-los para tal. Porém, no Brasil falta uma política voltada para a formação de técnicos para atuar de forma adequada no mercado de trabalho. O pouco investimento, não atende à demanda mínima das escolas para montar um laboratório de análises químicas. Os equipamentos, quando existem, estão defasados no tempo e em quantidade mínima, que no máximo atendem às aulas demonstrativas. Neste sentido, o aluno não opera o equipamento e, portanto, pouco poderá fazer quando precisar operar dentro de uma demanda por análise específica

As demandas de análises físico-químicas no cotidiano de uma empresa são diversas. Elas atendem tanto para acompanhar processos de produção, como avaliar e certificar qualidades de produtos, segundo a legislação deles. Para atender a demanda por análise, existem empresas especializadas em análises químicas. Porém, a maioria das empresas de produção de água, Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) possuem laboratório próprio. Estes laboratórios usualmente fazem o uso de equipamentos modernos que possam sanar as necessidades específicas de análises.

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). Dentre os muitos tópicos abordados nas disciplinas de AFQ e de TP estão os de espectroscopia, conceitos de construção, de funcionalidade e experimentação, estes que inclusive estão sendo cobrados em vestibulares e exames nacionais.

---

<sup>2</sup> Centro Paula Souza é uma autarquia do Governo do Estado de São Paulo, vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação (SDECTI). O perfil deste órgão pode ser encontrado em: <<http://www.portal.cps.gov.br/quem-somos/perfil-historico/>>. Acesso em: 09 abr. 2021



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

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 cada vez menores, como o LED (Light Emitting Diode) e o LDR (Light Dependent Resistor), 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. Fundamentação teórica

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



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

que se propaga no espaço. Desta forma, o que o ser humano pode visualizar é o espectro encontrado na faixa entre 380nm e 780nm o que é relativamente pouco, conforme Tornquist (2008).

Comprimento de onda 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 ( $\lambda$ ). 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  $\lambda$ = o comprimento de onda. Podemos generalizar que quanto maior o comprimento de onda ( $\lambda$ ) 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.

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. 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.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
 16 a 18 de novembro de 2021

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. (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).

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

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<sup>-6</sup> mol.L<sup>-1</sup>

O fotorresistor 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.

A 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)



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

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 (FILHO, 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;  $I_0$ = 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:  $I = I_0 \cdot 10^{-Xl}$ . Onde: I= Intensidade da luz transmitida;  $I_0$ = Intensidade da luz incidente; x= constante, denominada coeficiente de absorção, que depende do meio absorvente empregado; e l= 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:  $k = a/2.303$ .

A partir destas discussões, a educação ambiental é destaque em diversos cenários. Para Nunes (2009), desde os primórdios com o objetivo de satisfazer suas próprias necessidades, o indivíduo humano sempre recorreu a natureza, e por vezes sem se preocupar sobre as transformações que poderia causar. Durante muito tempo pouco se discutiu sobre o meio ambiente, mas durante as últimas décadas esse assunto tornou-se um dos principais focos mundialmente. Um



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

grande movimento que trouxe/traz à tona desafios e metas, disseminando o conhecimento e discutindo sobre como a natureza pode ser benéfica a todos (PIMENTA; NARDELLI, 2015).

E ainda, passou a ser foco de projetos e planejamentos educacionais. Neste sentido, a Base Nacional Comum Curricular brasileira é, para a educação atual, um documento de caráter normativo que estabelece de forma espiralada e progressiva as aprendizagens essenciais para os alunos em todas as etapas da Educação Básica: Ensino infantil, fundamental (anos iniciais e finais) e médio. Ele foi criado pelo governo brasileiro em conjunto com diversos especialistas para que as unidades escolares disponham de um padrão mínimo de aprendizagem, principalmente nas escolas da rede pública, mas se estende para o ensino técnico e ensino da rede privada. Estas aprendizagens se propõem a ser um conjunto de competências e habilidades relevantes em todas as regiões do país, prevendo a elaboração e implementação do currículo em diferentes contextos.

