

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS FELIZ
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

Marina Veronezi Pegoraro

**APLICAÇÃO DE UM TURBIDÍMETRO DE BAIXO CUSTO PARA SER
UTILIZADO COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO
TÉCNICO DE QUÍMICA**

**Feliz
2023**

Marina Veronezi Pegoraro

**APLICAÇÃO DE UM TURBIDÍMETRO DE BAIXO CUSTO PARA SER
UTILIZADO COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO
TÉCNICO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção do título de Licenciado(a) em Química.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Cunha da Rosa

Feliz

2023

Marina Veronezi Pegoraro

**APLICAÇÃO DE UM TURBIDÍMETRO DE BAIXO CUSTO PARA SER
UTILIZADO COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PARA O ENSINO
TÉCNICO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Cunha da Rosa

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Francisco Cunha da Rosa (IFRS – Feliz)

Prof.^a. Dr.^a. Alessandra Smaniotto (IFRS – Feliz)

Prof.^a. Dr.^a. Dayana Queiroz de Camargo (IFRS – Feliz)

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho aos meus pais, Marcos e Miguelina e ao meu irmão Marcelo. Em especial, quero expressar gratidão à minha mãe por todo apoio e incansáveis vezes que me ajudou.

Aos meus avós, e principalmente a minha vó Noeli, que é meu exemplo de força, amor e dedicação a tudo aquilo que faz.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Francisco Cunha da Rosa que foi o meu maior exemplo e incentivador ao longo do curso e principalmente na realização deste trabalho. Muito obrigada pela paciência, dedicação e apoio em todos os momentos.

Aos meus pais e ao meu irmão, sem vocês eu não seria nada.

Aos meus amigos e colegas de curso, Maria Júlia, Maysa, Suellen, Yuri e Giovani que sempre estiveram ao meu lado, me ajudando, me apoiando e incentivando em todos os momentos.

Aos meus dindos, Fernanda e Ângelo que sempre estiveram me ajudando e ao meu lado em todos os momentos.

As minhas amigas Nati, Malu e Duda por todo apoio e companheirismo ao longo da vida.

À Deus pelas oportunidades e por tornar todo esse sonho possível.

À todos os professores do curso que de alguma forma contribuíram com seus ensinamentos.

Obrigada por fazerem parte da minha trajetória e tornarem esse momento ainda mais especial!

RESUMO

As vivências obtidas com as aulas experimentais no laboratório permitem aos alunos assimilar os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula com maior eficiência. Na formação de técnicos em química, essas experiências no laboratório são ainda mais indispensáveis pois estão se formando profissionais que depois irão vivenciar esses aprendizados no trabalho. Os estudantes de cursos de química devem ser habilitados para a condução de análises físico-químicas por métodos clássicos e instrumentais, conhecendo devidamente as limitações e potencialidades das técnicas de análise. As aulas experimentais desempenham um papel importante nesse sentido, pois permitem que o aluno participe ativamente no processo de aprendizagem. Dentre as técnicas que os futuros profissionais devem dominar, aborda-se neste estudo a medida da turbidez da água, que é utilizada para avaliar a qualidade de características físicas da água, entre outras finalidades. Entretanto, devido a custos relativamente elevados, muitas instituições de ensino carecem de equipamentos denominados turbidímetros e/ou nefelômetros para que os seus estudantes possam vivenciar essas técnicas experimentalmente. Diante disso, uma alternativa para contornar esse problema, trata-se de propor a criação de um turbidímetro de baixo custo e de um protocolo de aula experimental, para que possam ser utilizados em aulas experimentais de química analítica instrumental visando a formação de químicos em níveis técnico e superior, sobretudo nas instituições que careçam deste equipamento. Com isso, este trabalho avaliou a exatidão de um nefelômetro desenvolvido a baixo custo para a medida de turbidez da água e, a partir disso, avaliou-se o emprego deste instrumento em uma proposta de aula teórico-prática visando o ensino da turbidimetria. Os resultados obtidos indicam que os estudantes submetidos ao experimento proposto de teoria e prática no instrumento de baixo custo obtiveram melhor evolução de em suas respostas de pré para pós-testes, quando comparados à turma controle. Isso corrobora com a hipótese de que a experimentação é fundamental para a compreensão real de conceitos aparentemente abstratos da química.

Palavras-chave: Turbidimetria. Nefelometria. Baixo custo. Vivências experimentais.

ABSTRACT

The experiences obtained through experimental laboratory classes allow students to assimilate theoretical concepts learned in the classroom more effectively. In the training of chemical technicians, these laboratory experiences are even more indispensable because they are shaping professionals who will later apply these learnings in their work. Students in chemistry courses should be equipped to conduct physicochemical analyses using both classical and instrumental methods, understanding the limitations and potentials of analysis techniques. Experimental classes play an important role in this regard, enabling students to actively participate in the learning process. Among the techniques that future professionals should master, this study focuses on the measurement of water turbidity, which is used to assess the quality of physical characteristics of water, among other purposes. However, due to relatively high costs, many educational institutions lack equipment called turbidimeters and/or nephelometers, preventing their students from experiencing these techniques experimentally. In light of this, an alternative to overcome this problem is to propose the creation of a low-cost turbidimeter and an experimental class protocol, to be used in instrumental analytical chemistry experimental classes aimed at training chemists at both technical and higher education levels, especially in institutions lacking this equipment. Therefore, this study evaluated the accuracy of a low-cost nephelometer for measuring water turbidity and, based on this, assessed the use of this instrument in a proposed theoretical-practical class aimed at teaching turbidimetry. The results indicate that students subjected to the proposed theory and practice experiment using the low-cost instrument showed better improvement in their pre to post-test responses compared to the control group. This supports the hypothesis that experimentation is essential for the real understanding of seemingly abstract concepts in chemistry.

Keywords: Turbidimetry. Nephelometry. Low cost. Experimental experiences

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CEE	Conselho Estadual de Educação
CME	Conselho Municipal de Educação
CNE	Conselho Nacional de Educação
DRE	Delegacia Regional de Educação
EJA	Educação de Jovens e Adultos
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
MEC	Ministério da Educação
SEE	Secretaria Estadual de Educação
SME	Secretaria Municipal de Educação

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Esquema geral de um turbidímetro comercial.....	23
Figura 2. Esquema geral de um nefelômetro comercial.....	24
Figura 3. Imagem adaptada da impressora 3D utilizada na construção das partes do turbidímetro/nefelômetro.	31
Figura 4. Equipamento desenvolvido em uso neste trabalho.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Curvas de calibração e coeficiente de determinação (r^2) obtidos para cada componente da imagem no aplicativo após cada uma das radiações RGB, sob uma janela de captura de 8 x 8.	35
Tabela 2. Custos estimados via plataforma on line de compras (Google Shopping) em novembro de 2023 para a configuração completa do equipamento construído.	37
Tabela 3. Comparação do percentual de acertos por questão de pré e pós testes para turma controle e para a turma alvo da pesquisa.	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Respostas ao questionamento 14 do pós-teste (...a) Como é possível explicar essas diferenças visuais nas imagens? b) Qual a relação entre a quantidade de partículas em suspensão e o que foi observado nas imagens?)..... 42

Quadro 2. Respostas obtidas para o questionamento 15 do pós-teste (...a) Como podemos comparar os valores de turbidez obtidos para a amostra aos usados na calibração? b) Podemos inferir algo sobre a qualidade da água com base nesses resultados?) 44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	16
2.1. GERAL	16
2.2 ESPECÍFICOS.....	16
2.3 HIPÓTESES	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 TURBIDEZ DAS ÁGUAS	17
3.2 PRINCÍPIOS FÍSICO-QUÍMICOS ASSOCIADOS À TURBIDEZ	19
3.3 ANÁLISE TURBIDIMÉTRICA	22
3.3.1 Constituição de um turbidímetro	23
3.3.2 Constituição de um nefelômetro.....	24
3.4 VIVÊNCIAS EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA	25
3.5 DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS DE BAIXO CUSTO.....	27
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	30
4.1 DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO	30
4.2 ENSINO DE ANÁLISE TURBIDIMÉTRICA	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 VERIFICAÇÃO DA EXATIDÃO DO INSTRUMENTO DESENVOLVIDO.....	35
5.2 APLICAÇÃO JUNTO AOS PESQUISADOS.....	37
5.2.1 Comparação das questões dissertativas no pós teste	41
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
7. REFERÊNCIAS.....	47
8. APÊNDICES	51
Apêndice I – Plano de aula.....	51
Apêndice II – Slides da aula teórica.....	53
Apêndice III – Procedimentos práticos	54
Apêndice IV - Pré-Teste Turbidimetria.....	59
Apêndice V - Pós-teste turbidimetria	64

1. INTRODUÇÃO

A medida da turbidez da água é utilizada para avaliar a qualidade de características físicas da água, sendo muito importante para o controle de qualidade da mesma. Ao monitorar a turbidez, é possível identificar possíveis contaminações ou avaliar a eficácia de processos de tratamento de água (MARTINS; FERREIRA, 2012).

De acordo com o Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham com ETAS (MCQ), o que pode causar a turbidez é a presença de materiais sólidos como argila, matérias orgânicas e inorgânicas, sílica, coloides, microorganismos, entre outros. Portanto, as medidas de turbidez são fundamentais para garantir que a água tratada atenda aos padrões de qualidade (FUNASA, 2015).

Além disso, a presença de partículas suspensas em diferentes tamanhos e quantidades na água faz com que ocorra maior ou menor turbidez. Quanto mais turbidez maior será a dispersão/espalhamento de um feixe de luz incidente sobre essas partículas. Nesse sentido, conforme a base nacional comum curricular (BNCC) estabelecido pelo Ministério da Educação brasileiro (MEC) para a química no ensino médio, os estudantes neste nível devem compreender que toda mistura pode ser denominada de dispersão (BRASIL, 2018). Essas dispersões devem ser então classificadas em três diferentes tipos quanto ao tamanho das partículas dispersas, que quando inferiores a 1 nm caracterizam-se por não dispersarem a luz caracterizando misturas homogêneas denominadas soluções. Por outro lado, quando em tamanhos superiores a este caracterizam misturas heterogêneas que são divididas em colóides (dispersos entre 1 e 1000 nm) e suspensões (dispersos superiores a 1000 nm) (RODRIGUES, 2020).

Portanto, a turbidimetria é uma técnica analítica baseada na interação da luz com partículas suspensas na água. Um feixe de luz (geralmente de 850 nm) atravessa a solução contendo as partículas suspensas. Essas partículas absorvem a luz e a quantidade de luz espalhada vai depender do tamanho e da quantidade de partículas dispersa. A unidade de medida utilizada nesta técnica normalmente é a Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU, do inglês *Nephelometric Turbidity Unity*), mas também existem outras como a Unidade de Turbidez e Jackson (JTU) e a Unidade Sílica (SiO₂) por exemplo (EMBRAPA, 2004).

Um turbidímetro comercial básico contém três partes principais: uma fonte de luz, um compartimento para a amostra e fotodetectores que captam a luz quando

disparada. Podem ser usadas como fonte de luz as policromáticas com lâmpadas de filamento de tungstênio. Essa fonte de luz contém diferentes cores, ou seja, uma extensa faixa de comprimentos de onda da luz. E as monocromáticas, mas essas não são tão pequenas como as policromáticas. A outra opção são os diodos emissores de luz (LED) ou lasers com largura de banda pequena, por exemplo 850 nm. O fotodetector mede a diferença entre a luz emitida pela fonte e a luz espalhada pela amostra (Nefelômetro) ou transmitida através desta (Turbidímetro), sempre produzindo um sinal elétrico que é convertido no valor da turbidez (MARTINS, 2012).

Ao realizar uma pesquisa sobre valores de turbidímetros comerciais no mês de junho de 2023, verificam-se valores que variam de R\$ 2.800,00 (dois mil e oitocentos reais) nos equipamentos mais simples até R\$8.850,00 (oito mil oitocentos e cinquenta reais) nos modelos de mais qualidade. Percebe-se com isso, que esse equipamento pode ser considerado de custo elevado para a maioria das instituições públicas de ensino e pesquisa no Brasil, que sofrem com a carência de incentivos principalmente nos últimos sete anos. Diante disso, uma alternativa para contornar esse problema, trata-se de propor a criação de um turbidímetro de baixo custo, para que pelo menos possa ser utilizado em aulas experimentais de química analítica instrumental em cursos técnicos e superiores nas instituições que careçam deste equipamento. Pois, como prevê o parecer CNE/CES 1303/2001 do MEC, os estudantes de cursos de química devem ser habilitados para a condução de análises físico-químicas por métodos clássicos e instrumentais, conhecendo devidamente as limitações e potencialidades das técnicas de análise. (BRASIL, 2001).

Isso demonstra grande importância das aulas experimentais para o ensino de química que por muitas vezes é visto como complexo pelos alunos. Acredita-se, portanto, que as vivências obtidas com as aulas experimentais no laboratório permitem aos alunos assimilar os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula com maior eficiência. Na formação de técnicos em química, essas experiências no laboratório são ainda mais indispensáveis pois estão se formando profissionais que depois irão vivenciar esses aprendizados no trabalho (BERNARDELLI, 2004).

As aulas experimentais desempenham um papel importante nesse sentido, pois permitem que o aluno participe ativamente no processo de aprendizagem. Essa participação ativa e participativa nas aulas permite que os alunos relacionem os conhecimentos teóricos com a prática experimental, tornando a aprendizagem potencialmente significativa. (AUSUBEL, 1980).

Com isso, neste trabalho utilizou-se um turbidímetro de baixo custo para aplicar em uma turma de química analítica instrumental de um curso técnico de química, visando que os futuros técnicos aprendam a usar esse parâmetro para calcular as dosagens do tratamento de coagulação/floculação em uma estação de tratamento de água (ETA).

2. OBJETIVOS

Na sequência serão definidos os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

2.1. GERAL

Proporcionar uma vivência experimental de um turbidímetro/nefelômetro desenvolvido a baixo custo para futuros técnicos em química como ferramenta para controle de qualidade das águas.

2.2 ESPECÍFICOS

- Aprimorar o conhecimento teóricos dos alunos sobre a turbidimetria contando com uma vivência experimental;
- Construir um turbidímetro de baixo custo;
- Correlacionar a medida da turbidez com a classificação das dispersões (soluções, coloides e suspensões);
- Enfatizar a importância da turbidimetria no controle de qualidade do tratamento de águas potáveis;
- Avaliar a importância de uma vivência experimental para uma melhor aprendizagem de conteúdos teóricos que podem ser aplicados nas atribuições de técnicos em química.

2.3 HIPÓTESES

- Ao submeter os estudantes de um curso técnico em química a uma vivência prática de medida de turbidez durante o tratamento de água para potabilidade será possível aprimorar seus conhecimentos teóricos sobre o tema.
- A prática proporcionada permitirá a associação com assuntos já explicados de forma teórica em química II e em química analítica instrumental.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados os estudos que se relacionam respectivamente com a importância da medida da turbidez da água para controle de sua qualidade, os princípios físico-químicos que se relacionam com essa medida, os aspectos técnicos que configuram um instrumento usado para essa medida, a relação desses princípios com conteúdos básicos da química aplicada aos segundos anos de ensinos médios tradicionais no Brasil e, por fim, a importância de vivências experimentais que viabilizem uma formação eficiente de futuros profissionais da área química em nível técnico.

3.1 TURBIDEZ DAS ÁGUAS

A turbidez é uma característica fundamental da água, trata-se de uma propriedade óptica que provoca dispersão e absorção da luz por partículas dispersas presentes em amostras de água. Em outras palavras, a turbidez é caracterizada pela diminuição da transparência da água. As principais origens das causas da turbidez podem ser associadas às partículas de matérias suspensas, em estado coloidal, matérias orgânicas provenientes do solo, esgoto, mineração e processos industriais (EPA, 1999).

Nesse sentido, a turbidimetria é uma técnica analítica instrumental baseada na interação da luz com as partículas suspensas na água. Um feixe de luz (geralmente de 850 nm) atravessa a suspensão contendo as partículas suspensas. Essas partículas causam o espalhamento físico da luz incidente e a quantidade espalhada dependerá do tamanho e da quantidade de partículas dispersas. A partir disso, a unidade de medida mais utilizada nesta técnica normalmente é a Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU, do inglês *Nephelometric Turbidity Unity*), mas também existem outras como a Unidade de Turbidez e Jackson (JTU) e a Unidade Sílica (SiO_2) por exemplo (EMBRAPA, 2004).

A turbidez em águas naturais pode ser observada por elementos presentes de forma natural, por partículas minerais como argila e areia através da erosão do solo. A presença de matéria orgânica em suspensão, como restos de organismos podem contribuir também. Portanto, este parâmetro em águas naturais é uma característica

resultante da interação de vários componentes físicos, químicos e biológicos presentes no ecossistema (OFFICE OF WATER, 1999).

O aumento da turbidez na água também pode ser atribuído à influência de efluentes industriais e atividades agrícolas. Efluentes provenientes de processos industriais podem introduzir partículas e substâncias químicas na água. O escoamento superficial de áreas agrícolas, carregados por fertilizantes e pesticidas também contribuem para a turbidez da água. Além disso, as práticas agrícolas, como o desmatamento, aumentam o risco de erosão do solo, ocasionando a entrada de partículas na água e aumentando a sua turbidez (MARTINS; FERREIRA, 2012).

Uma turbidez elevada pode ter impactos significativos nos organismos vivos da água e no ecossistema da água como um todo. A presença de muitas partículas em suspensão pode atrapalhar a absorção da luz solar desses organismos, afetando os processos biológicos, podendo atrapalhar e causar desequilíbrios na cadeia alimentar aquática. Aumentos significativos na turbidez podem interferir nas capacidades de navegação dos peixes e na reprodução de espécies. Diante disso, torna-se necessário controlar este parâmetro em águas e efluentes descarregados nos cursos d'água. Estratégias eficazes de gestão ambiental e práticas sustentáveis são necessárias para minimizar a introdução dessas partículas nas águas. Portanto, o controle da turbidez é um componente crucial para garantir o equilíbrio dos ecossistemas e a qualidade das águas (EPA, 1999).

A quantidade de partículas excessivas em suspensão na água também pode afetar a qualidade da água de consumo humano. Os níveis máximos de turbidez da água, para ser considerada potável, conforme a portaria nº 888/2021 é de 5 NTU (BRASIL, 2021). Além disso, para que a água ainda possa ser tratada por meios convencionais em uma ETA, a sua turbidez não pode ultrapassar 100 NTU conforme a resolução CONAMA nº 357/2005. Esta resolução visa garantir que a água esteja dentro dos padrões seguros para consumo da população. Dessa forma, a medição e controle da turbidez são elementos fundamentais no monitoramento da qualidade da água tratada (BRASIL, 2005).