Dentro desta área, existe uma preocupação explícita às questões ambientais que é trabalhada desde o ensino infantil até o ensino médio. É estabelecido para o ensino infantil o foco nas transformações na natureza, quando cita que os alunos neste momento “[...] demonstram também curiosidade sobre o mundo físico (seu próprio corpo, os fenômenos atmosféricos, os animais, as plantas, as transformações da natureza, os diferentes tipos de materiais e as possibilidades de sua manipulação etc.) [...]” (BRASIL, 2017, p. 42), e que eles devem desenvolver a habilidade “Identificar e selecionar fontes de informações, para responder a questões sobre a natureza, seus fenômenos, sua conservação” (BRASIL, 2017, p. 51).

Já nos anos iniciais e finais da etapa de ensino fundamental, são revelados os desequilíbrios que o desenvolvimento científico e tecnológico humano traz, e trará, ao meio ambiente. Procura-se “[...] debater e tomar posição sobre alimentos, medicamentos, combustíveis, transportes, comunicações, contracepção, saneamento e manutenção da vida na Terra [...]” (BRASIL, 2017, p. 321).

E no ensino médio, última etapa do ensino básico, estes debates, reflexões, impressões e experimentações se especificam em conteúdos e conceitos pontuais, assumindo que este aluno já foi apresentado a forma de letramento científico eficaz e está competente para deliberar mais profundamente acerca da: Transformação de materiais, os impactos da evolução e do desenvolvimento humano na natureza, recursos naturais essenciais considerados finitos e infinitos, desmatamento, geração de energia, mudanças climáticas, agricultura etc. (BRASIL, 2017, p. 547)

### 3. Metodologia

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, influencia no processo de ensino-aprendizagem do componente curricular de análises físico-químicas de águas e efluentes?





III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas

VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade

16 a 18 de novembro de 2021

Para auxiliar na resposta da principal questão de pesquisa, tal como colaborar com todo o desenvolvimento na construção, validação e tratamento de dados, outras questões foram levantadas: Qual a validade dos resultados analisados pelo fotômetro construído, frente ao espectrofotômetro UV-Vis? E quais são as possibilidades de o fotômetro analisar parâmetros de acordo com as legislações pertinentes, tais como, ferro e fosfato?

O presente projeto tem a intenção de facilitar a vida dos professores, abordando aspectos econômicos e práticos para o uso nas aulas AFQ, podendo ser usado em outros componentes curriculares, além de trazer uma abordagem mais experimental, preparando melhor o aluno para a prática, já que é o objetivo principal no oferecimento dos cursos técnicos.

O tipo de pesquisa escolhida para a realização do projeto de mestrado foi baseado no modelo conhecido como pesquisa-ação, devido à dinâmica prevista na realização dos estudos, às interferências por parte dos participantes e aos impactos que ela causa. Na área da educação, esta é uma das principais estratégias utilizadas por docentes e pesquisadores, pois costumam empregar suas pesquisas a fim de aperfeiçoar o ensino-aprendizagem (TRIPP, 2005).

Por esse motivo, a pesquisa conhecida como qualitativa foi a base deste projeto, na obtenção de fontes de informação e instrumentos para coleta de dados, para estender a pesquisa e responder a dúvidas surgidas na interpretação dos dados qualitativos, bem como, ampliar o espectro de investigação e incluir outros temas como desenvolvimento sustentável, inclusão social e razão substantiva nas entrevistas com os estudantes envolvidos.

Segundo Fonseca (2002), a pesquisa documental segue a mesma linha da pesquisa bibliográfica, às vezes é até difícil diferenciar uma da outra. A pesquisa bibliográfica desfruta de fontes e materiais já produzidos, como livros e artigos científicos disponíveis em bibliotecas. A pesquisa documental, por sua vez, está disponível em fontes mais variadas e abrangentes, sem tratamento analítico, como: relatórios, documentos oficiais, filmes, fotografias etc. No quadro abaixo, é exposta uma síntese das fontes de informação e instrumentos para coleta de dados que foram utilizadas e objetivadas.

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

	<b>Fonte de informação</b>	<b>Dados objetivados</b>	<b>Instrumento para coleta de informações</b>
<b>Espaços</b>	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
<b>Sujeitos</b>	Questionários	Respostas e sugestões para a melhora dos resultados esperados.	Questionário manual

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



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

efetivos foram contabilizados, totalizando R\$ 86,82 por aparelho. O uso de ferramentas, aparelhos e utilitários disponíveis na unidade escolar não fizeram parte do orçamento.

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 V, 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.

A instituição escolar em que as turmas-cenário desta pesquisa estão inseridas é a ETEC de Itanhaém, localizada na cidade do litoral sul de São Paulo. Como outras instituições ligadas ao Centro Paula Souza, a ETEC de Itanhaém estabelece como sua missão:

[...] formar e capacitar cidadãos conscientes de seu papel social e profissional, garantindo a sustentabilidade no mundo globalizado, fazendo com que a Comunidade escolar explore o interesse pela pesquisa e o conhecimento da realidade, através das diferentes possibilidades nos diferentes projetos conduzidos [...] (SÃO PAULO, 2018, p. 9)<sup>3</sup>

No ano de 2020, a escola atendia um total de 660 alunos divididos no turno da noite e integral, são nove turmas a noite e nove turmas de turno integral. Os cursos integrais são da modalidade Ensino Técnico integrado ao Ensino Médio (Etim), e os cursos noturnos são apenas de Ensino Técnico (ET). Sobre as formações Etim, as ofertas são: Informática para Internet, com três turmas; Administração, com três turmas; e Meio Ambiente, também com três turmas.

Acerca dos discentes, o Projeto Plurianual de Gestão 2021-2015 traz um parâmetro bem detalhado para caracterizar o público atendido pela escola. O alvo são alunos que concluíram o ensino médio e interessados em matricular-se no Etim, a maioria se prepara durante vários dos anos finais do Ensino Fundamental para prestar a prova de ingresso na instituição. Já os alunos apenas do ET, se dividem entre jovens e adultos que procuram aprimoramento profissional para melhorar o currículo e dispor de mais oportunidades no mercado de trabalho, contudo notamos que a predominância é de estudantes entre 17 e 21 anos.

O Centro Paula Souza administra 223 Escolas Técnicas (ETEC) e 73 Faculdades Técnicas (FATEC). Desta forma, todas estas instituições seguem especificidades padronizadas com relação à estrutura para atender os cursos técnicos profissionalizantes da melhor forma. Por exemplo, a ETEC de Itanhaém conta com salas multimídia, salas de aula, sala de vídeo, laboratórios e centros de informática, quadra, biblioteca, e principalmente laboratórios de Biologia e Química devidamente equipados. Estes laboratórios, onde a maioria deste projeto foi desenvolvida, estão munidos com: mesa e computador, oxímetro de bancada, forno, pHmetro de bancada, bancada de instrumentalização, balança digital, Kitassato 250 ml, funil de decantação, liquidificadores, batadeira industrial, chapa aquecedora, estabilizador de tensão, espectrofotômetro digital, turbidímetro, contador de colônias, deionizador, agitador de peneira, manta aquecedora, decantador de água, entre outros equipamentos de uso geral e de segurança.

<sup>3</sup> SÃO PAULO. Plano Plurianual de Gestão 2018-2022: Etec de Itanhaém. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. 2018. Disponível em: <<https://www.etcitanhaem.com.br/documentos/PPG.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2021.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

Os alunos participam regularmente de aulas no laboratório para diversos componentes curriculares. As turmas de Análises de Físico-Químicas de Águas e Efluentes e Tecnologia de Processos, selecionadas para a aplicação desse projeto, dispunham de no mínimo duas aulas práticas no laboratório semanais cada. Pode-se dizer que este é um diferencial que motiva o aluno, apesar de este projeto acontecer predominantemente em laboratório, eles declararam estar motivados além deste fator.