Diante dos diversos problemas associados à presença de partículas em suspensão na água, é de extrema importância realizar a medida da turbidez de

frequentemente ao longo das etapas de tratamento da água. Os profissionais que atuam nessa área devem conhecer os aspectos físico-químicos relacionados à turbidez para garantir que os padrões de qualidade da água sejam atendidos, contribuindo para a saúde pública e preservação ambiental.

3.2 PRINCÍPIOS FÍSICO-QUÍMICOS ASSOCIADOS À TURBIDEZ

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) trata-se de um documento oficial que traz as aprendizagens essenciais que todos os alunos devem estudar ao longo das etapas do Ensino Fundamental e Ensino Médio. De acordo com a habilidade EM13CNT310 da BNCC é necessário que os estudantes da química sejam impelidos a

“Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.” (BRASIL 2018)

Essa habilidade visa garantir que os alunos do Ensino Médio regular e também futuros técnicos em Química estejam capacitados para compreender e enfrentar os desafios práticos, como a análise e controle da qualidade da água. Esse entendimento contribui para a formação científica dos alunos e futuros profissionais, capazes de atuar em diversos setores relacionados ao meio ambiente, saúde e saneamento (BRASIL, 2018).

Assim sendo, para que os estudantes compreendam o que confere turbidez a um meio aquoso, primeiramente precisam compreender as diferenças existentes entre as possíveis dispersões. Nesse sentido, entendem-se por dispersões meios em que as partículas (disperso) se encontram distribuídas em um ambiente dispersante, formando uma mistura homogênea ou heterogênea. Essas partículas dispersas podem variar de tamanho e natureza, sendo que o meio dispersante pode ser um líquido, um gás ou um sólido. As dispersões devem ser então classificadas em três

diferentes tipos quanto ao tamanho das partículas dispersas. Quando inferiores a 1 nm caracterizam-se por não dispersar a luz e classificam-se como misturas homogêneas, denominadas soluções. Por outro lado, quando em tamanhos superiores a este, caracterizam misturas heterogêneas, que são divididas em colóides (dispersos entre 1 e 1000 nm) e suspensões (dispersos superiores a 1000 nm) (RODRIGUES, 2020).

Assim sendo, soluções verdadeiras são aquelas que se referem a misturas químicas em que as substâncias estão completamente dissolvidas em uma única fase. Um exemplo clássico de solução verdadeira é a mistura de sal com água, na qual o sal está completamente disperso na água, sem formar partículas suspensas (RODRIGUES, 2020)

Suspensões são misturas heterogêneas compostas por partículas sólidas dispersas em meio líquido. Nessas misturas, as partículas não se dissolvem completamente e podem ficar concentradas no fundo do recipiente. Um exemplo de suspensão é a mistura de areia em água. Colóides, por sua vez, são compostos de partículas pequenas o suficiente para não caracterizarem uma suspensão, mas grandes o suficiente para serem percebidas por fenômenos ópticos, tais como espalhamento mediante incidência de luz. Essas misturas podem estar em estado sólido, líquido ou gasoso. Existem várias categorias de colóides, sendo elas: sol, gel, emulsão, espuma e aerossol. Como exemplo de colóide, podemos citar o leite que é uma emulsão. E a gelatina como exemplo do tipo gel (RODRIGUES, 2020).

A partir deste espalhamento de luz perceptível em dispersões heterogêneas, surge o efeito Tyndall, que justamente ocorre quando há dispersão na luz pelas partículas. Neste caso, é possível visualizar o trajeto que a luz faz, pois estas partículas dispersam os raios luminosos. A importância do efeito Tyndall está na sua aplicação prática para identificar a presença de partículas coloidais ou suspensões em um meio. Quando um feixe de luz é direcionado através de uma substância coloidal a luz é dispersa e se torna visível. Este efeito é fundamental e útil em laboratórios e na indústria para verificar a presença de partículas em líquidos, gases ou aerossóis (BERNARDO, 2009).

Esse efeito Tyndall será a base para a medida analítica instrumental da turbidimetria. Essas medidas analíticas são essenciais em diversas áreas da química e por isso é importante que sejam corretas. Com isso, é de extrema importância que os futuros profissionais da área da química dominem e determinem corretamente esses parâmetros, para que isso embase sua tomada de decisões nos mais diversos setores da química. Pois, futuramente podem vir a trabalhar seja em alguma estação de tratamento de águas (ETA) ou de efluentes (ETE), ou indústria alimentícia, ou farmacêutica, entre outras.

De acordo com Maldaner (1999):

“a construção do conhecimento químico é feita por meio de manipulações orientadas e controladas de materiais, iniciando os assuntos a partir de algum acontecimento recente ou do próprio cotidiano ou ainda adquirido através deste ou de outro componente curricular, propiciando ao aluno acumular, organizar e relacionar as informações necessárias na elaboração dos conceitos fundamentais da disciplina, os quais são trabalhados através de uma linguagem própria dos químicos, como: símbolos, fórmulas, diagramas, equações químicas e nome correto das substâncias. Alguns alunos apresentam mais dificuldades em compreender conceitos mais abstratos e uma maneira de ajudar esses alunos e a todos a compreender de forma mais clara os conteúdos, é através da experimentação, o que às vezes pode ter ficado confuso na teoria, com a prática se torna mais fácil de entender.” (MALDANER, 1999)

Como prevê o parecer CNE/CES 1303/2001 do MEC, os estudantes de cursos de química devem ser habilitados para a condução de análises físico-químicas por métodos clássicos e instrumentais, conhecendo devidamente as limitações e potencialidades das técnicas de análise. (BRASIL, 2001).

Isso demonstra grande importância das aulas experimentais para o ensino de química que por muitas vezes é visto como complexo pelos alunos. Acredita-se, portanto, que as vivências obtidas com as aulas experimentais no laboratório permitem aos alunos assimilar os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula com maior eficiência. Na formação de técnicos em química, essas experiências no laboratório são ainda mais indispensáveis pois estão se formando profissionais que depois irão vivenciar esses aprendizados no trabalho (BERNARDELLI, 2004).

As aulas experimentais desempenham um papel importante nesse sentido, pois permitem que o aluno participe ativamente no processo de aprendizagem. Essa participação ativa e participativa nas aulas permite que os alunos relacionem os

conhecimentos teóricos com a prática experimental, tornando a aprendizagem potencialmente significativa (AUSUBEL, 1980).

3.3 ANÁLISE TURBIDIMÉTRICA

A medida da turbidez da água é utilizada para avaliar a qualidade de características físicas da água, sendo muito importante para o controle de qualidade da mesma. Ao monitorar a turbidez, é possível identificar possíveis contaminações ou avaliar a eficácia de processos de tratamento de água (MARTINS; FERREIRA, 2012).

Para a realização dessas análises, são necessários instrumentos específicos como turbidímetros e/ou nefelômetros. Esses equipamentos são adequados e se fazem necessários para medir a presença de partículas em suspensão nas amostras de água. O turbidímetro utiliza o princípio da turbidimetria para medir a intensidade de luz transmitida através da amostra, enquanto o nefelômetro avalia a quantidade de luz espalhada/refletida pelas partículas dispersas. Quando devidamente calibradas, ambas as ferramentas são úteis no controle da qualidade da água (GARCIA, 2017).

Os turbidímetros e nefelômetros comerciais básicos contêm três partes principais: uma fonte de luz, um compartimento para a amostra e fotodetectores que captam a luz quando disparada. Podem ser usadas como fonte de luz as policromáticas com lâmpadas de filamento de tungstênio. Essa fonte de luz contém diferentes cores, ou seja, uma extensa faixa de comprimentos de onda da luz. A outra opção são os diodos emissores de luz (LED) ou lasers com largura de banda pequena, por exemplo 850 nm. O fotodetector relaciona a luz emitida pela fonte com a luz espalhada pela amostra (nefelômetro) ou com a transmitida através desta (turbidímetro), sempre produzindo um sinal elétrico que é convertido no valor da turbidez após calibração (MARTINS, 2012).

Os detectores presentes nos turbidímetros detectam a luz gerada pela interação entre o incidente da luz e a amostra, transformando essa luz em um sinal elétrico pelo chamado efeito fotoelétrico. Após, a intensidade desses sinais elétricos é relacionada com valores crescentes de turbidez no meio. Como já mencionado, a disposição dos detectores pode variar de acordo com o modelo de equipamento. Entre os tipos mais comuns de fotodetectores podem-se citar os fotomultiplicadores,

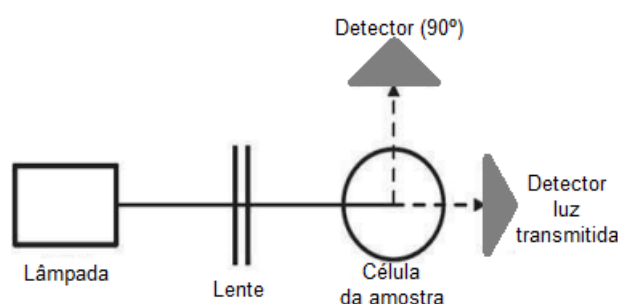
fotodiodos de vácuo, fotodiodos de silício, fototransistores e fotoresistores de sulfeto de cádmio. Cada um desses fotodetectores apresenta uma resposta diferente em determinados comprimentos de onda da luz (MARTINS, 2012).

Ao realizar uma pesquisa sobre cotações de equipamentos comerciais para a medida de turbidez no mês de junho de 2023, verificaram-se valores que variam de R\$ 2.800,00 (dois mil e oitocentos reais) nos equipamentos mais simples até R\$ 8.850,00 (oito mil oitocentos e cinquenta reais) nos modelos de mais qualidade.

3.3.1 Constituição de um turbidímetro

Como pode ser observado, esses equipamentos geralmente serão de difícil acesso para muitas das instituições de ensino brasileiras pelo elevado custo. A composição deste instrumento se dá a partir do efeito de espalhamento da luz quando esta incide sobre as partículas dispersas nas amostras líquidas. Um esquema geral da maior parte dos equipamentos desta natureza pode ser observado na Figura 1. Esse esquema servirá de base para a construção do instrumento de baixo custo proposto neste projeto.

Figura 1. Esquema geral de um turbidímetro comercial.



Fonte: Adaptado de Larsson (2003).

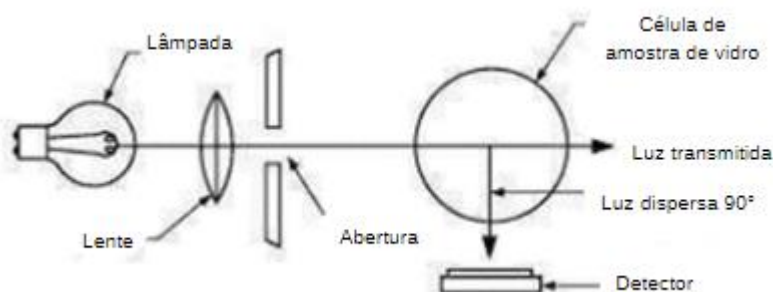
Em um turbidímetro, a disposição da fonte de radiação em relação ao detector é de 180°, com a cubeta no centro deles, o que resulta em uma medição baseada na luz transmitida através da amostra. Desse modo, à medida em que a turbidez da amostra aumenta, a intensidade da luz que atinge o detector diminui. Portanto, há uma relação inversa entre o sinal captado pelo detector da turbidez da amostra. Assim, o turbidímetro é capaz de quantificar a turbidez com base na diminuição da

intensidade luminosa causada pela propagação da luz pelas partículas em suspensão na amostra. Essa relação inversa entre sinal e turbidez é essencial para interpretar as leituras desse equipamento e compreender a qualidade da água em análise (MARTINS, 2012).

3.3.2 Constituição de um nefelômetro

O nefelômetro, por sua vez, é composto por uma fonte de radiação, responsável por emitir a luz que interage com a amostra sendo espalhada pelas partículas em suspensão. Neste caso, o fotodetector, que desempenha o papel de captar a luz dispersa pela amostra, ficará disposto a ângulos menores que 180° em relação à fonte de radiação (45° ou 90° normalmente) (Figura 2). Essa configuração angular permite uma sensibilidade maior do equipamento à variação no tamanho e concentração das partículas em suspensão na amostra (CAMPBELL SCIENTIFIC, 2018).

Figura 2. Esquema geral de um nefelômetro comercial.



Fonte: Adaptado de Sanar (1996)

A fonte de luz e o detector estão posicionados em ângulos de 45° ou 90° , em relação a cubeta que contém a amostra, então o nefelômetro vai permitir medir a luz espalhada pelas partículas presentes na amostra. A intensidade do sinal captado está diretamente relacionada à turbidez da amostra. Quanto mais partículas em suspensão estiverem presentes, maior será a quantidade de luz espalhada e maior será a intensidade detectada. Essa característica angular específica é fundamental para avaliar o espalhamento de luz provocado pelas partículas presentes na amostra (CAMPBELL SCIENTIFIC, 2018).

É conveniente destacar que normalmente os equipamentos utilizados para a análise turbidimétrica são chamados a grosso modo de turbidímetros, independente da posição do seu ou dos seus detectores. Porém, esse estudo também visou esclarecer a diferença do que se denomina turbidímetro e o que é nefelômetro.

Diante da relativa complexidade das instrumentações exemplificadas acima e dos custos associados, muitas vezes é baixa a disponibilidade de instrumentação analítica para aulas práticas em componentes curriculares como a química analítica instrumental em cursos técnicos e superiores da área química. Com isso, as vivências experimentais dos futuros profissionais podem ser prejudicadas, assim como a aprendizagem efetiva de conceitos importantes associados.

3.4 VIVÊNCIAS EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Para uma formação mais completa, com vivências experimentais além da teoria, são necessários muitos recursos. Porém, como se sabe, a maioria das instituições de ensino técnico ou superior carecem dos mesmos para adquirir os equipamentos essenciais para as aulas experimentais, principalmente de técnicas analíticas instrumentais pelo custo elevado desses equipamentos (AYRES, 2019). Uma alternativa para isso é desenvolver equipamentos de baixo custo e com isso contribuir para a formação dos alunos. Esses equipamentos podem permitir aulas mais completas no laboratório e que desenvolvam experiência para trabalhar com esses equipamentos de extrema importância e utilização em diversas áreas.

Desse modo, tal como menciona Gomes (2016):

Seja por falta de disciplinas experimentais na estrutura curricular dos cursos de formação docente, por falta de recursos por parte das instituições de ensino, por resistência às mudanças no campo da educação ou por falta de aperfeiçoamento profissional, os docentes tornam-se desatualizados não só em relação aos avanços da Ciência, mas também em relação às novas técnicas e metodologias de ensino (GOMES, 2016).

As atividades práticas e experimentais para facilitar o aprendizado dos alunos são fundamentais, mas muitas vezes as escolas não possuem laboratórios de ciências e mesmo quando possuem, encontram-se abandonados, sem vidrarias e reagentes químicos, o que torna inviável a realização das aulas experimentais. Isso é muito preocupante quando se percebe que em 2022 o orçamento aprovado para as 69 universidades do país correspondia à metade do orçamento para as mesmas em

2015. Dados compilados pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SPBC) mostram que o orçamento destinado à ciência e tecnologia no Brasil despencou de 2016 até 2022 (ESCOBAR, 2022).

Acredita-se que é através da experimentação que os alunos têm a oportunidade de visualizar os conceitos abstratos de forma concreta. Isso permite uma compreensão mais profunda e fortalece a capacidade desses profissionais de aplicarem esses conhecimentos em situações práticas no futuro campo de trabalho. E para futuros profissionais da química, a experimentação se torna ainda mais importante. Segundo Viviani e Costa (2010) as atividades práticas podem ser um recurso ou complemento às aulas teóricas.

Nesse sentido, Labarca et al. (2013) mencionam que:

(...) a química continua sendo considerada pelos estudantes como uma disciplina difícil. Isso é compreensível na medida em que a aprendizagem da química exige que eles operem e inter-relacionem três níveis diferentes de pensamento: a) o nível macro (tangível), b) o nível micro (atômico e molecular), e c) o nível simbólico e matemático.¹⁰⁶ Porém, durante os últimos anos, a investigação sobre a educação química realizou grandes avanços, entre eles: a utilização de ferramentas tecnológicas, a modificação da estrutura da disciplina escolar, a incorporação de resultados de estudos cognitivos, o recurso ao construtivismo pedagógico na química, a melhoria do trabalho de laboratório, entre outros. Entretanto, tais avanços resultaram pouco influentes sobre o efetivo ensino da química, como demonstram as avaliações nacionais de desempenho dos estudantes, apesar da notável melhoria dos livros didáticos, que recentemente incorporaram muitas das proposições da comunidade dos educadores químicos (LABARCA *et al.*, 2013).

Sendo assim, a vivência experimental dos conceitos aprendidos na química é possivelmente uma excelente ferramenta para permitir que o estudante realmente compreenda aquilo que está estudando e não simplesmente decore. Acredita-se por fim que a experimentação na química pode conferir significado aos conceitos aparentemente abstratos.

Visto que, corroboram com isso Gaudêncio *et al.* (2022):

(...)As teorias interacionistas admitem a construção do conhecimento em função da interação sujeito-objeto, dando igual importância aos fatores externos e internos, com interrelação contínua. Com isso, as teorias construtivistas consideram que o sujeito e o objeto não são estruturas separadas, ou seja, o sujeito não existe sem o objeto (meio), nem o objeto existe sem o sujeito. Essas teorias enfatizam que a aprendizagem é muito mais que simplesmente passar a informação para o indivíduo, mas dar a ele o papel central na construção do conhecimento. Assim, o processo de ensino e aprendizagem encoraja estudantes a desenvolverem a autonomia e o pensamento crítico (GAUDÊNCIO *et al.*, 2022).

Desse modo, percebendo-se a necessidade de prover aos futuros profissionais da química vivências experimentais que reforcem seu aprendizado teórico-prático somado à escassez de recursos para a aquisição de equipamentos que possibilitem tal ensino, justificam-se cada vez mais os estudos direcionados à construção de equipamentos de baixo custo que possam suprir o ensino de componentes curriculares fundamentais aos químicos.

3.5 DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS DE BAIXO CUSTO

Diante dos desafios supracitados, professores buscam alternativas de baixo custo para proporcionar pelo menos uma vivência prática no estudo da química. Um exemplo disso, é o estudo realizado por estudantes do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal da Paraíba, onde foi desenvolvido um calorímetro com materiais de baixo custo como madeira, isopor, papel alumínio, entre outros e permitiu que os estudantes tivessem acesso a esse equipamento nas aulas experimentais. (NASCIMENTO, LIMA e ALMEIDA, 2018).