## 4. Resultados

### 4.1 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 2.914 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



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
 16 a 18 de novembro de 2021

Unidade Escolar, o que facilitou muito a execução de toda a aplicação do projeto. No cronograma abaixo é possível verificar a sequência didática realizada.

No primeiro momento, os experimentos foram realizados no aparelho de espectrofotômetro “Nova 2100 Series®”, 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.

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

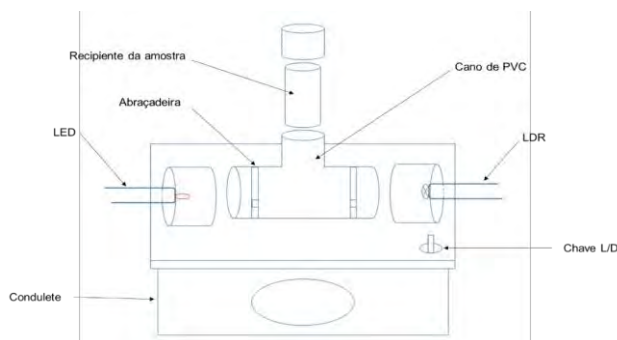
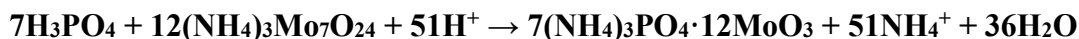


Figura 1. Esquema da montagem do fotômetro (Fonte: Autor)

Durante a construção do fotômetro os alunos puderam questionar e compreender melhor o funcionamento de cada componente utilizado.

## 4.2 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 ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ -10,0 mg  $\text{L}^{-1}$ ), molibdato de amônio ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ -1000mg  $\text{L}^{-1}$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ -1 mol  $\text{L}^{-1}$ ) e ácido ascórbico ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ -100 g  $\text{L}^{-1}$ ).

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

1. Misturas para serem adicionadas na próxima etapa:

- 10,0mL de  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
 16 a 18 de novembro de 2021

- 1,25mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
  - 1,0mL de C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>
2. Diluição para 25,0mL da mistura da primeira etapa, com oito medidas de 0,5 a 4,0 mL de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, com intervalos de 0,5 mL.
  3. Intervalo de 1 hora para a formação do complexo.
  4. Interposição das oito medidas de absorbância de 0,2 a 1,6 mg L<sup>-1</sup>, com intervalos de 0,2 mg L<sup>-1</sup>.

### 4.3 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 foram os seguintes

Tabela 2. Resultados obtidos pelos alunos (Fonte: Autor)

Turmas	Espectrofotômetro		Fotômetro	
	Absorbância	Concentração mg L <sup>-1</sup>	Absorbância	Concentração mg L <sup>-1</sup>
A	0,023	1,6	0,045	1,9
B	0,040	2,0	0,066	2,5

De acordo com a CONAMA n° 357 na Tabela 1 - Classe 1 de Águas Doces, os valores máximos permitidos para o fósforo são os seguintes:

Tabela 3. Padrões de água doce – VMP (Fonte: Autor)

Parâmetros Inorgânicos	Valores Máximos Permitidos (VMP)
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P

Dessa forma, os resultados obtidos podem ser comparados acima dos VMP que se encontram nos ambientes lóticos, mesmo que a coleta tenha sido realizada dentro do ambiente escolar. Vale ressaltar ainda que a análise de fósforo total não é obrigatória na portaria n° 2914.

## 5. Conclusões

Dentro do período de desenvolvimento deste projeto, 2019 até 2021, o mundo foi acometido com a crise sanitária, política e o colapso do sistema de saúde de vários países por conta do Covid-19, também conhecido como Coronavírus, que causa uma doença infecciosa extremamente transmissível e com alta taxa de letalidade. Não cabe a este trabalho caracterizar e/ou detalhar os aspectos que envolvem esta condição, porém decorrente da situação o sistema educacional foi um dos principais atingidos. No início deste projeto, em julho de 2019, as salas de



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

aula, laboratórios e escolas seguiam o modelo presencial, estabelecido como principal a décadas. Porém, a partir de abril de 2020 estabelecimentos de ensino suspenderam suas atividades presenciais, no intuito de conter a contaminação. Desta forma, milhares de alunos do ensino público e privado em todos os níveis, desde creches ao ensino superior, têm sido afetados, e seus professores e gestores encontraram a necessidade de adaptação.

Neste sentido, ressalta-se a problemática desta pesquisa. O projeto apresentado de construção do fotômetro tem em suas principais características o baixo custo e o fácil acesso. “Fácil acesso” se referindo a acessibilidade aos materiais para construção do instrumento, desta forma, esta sequência didática que resultou no exercício da construção do fotômetro, nas habilidades contempladas e no valor analítico da prática pode ser adaptado sem complicações para o ensino híbrido, entendido como:

A hibridação ocorrida nas relações entre culturas diferentes, ou mesmo as diferenças dentro da mesma cultura, corroboram para a visualização da hibridação da educação. A educação pós-pandemia irá passar pelo “estranhamento” entre o presencial e o EAD. Há de se considerar que a volta será gradual, com o retorno gradativo dos alunos para a sala de aula, havendo a necessidade da continuação do emprego de tecnologias. (ALMEIDA, CARVALHO e PASSINI, 2020, p. 7)

Portanto, fica o fomento para a adaptação deste projeto às aulas de ensino a distância, incentivando com poucas intervenções os alunos a construir este e outros instrumentos de análise de forma autônoma, induzindo a reflexão e o pensamento da necessidade mais efetiva do aprender a ser e aprender a fazer, considerando a formação de um ser social, transformador e criador. Moderando as possíveis defasagens que as práticas de laboratório encontram durante o período de crise sanitária e suspensão das aulas em ambiente escolar.

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\$ 86,82 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



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

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 das habilidades EM13CNT104, EM13CNT105 e EM13CNT301 inerente ao componente curricular de Química e a área de ciências da natureza e suas tecnologias estabelecidas pela legislação mais atual, a Base Nacional Comum Curricular (2017).

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. importante aprofundar a argumentação nas conclusões, além de mencionar se o objetivo do estudo foi plenamente atendido. Incluir sugestões de continuidade do trabalho.

## 7. Referências bibliográficas

- ANDRÉ, M.E.D.A. **Etnografia da prática escolar**. 2ª ed. São Paulo: Papyrus Editora, 1998.
- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 3º ed. Porto Alegre: Bookman, 2007
- BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4º ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BERTOLINI, C. **Sistema para medição de cores utilizando espectrofotômetro**. 2010. TCC - Bacharelado em Ciências da Computação. Blumenau: Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau. 96 f.
- 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. Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano**. Brasília: SVS, 2011. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 5 nov. 2018.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas  
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade  
16 a 18 de novembro de 2021

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. BRASIL.

Ministério da Saúde; Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. **Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos**. Diário Oficial da União. v. 150, n. 112, 2013. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466\\_12\\_12\\_2012.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html)>. Acesso em: 13 set. 2021.

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

DEMAI, F. M. **Plano de curso: Ambiente e saúde**. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. São Paulo: Governo de São Paulo, 2018, 109 p.

DERRICKSON, B.; TORTORA, G. J. **Corpo Humano: Fundamentos da Anatomia e Fisiologia**. 10º ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

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

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

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

LAKATOS, E.; MARCONI, M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5º ed. São Paulo. 2003.

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

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.

PASINI, C. G. D.; CARVALHO, E. de; ALMEIDA, L. H. C. **A educação híbrida em tempos de pandemia: algumas considerações**. Universidade Federal de Santa Maria. Observatório Socioeconômico da COVID-19. 2020.

TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. São Paulo, v. 31, n. 3, set./dez. 2005, p. 443-466.

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