Por esse caminho, Oliveira *et al.* (2015) desenvolveram um fluorímetro artesanal e a partir dele construíram propostas de aplicação em aulas práticas de química analítica instrumental. O equipamento foi construído com materiais de baixo custo, o suporte foi feito com um tubo de PVC. Para colocar a cubeta, foi utilizada uma caixa de polipropileno preta que se conectava aos circuitos eletrônicos. O fornecimento de energia foi através de uma fonte de alimentação, com a opção por fonte contínua com pilhas tamanho AA com potencial de 1,5 V. Foi utilizada uma fonte de radiação de combustão com LED e um detector com fotoresistor do tipo LDR e um medidor do tipo multímetro digital.

Nesse sentido também, Ferreira e Martins (2012) realizaram pesquisa para um turbidímetro de baixo custo visando seu uso no controle de efluentes. O instrumento construído é capaz de medir uma faixa de turbidez que varia de 16 a 4000 NTU, que abrange valores suficientes para a avaliação de níveis de turbidez para efluentes industriais. O processamento do sinal foi bem-sucedido e um filtro digital foi colocado conforme simulações realizadas no MATLAB. Para projetos futuros, os autores indicam melhorias na medição e níveis de turbidez mais baixos a implementação de

interfaces com o usuário para facilitar a operação do equipamento e a inclusão de interfaces.

No estudo de Ferreira e Martins, foi identificada uma limitação no protótipo do equipamento construído. Essa limitação está relacionada à estabilização do sinal da amostra. O equipamento estava apresentando os dados da amostra antes da estabilização adequada. Em algumas amostras a estabilização do sinal ocorria após 36 μ s do acendimento do LED e em outras 40 μ s e 150 μ s, apresentando resultados discrepantes. Para resolver esse problema, foi necessário alterar a frequência da onda e a partir disso apresentou resultados mais estáveis. Diante disso, é importante destacar que o turbidímetro desenvolvido neste trabalho não apresentou essa limitação, proporcionando uma aquisição estável do sinal (FERREIRA E MARTINS, 2012).

Muitos estudos na área da química envolvem novas tecnologias como a utilização de impressoras 3D. Essas tecnologias têm desempenhado um papel fundamental para criações de equipamentos e outros projetos na área da química, proporcionando uma facilidade para criação de soluções acessíveis para facilitar o aprendizado dos estudantes. Neste contexto, o estudo realizado por Gabriela Gaspar (2023) trouxe o uso de impressora 3D para desenvolver modelos moleculares acessíveis, uma proposta direcionada a pessoas com deficiência visual. O modelo desenvolvido por meio de uma impressora 3D é composto por 65 peças, possui um sistema de símbolos e legendas em Braille.

Em outro estudo, além dos protótipos 3D, também foi utilizado o aplicativo PhotometrixPRO® para captura e tratamento de imagens no sistema RGB. A metodologia proposta visou a quantificação de etanol e cobre em amostras de cachaça, por meio de análises digitais utilizando smartphones com o aplicativo Photometrix e o processamento de dados utilizou a regressão PLS a partir de valores RGB de cada imagem (BOCK, 2021). Em ambos os estudos, a utilização dessas tecnologias mostrou-se promissora em relação com as técnicas tradicionais, oferecendo vantagens como portabilidade e baixo custo, sendo uma alternativa para instituições de ensino com recursos limitados.

Portanto, desenvolver um turbidímetro de baixo custo para que os estudantes, principalmente os futuros profissionais da química, possam utilizar para conhecer e dominar as técnicas analíticas instrumentais para o controle de qualidade durante o tratamento da água é de extrema importância. Pois, conforme o parecer do Conselho Nacional de Educação, parecer CNE/CES nº 1303 de 2021, o profissional da química deve saber conduzir análises químicas, físico-químicas e químico-biológicas qualitativas e quantitativas e a determinação estrutural de compostos por métodos clássicos e instrumentais, bem como conhecer os princípios básicos de funcionamento dos equipamentos utilizados e as potencialidades e limitações das diferentes técnicas de análise (BRASIL, 2001).

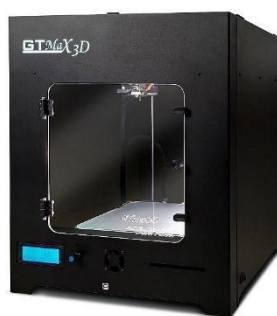
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste estudo foi desenvolvida uma pesquisa exploratória com sua execução em duas etapas. A primeira etapa envolveu o desenvolvimento de uma pesquisa experimental para a construção de um turbidímetro/nefelômetro utilizando materiais de baixo custo. Este equipamento poderá ser usado para a aplicação neste trabalho e em aulas futuras. A segunda etapa prevê o desenvolvimento de uma pesquisa quantitativa para avaliação dos efeitos do uso deste equipamento sobre alunos de um curso técnico em química integrado ao ensino médio na aprendizagem da teoria sobre turbidimetria aplicada ao tratamento de água.

4.1 DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO

Para o desenvolvimento do equipamento, foi utilizada uma impressora 3D modelo 3DPro (*GT Max 3D*, Brasil, Figura 3), que foi utilizada na construção de um compartimento para inserção das cubetas de vidro. Mesmo sendo utilizado uma impressora 3D que também possui um custo elevado, muitas instituições de ensino já possuem esse equipamento, o que não contabiliza o custo da impressora. Mas, caso for adquirida, a mesma pode ser utilizada para diversos outros trabalhos. Este compartimento conta com uma fenda de entrada de luz e duas de saída, uma posicionada a 90° (para nefelometria) e outra a 180° (para turbidimetria), ambos os ângulos em relação à fenda de entrada. O espaço para a cubeta foi centralizado no aparato e foi desenhado para cubetas de vidro com capacidade para 10 mL modelo DLT-WV (Del Lab, Brasil). As cubetas para amostras e as suspensões de turbidez conhecidas (< 0,1; 10,0 e 100,0 NTU) foram reutilizadas de um turbímetro comercial (Del Lab, Brasil) com mau funcionamento. Todas as peças em 3D foram impressas com filamento polimérico de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) com 1,75 mm de espessura em preto, para minimizar interferências de luz na parte interna do compartimento, conhecidos como radiação espúria.

Figura 3. Imagem adaptada da impressora 3D utilizada na construção das partes do turbidímetro/nefelômetro.

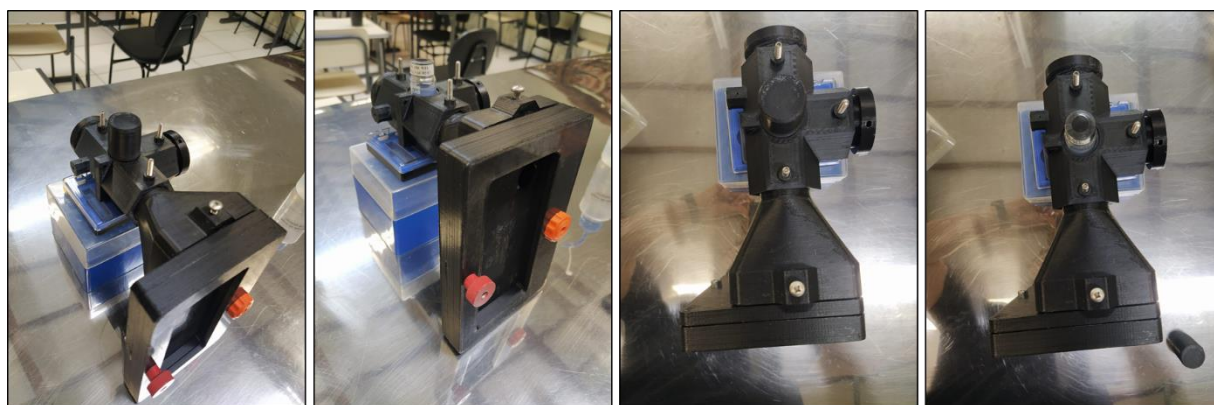


Fonte: Adaptado de GT Max 3D (2023).

Como fonte de luz, foi adquirida em marketplace e utilizada uma lâmpada de diodo emissor de luz (LED) em comprimento de onda ajustável (RGB Difuso) com as componentes vermelha (640 nm), verde (515 nm) e azul (475 nm), que foi adquirida em um marketplace. A lâmpada trabalha com controle de corrente a 25 mA. Esta lâmpada foi alimentada por uma fonte 12 V, ligada a um sistema seletor que permite a escolha da cor a ser irradiada (vermelho, verde ou azul) para a cubeta e a intensidade dessa luz controlada por um potenciômetro em série.

Para a detecção da radiação espalhada a 90° em relação ao feixe de incidência da luz (nefelometria) ou da radiação transmitida através da cubeta a 180° em relação ao feixe incidente (turbidimetria), foi acoplado um smartphone modelo A53 (Samsung, Coréia do Sul) com sistema operacional Android®, sendo um utilizado um aplicativo gratuito compatível (PhotometrixPro, Brasil). Este aplicativo possui a capacidade de capturar as imagens da luz espalhada ou transmitida na cubeta e convertê-las em intensidades de sinal RGB (de 0 a 255 unidades). O sistema para acoplamento do smartphone também foi construído com impressão 3D. O projeto do equipamento construído, as cubetas utilizadas e a imagem do instrumento em uso podem ser visualizados na Figura 4.

Figura 4. Equipamento desenvolvido em uso neste trabalho.



Fonte: Autor (2023).

É importante destacar que o projeto e construção deste equipamento foram realizados pelo professor Doutor Matheus Felipe Pedrotti e está vinculado ao grupo de pesquisa “Análises e Desenvolvimento de Metodologias Químicas” do IFRS Campus Feliz. Desse modo, a validação da exatidão dos resultados obtidos neste instrumento foi realizada com auxílio de voluntários deste grupo de pesquisa.

Para a validação da exatidão dos resultados de turbidez no equipamento, a câmera do smartphone foi posicionada a 90° em relação à fonte de radiação, contando-se portanto com medida por nefelometria. Como amostra, utilizou-se um padrão secundário certificado de 20,0 NTU, previamente disponível. Este padrão foi medido em replicatas, tanto no equipamento desenvolvido, quanto no equipamento comercial, ambos previamente calibrados. A partir disso, a avaliação da exatidão foi feita através da comparação das médias obtidas para a mesma amostra em ambos os equipamentos utilizando-se Teste-t de Student (com 95% de intervalo de confiança). O equipamento comercial escolhido para comparação foi o medidor de turbidez modelo HI98703-02 (Hanna, Itália).

Com a exatidão do instrumento devidamente avaliada, partiu-se para a segunda etapa, que consistiu na principal deste trabalho. Ou seja, a elaboração de uma aula teórico-prática que possibilitasse a aprendizagem do conteúdo instrumental de análise turbidimétrica.

4.2 ENSINO DE ANÁLISE TURBIDIMÉTRICA

Para a aplicação do equipamento desenvolvido em uma aula teórico-prática e consequente verificação dos efeitos desta na aprendizagem dos estudantes, foi

proposta uma aula composta por três períodos consecutivos de 50 minutos cada. Uma semana antes desse encontro com a turma, foi entregue aos participantes da pesquisa um termo de consentimento livre e esclarecido e um formulário pré-teste envolvendo os conteúdos de turbidimetria e associações deste com a turbidez da água. Para a resolução deste pré-teste foram concedidos 30 minutos aos participantes, sendo recolhidos ao final.

No dia da aplicação teórico-prática proposta, no primeiro período, foi realizada uma explicação teórica expositiva do conteúdo de dispersões, turbidez na água e finalmente de turbidimetria e nefelometria. O plano de aula proposto e os slides apresentados estão disponíveis respectivamente nos Apêndices I e II deste trabalho.

Nos 70 minutos seguintes, foi realizada a aplicação prática com o instrumento desenvolvido, de tal forma que os estudantes participassem dos procedimentos da experimentação dentro de sala de aula mesmo, conduzidos por um roteiro de prática previamente entregue e explicado (Apêndice III).

Por fim, quando concluída a experimentação, os participantes da pesquisa realizaram o pós-teste com tempo máximo de 30 minutos. As amostras de água que foram analisadas nesta prática foram retiradas de um trabalho concomitante de uma estação de tratamento de água (ETA), conduzida por outro graduando da Licenciatura em Química, junto à mesma turma alvo desta pesquisa.

Para a aplicação do experimento junto à turma, escolheu-se como amostra uma turma de quarto ano do curso técnico em química integrado ao ensino médio de uma instituição do ensino federal no Rio Grande do Sul. A turma possui 23 alunos ($n = 23$) e a disciplina escolhida para essa proposta foi de química analítica II (equivalente à química analítica instrumental). Todos os participantes são maiores de 18 anos e assinaram previamente um termo de consentimento livre e esclarecido para participarem da pesquisa.

Como informado, para avaliar a eficiência da aprendizagem da análise turbidimétrica junto à turma alvo, foram utilizados os formulários de pré (Apêndice IV) e pós teste (Apêndice V). Estes formulários foram compostos por treze questões objetivas, sendo as quatro primeiras associadas com classificação de dispersões aquosas e efeitos da luz sobre partículas não dissolvidas. A seguir, duas questões relacionadas com a unidade de medida e a importância dessa medida para

monitoramento ambiental e, por fim, mais sete questões voltadas à compreensão da instrumentação utilizada para a medida da turbidez. Além disso, no formulário de pós-teste foram incluídas mais duas questões dissertativas com o objetivo de capturar as impressões dos pesquisados a respeito da proposta aqui desenvolvida. Como já mencionado, em ambos os casos, os alunos tiveram 30 minutos para responderem aos testes. Antes da aplicação dos questionários, foi realizada uma avaliação prévia com colegas do curso de Licenciatura em Química para a identificação de possíveis problemas e coleta de sugestões a respeito dos questionamentos.

Além disso, toda essa proposta foi repetida com outra turma em nível escolar similar, porém sem a inclusão da aula prática com o equipamento proposto. Os resultados de pré e pós testes com essa turma de 19 participantes ($n = 19$) foram utilizados como condição de controle para avaliação dos efeitos da aula prática agregada com a teoria.

Com a análise dos resultados obtidos, através do tratamento estatístico dos dados, buscou-se responder às hipóteses e aos objetivos geral e específicos do trabalho. Ao final, ainda foi realizado um arrazoado a respeito dos recursos disponíveis para a aplicação desse estudo junto às turmas e do contexto dos sujeitos envolvidos no estudo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir deste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir da proposta deste trabalho. Para tanto, apresenta-se brevemente a validação da exatidão do equipamento desenvolvido para nefelometria e na sequência os dados obtidos de pré e pós-testes aplicados, bem como a discussão da evolução do conhecimento dos pesquisados acerca dos conceitos transmitidos com a combinação de teoria e prática propostos.

Pois, segundo Silva *et al* (2013, p. 235), “a experimentação pode ser entendida como uma atividade que permite a articulação entre fenômenos e teorias” e, por isso, acredita-se que a proposta possa ter auxiliado para uma melhor aprendizagem destes conteúdos.

5.1 VERIFICAÇÃO DA EXATIDÃO DO INSTRUMENTO DESENVOLVIDO

Como mencionado na metodologia deste estudo, os resultados para nefelometria no equipamento desenvolvido foram submetidos a uma validação de exatidão, comparando com os de uma mesma amostra em um equipamento comercial disponível.

Para este ensaio, inicialmente realizou-se uma avaliação da melhor linearidade das curvas de calibração que podem ser obtidas (r^2 mais próximo de 1) frente às diferentes cores que a lâmpada utilizada emite. Desse estudo, observou-se que os melhores resultados de linearidade obtidos no aplicativo PhotometrixPro® fora quando do uso da radiação vermelha. Este estudo foi conduzido com o tamanho de captura do aplicativo em configuração 8 x 8. Os resultados obtidos aqui podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Curvas de calibração e coeficiente de determinação (r^2) obtidos para cada componente da imagem no aplicativo após cada uma das radiações RGB, sob uma janela de captura de 8 x 8.

Componente	Curva de calibração	Coeficiente de determinação, r^2
Vermelho, R	$y = -1,964.x + 192,842$	0,903
Verde, G	$y = -0,687.x + 253,826$	1,000
Azul, B	$y = 0,003.x + 253,687$	0,097
Tom, H	$y = 0,167.x + 0,915$	0,937
Saturação, S	$y = 0,008.x + 0,242$	0,903
Brilho, L	$y = -0,004.x + 0,877$	0,903

Fonte: Autora (2023).

A seguir, fixando-se a condição com a radiação vermelha e o padrão de 100 NTU, alterou-se a configuração do tamanho de janela de captura no aplicativo para os valores disponíveis: 8 x 8, 16 x 16, 32 x 32, 64 x 64 e 128 x 128, sempre verificando-se as condições de linearidade nas calibrações. Neste estudo, não foi verificado um aumento significativo das linearidades com o aumento da janela de captura, entretanto, percebeu-se uma perda de sensibilidade das curvas de calibração. Isso ocorre possivelmente em função de que o aumento da janela de tratamento das imagens implica em uma captura que não se restringe à luz espalhada e acaba tratando em conjunto imagens do fundo preto do equipamento impresso. Por esse motivo, para as calibração deste trabalho em posição de nefelometria, decidiu-se pela continuidade do estudo com radiação vermelha e a janela de captura mais sensível em 8 x 8.

A partir disso, ambos os equipamentos foram devidamente calibrados, sendo o proposto calibrado a partir de três padrões de turbidez disponíveis (0,0; 10,0 e 100,0 NTU) enquanto o comercial, com quatro padrões (0,0; 15,0; 100,0 e 750,0 NTU). A seguir, para ambos os casos, transferiu-se 10 mL de uma amostra com turbidez certificada de 20,0 NTU para três diferentes cubetas de cada um dos equipamentos. A seguir, essas amostras foram medidas em triplicata ($n = 3$) para ambos os equipamentos.

Para o equipamento proposto, a leitura da amostra certificada indicou o resultado de $21,5 \pm 1,3$ NTU, enquanto que para o equipamento comercial, o resultado da mesma amostra foi de $21,1 \pm 0,8$ NTU. Com isso, aplicou-se o Teste-t de Student (95% de intervalo de confiança) para comparação de médias duas a duas e verificou-se que não há diferença significativa entre as médias comparadas e dessas com o valor de referência certificado.

Desse modo, diante do exposto, considerou-se que o equipamento desenvolvido apresentou exatidão suficiente para a continuidade deste estudo. A partir disso, destacam-se ainda os custos associados à construção deste equipamento e que são explicitados na Tabela 2.

Tabela 2. Custos estimados via plataforma on line de compras (Google Shopping) em novembro de 2023 para a configuração completa do equipamento construído.

Item	Custo médio (R\$)
300 g de filamento ABS 1,75 mm	20,00
Kit de padrões de turbidez (<0,1; 10,0; 100,0 e 750,0 NTU)	280,00
Kit de cubetas de vidro, 10 mL	100,00
Fonte de alimentação, 12 V	18,00
LED RGB	3,00
Potenciômetro para ajuste de intensidade	5,00
Chave seletora de 5 posições	28,00

Fonte: Autora (2023).

Diante dos custos totais estimados para este equipamento (R\$ 454,00) e do custo estimado para um equipamento comercial da marca Hanna (R\$ 8.850,00), como o utilizado para comparação neste trabalho, é possível perceber que o equipamento desenvolvido torna muito mais fácil o acesso de estudantes de cursos de química a esta técnica analítica instrumental. Com isso, o equipamento passou à fase de aplicação junto à turma alvo desta pesquisa.

5.2 APLICAÇÃO JUNTO AOS PESQUISADOS

A partir do equipamento ser validado, iniciou-se a etapa de aplicação da aula teórico-prática juntos aos estudantes da turma alvo e da aula exclusivamente teórica ministrada aos estudantes da turma controle.

Os resultados obtidos do índice de acertos na comparação das treze questões repetidas entre pré e pós testes são apresentados na Tabela 3. Nela é possível visualizar o percentual de acertos por questão em cada teste realizado por ambas as turmas.

Tabela 3. Comparação do percentual de acertos por questão de pré e pós-testes para turma controle e para a turma alvo da pesquisa.

Questão	Controle (n = 17)			Turma alvo (n = 23)		
	Pré-teste	Pós-teste	Evolução	Pré-teste	Pós-teste	Evolução
1	53%	47%	- 6%	35%	78%	43%
2	59%	35%	- 24%	35%	74%	39%
3	65%	71%	6%	61%	83%	22%
4	100%	100%	0%	78%	91%	13%
5	71%	88%	18%	74%	100%	26%
6	59%	71%	12%	43%	61%	17%
7	94%	100%	6%	91%	96%	4%
8	76%	88%	12%	78%	48%	- 30%
9	29%	71%	41%	39%	52%	13%
10	82%	88%	6%	83%	87%	4%
11	29%	100%	71%	57%	87%	30%
12	71%	76%	6%	61%	78%	17%
13	59%	94%	35%	61%	91%	30%

Fonte: Autora (2023).

Diante dos resultados apresentados na Tabela 3, é importante se destacar a evolução média de acertos na comparação entre os estudantes do público alvo quando comparados aos do grupo controle. A média de acertos do grupo controle passou de 65% no pré-teste para 79% no pós teste, indicando uma evolução de 14%, enquanto no público alvo, a mudança foi de 61% para 79%, o que representa uma evolução de 18% nos acertos após a intervenção teórico-prática. Destaca-se que a turma controle já havia recebido demonstração experimental sobre os efeitos da luz em meios turvos com o docente da disciplina antes desta intervenção teórica proposta. Isso possivelmente explica percentuais elevados no pré-teste desta turma nos questionamentos 4 e 7, entre outros do bloco da instrumentação.

Ainda assim, no grupo controle chama a atenção para a involução observada nos questionamentos 1 e 2, associados às classificações de dispersões e efeitos ópticos. O que demonstra que unicamente a teoria não foi suficiente para uma aprendizagem efetiva do conteúdo.

As aulas experimentais desempenham um papel importante nesse sentido, pois permitem que o aluno participe ativamente no processo de aprendizagem. Essa participação ativa e participativa nas aulas permite que os alunos relacionem os conhecimentos teóricos com a prática experimental, tornando a aprendizagem potencialmente significativa. (AUSUBEL, 1980).

Observa-se ainda que os resultados apresentaram evoluções percentuais bastante elevadas do pré para o pós-teste na turma alvo, exceto para o questionamento número 8 (O que significa uma maior intensidade de luz transmitida em um turbidímetro?). Neste caso, alguns estudantes migraram da alternativa correta “Menor turbidez” para a alternativa incorreta “Maior turbidez”. Acredita-se que tal equívoco possa ter ocorrido em função do equipamento exposto a eles ter tratado de uma medida nefelométrica, em que a maior intensidade de luz é conferida à amostra mais turva. Em uma medida de luz transmitida a 180° (turbidímetro), como já mencionado, isso ocorre ao contrário e não foi visualizado pelos estudantes durante a prática, causando esse desvio nos resultados. Ressalta-se, porém, que no questionamento seguinte (O que significa uma maior intensidade de luz transmitida em um nefelômetro?) o índice de acertos evolui em 13%, demonstrando que a experimentação de um nefelômetro os levou a um acréscimo de aprendizagem, comprovando a importância da vivência experimental desses conteúdos instrumentais.

A experimentação desempenha um papel crucial na compreensão de conceitos científicos, principalmente na disciplina de química que envolve conceitos teóricos e abstratos. Assim, com a prática facilita-se a compreensão por parte dos alunos. Nas quatro primeiras questões relacionadas à classificação de dispersões aquosas e aos efeitos da luz sobre partículas, a turma alvo demonstrou uma evolução significativa (Teste-t, 95% de intervalo de confiança) em comparação com a turma controle, média de evolução de 29% contra uma involução 6%, respectivamente. A intervenção teórico-prática proporcionou aos alunos da turma alvo a oportunidade de vivenciar experimentalmente os conceitos discutidos, possibilitando uma

compreensão mais clara sobre os conceitos teóricos básicos abordados em sala de aula.

Considera-se que os estudantes da turma alvo tiveram um bom aumento no acerto das questões. Isso mostra que atividades experimentais com equipamentos como nefelômetros e turbidímetros contribuem para uma melhor compreensão dos conceitos relacionados à dispersão da luz e à turbidez.

Esses resultados destacam a importância de atividades práticas nas aulas de química, principalmente aquelas relacionadas a conteúdos que podem ser melhor compreendidos por meio de atividades experimentais. A vivência prática não apenas fortalece a compreensão teórica, mas também fornece aos alunos a oportunidade de aplicar e testar a teoria. Diante disso, a discussão sobre a turbidez se faz mais significativa e concreta quando acompanhada por experiências práticas, como se percebe na evolução a partir das respostas da turma alvo.

Nas questões 5 e 6 a turma alvo também apresentou evolução média maior quando comparada à do controle, indicando que a prática pode ter impactado positivamente para o entendimento desses conceitos. Esses resultados mostram que a vivência experimental com instrumentos analíticos contribuem para uma compreensão mais profunda e concreta em relação à turbidez. A turma alvo, ao utilizar o turbidímetro desenvolveu uma compreensão que vai além da teoria apresentada em sala de aula, possibilitando uma perspectiva mais abrangente sobre esses conceitos.

Entretanto, quando da análise das questões 7 a 13, percebem-se evoluções médias similares para ambas as turmas. Ainda que se deva destacar o valor discrepante observado e já mencionado no questionamento 8, que deve estar associado a uma confusão proporcionada pelo próprio equipamento proposto neste estudo, que media a luz espalhada em vez da transmitida.

Isso demonstra que mesmo as intervenções experimentais possuem limitações e que possivelmente o roteiro experimental e/ou o plano de aula teórico proposto apresentam uma limitação que deve ser ajustada no intuito de explicar melhor as diferenças entre turbidímetros e nefelômetros. Neste caso, aqui se propõe a correção do roteiro de prática para que na etapa I dos procedimentos, o detector seja colocado tanto a 90° quanto a 180° em relação à fonte de radiação. Dessa

maneira, recomenda-se que os estudantes sejam estimulados a visualizar as imagens tanto da luz espalhada, quanto da transmitida.

Ao observar a evolução nas questões 9, 10 e 11, relacionadas à compreensão de um nefelômetro e interpretação de resultados, percebe-se que a turma alvo evolui mais em duas delas, contra uma da turma controle. Aqui, acredita-se que a experiência prática novamente permitiu que esses estudantes compreendessem o funcionamento do equipamento.

Nas questões 12 e 13, que exploram os tipos de instrumentos utilizados para medida da turbidez, bem como suas partes constituintes, novamente se destaca uma evolução média levemente maior para a turma alvo, 24% contra 21% da controle. Neste caso, é muito provável que a vivência prática recente proporcionada permitiu uma compreensão mais abrangente desses conceitos, enquanto a turma controle enfrentou maiores desafios na aplicação desses princípios.

A partir disso, conclui-se que a experimentação com instrumentos analíticos é fundamental para uma compreensão profunda e eficaz dos conceitos relacionados à medida de turbidez. A turma alvo desenvolveu uma compreensão mais relevante e contextualizada diante da turma controle, reforçando mais uma vez que a prática, principalmente para conceitos teóricos e analíticos, resulta em um resultado de aprendizagem mais claro.

5.2.1 Comparação das questões dissertativas no pós-teste

Visando obter uma compreensão mais aprofundada do aprendizado da turma alvo, foram incluídas três questões dissertativas no pós-teste. Essas questões foram pensadas para avaliar o conhecimento adquirido durante a prática experimental. É importante destacar que essas questões não foram aplicadas na turma controle, pois a esta turma a parte prática não foi realizada. No Quadro 1 são expostas sete respostas que se destacaram para o primeiro questionamento dissertativo (*Na etapa 1 do experimento realizado, observamos diferenças nas imagens capturadas conforme aumentamos a turbidez.*) *Como é possível explicar essas diferenças visuais nas imagens?* b) *Qual a relação entre a quantidade de partículas em suspensão e o que foi observado nas imagens?*).

Quadro 1. Respostas ao questionamento 14 do pós-teste (...a) Como é possível explicar essas diferenças visuais nas imagens? b) Qual a relação entre a quantidade de partículas em suspensão e o que foi observado nas imagens?).

Aluno	Resposta
Aluno 1	Quanto maior a turbidez, maior a faixa de luz vista
Aluno 2	Quanto mais turvo o líquido, maior era a quantidade de luz refletida é maior a indicação no equipamento
Aluno 3	Quanto mais turva a água, mais intensa a cor vermelha ficava
Aluno 4	Maior concentração de partículas, aumenta a cor
Aluno 5	A cor visualizada é proporcional ao número de partículas em suspensão
Aluno 6	A cor vermelha é proporcional ao número de partículas em suspensão, logo quanto mais partículas em suspensão, maior será a cor.
Aluno 7	Vemos mais luz conforme a turbidez aumenta e a quantidade de luz espalhada aumenta.

Fonte: Autora (2023).

Ao analisar as respostas dos alunos sobre a etapa 1, percebe-se uma compreensão efetiva da relação entre a turbidez e a intensidade da luz espalhada na imagem. Os pesquisados demonstraram a capacidade de correlacionar a turbidez da água com a luz refletida/espalhada e perceberam a relação do aumento da intensidade da cor vermelha com a presença crescente das partículas em suspensão. Essas respostas revelam um impacto positivo da prática em relação à aprendizagem dos alunos, percebe-se que os mesmos compreenderam os princípios físicos relacionados à medida da turbidez.

A resposta do aluno 1 e do aluno 7 ressaltam a relação direta entre a turbidez e a intensidade da luz, enfatizando que quanto maior a turbidez, maior é a faixa de luz visível. Essa percepção é importante para a interpretação dos resultados das medições de turbidez. Os alunos 2, 4 e 5 destacaram a quantidade de partículas em suspensão e na intensidade da luz, indicando uma compreensão de como as partículas afetam a água e consequentemente a turbidez obtida.

As respostas dos alunos 3 e 6, que associaram a cor vermelha à intensidade da turbidez, evidenciam as características específicas do espectro da cor envolvida, indo além da relação entre turbidez e luz.

Em resumo, as respostas indicaram que a aula prática associada à teoria teve um impacto positivo na aprendizagem, permitindo conectar os conceitos teóricos com as observações realizadas durante a prática. Essa abordagem experimental agrega a compreensão dos estudantes sobre a turbidez da água. De acordo com a teoria construtivista de ensino proposta por Jean Piaget o conhecimento é construído pelo indivíduo através da sua interação com o meio físico, sendo assim, a prática experimental permite essa interação além do que é abordado na teoria, onde os estudantes estão envolvidos ativamente e contribuindo para o seu conhecimento (PIAGET, 1975) .

A análise das respostas dos alunos em relação às questões dissertativas revelam impactos positivos e significativos da aula teórica juntamente com a aula prática na aprendizagem. A compreensão que os alunos obtiveram reflete a eficácia da abordagem experimental sobre os conceitos associados à turbidez. Ao analisar essas respostas percebe-se a capacidade dos alunos de relacionar a turbidez diretamente com a intensidade da luz. Essa relação é importante para a interpretação dos resultados obtidos ao utilizar o turbidímetro. Isso nos traz que a prática não apenas abordou os conceitos de turbidez como um conceito isolado, mas também permitiu que os alunos explorem as complexidades envolvidas nesse fenômeno.

A prática experimental não apenas proporcionou uma experiência significativa como também contribuiu para uma compreensão mais aprofundada dos princípios sobre a medida da turbidez e análise desses resultados.

A partir disso, com o questionamento 15 (*Na etapa 2 do experimento, ao medir as amostras de água do Rio Caí: a) Como podemos comparar os valores de turbidez obtidos para a amostra aos usados na calibração? b) Podemos inferir algo sobre a qualidade da água com base nesses resultados?*), buscou-se avaliar a compreensão efetiva da importância da medida de turbidez para o controle de qualidade das águas, assim como a importância da calibração em medidas instrumentais. Algumas respostas para este questionamento são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2. Respostas obtidas para o questionamento 15 do pós-teste (...a) Como podemos comparar os valores de turbidez obtidos para a amostra aos usados na calibração? b) Podemos inferir algo sobre a qualidade da água com base nesses resultados?)

Aluno	Resposta
Aluno 1	As amostras usadas para calibração, geram um padrão o qual faz com que os valores projetados estejam no padrão
Aluno 2	Comparando os valores que foram encontrados no equipamento com os valores conhecidos dos padrões. No caso do experimento as amostra do rio Caí ficaram próximas ao segundo padrão
Aluno 3	A turbidez era maior
Aluno 4	Através de análises
Aluno 5	Não prestei atenção
Aluno 6	A diferença entre elas é usada para aderir a resposta mais exata
Aluno 7	Após calibrar o equipamento, podemos medir os padrões de calibração como amostra, para assim comparar com as amostras reais

Fonte: Autora (2023).

As respostas dos alunos sobre a prática trazem reflexões sobre o entendimento adquirido durante a realização e a utilização do equipamento na parte experimental da aula. Os alunos 1 e 2 aparentam compreender o significado da calibração em sua relação concentrações padrão com os sinais analíticos, para assegurar que os valores medidos estejam em conformidade com os padrões estabelecidos previamente. Essa percepção evidencia a relevância do processo de calibração e a garantia de exatidão das medições. Comparar os valores medidos com os padrões conhecidos é essencial para uma medida analítica instrumental.

Os alunos 6 e 7 ressaltaram a importância da análise para a obter resultados precisos. Ambos demonstraram uma absorção parcial do significado e importância da calibração para técnicas instrumentais. Por outro lado, os alunos 3, 4 e 5 destacados demonstraram que não houve uma absorção completa desta etapa, sendo que o 5 admitiu não estar prestando atenção na aula, o que pode trazer uma reflexão sobre a maneira que a prática foi abordada ou sobre o interesse do aluno nesta atividade. Na última questão do pós-teste, foi questionado se os estudantes consideraram que o experimento contribuiu para a aprendizagem deles. Todos as respostas afirmaram

que o experimento contribuiu sim para uma melhor compreensão deste conteúdo, desempenhando um papel crucial na aprendizagem desses alunos. Ao utilizar essa abordagem prática, os estudantes não apenas tiveram a oportunidade de aplicar os conceitos teóricos discutidos em sala de aula, mas também tiveram a oportunidade de visualizar e medir a turbidez da água.

Aulas práticas possuem um papel fundamental e relevante em diversos métodos de ensino, proporcionando uma aprendizagem mais concreta na química. A utilização de aulas experimentais, não apenas proporciona uma experiência contextualizada para os alunos, mas também estimula o pensamento crítico e a resolução de problemas e a aplicação prática de conceitos teóricos. Permitindo que os estudantes não apenas compreendam conceitos mais abstratos, mas também os vejam acontecendo, o que proporciona uma compreensão mais aprofundada (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010).

Para futuros profissionais da área da química, a importância dessas aulas práticas é ainda mais importante. A aplicação do conhecimento é crucial na química e as aulas experimentais fornecem isso para desenvolver o que foi apresentado na prática.

Portanto, diante dos resultados discutidos aqui, a aplicação de aulas práticas no ensino da química prepara os estudantes para enfrentar os desafios no futuro como profissionais da área e também para uma compreensão mais concreta e eficaz dos conceitos teóricos. Essa abordagem promove o desenvolvimento de habilidades e competências para os futuros profissionais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho sobre a construção e aplicação de um turbidímetro de baixo custo mostrou uma abordagem eficaz no contexto do ensino de química. A teoria, representada pelo conceitos de turbidez em conjunto com a prática experimental proporcionou uma experiência educacional relevante para os estudantes.

A aplicação, sendo utilizado um turbidímetro construído a baixo custo, permitiu não apenas a visualização dos conceitos teóricos, mas também ofereceu aos alunos a oportunidade de aprender a utilizar e compreender o funcionamento prático deste equipamento. A comparação dos resultados obtidos pela turma alvo, que teve a experiência prática, com a turma controle, que recebeu apenas a aula teórica, evidenciou a eficácia da abordagem experimental somada à teoria.

Os melhores resultados de evolução obtidos pela turma alvo nos primeiros questionamentos dos testes, que abordavam conteúdos teóricos básicos do ensino médio sobre dispersões, demonstram que a proposta experimental desenvolvida permitiu boa correlação entre a medida de turbidez instrumental com a classificação das dispersões.

Também foi observada melhor evolução dos estudantes da turma alvo em comparação com os da turma controle no que se refere à compreensão da importância da avaliação da turbidez da água como parâmetro relevante para o controle das etapas de tratamento de águas potáveis.

Dessa forma, o turbidímetro de baixo custo não apenas revelou ser uma ferramenta eficiente para a medição de turbidez, mas também ser uma ferramenta educacional importante e relevante para a aprendizagem dos alunos. A abordagem integrando a teoria e a prática, ressalta a importância de métodos de ensino que estimulem a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem. Este trabalho destaca, portanto, a relevância das práticas experimentais no ensino de química e também sobre a construção de um equipamento analítico utilizando recursos de baixo custo, pensando principalmente em instituições de ensino que não possuem esses equipamentos ou recursos necessários para adquirir.

7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. A.; MARQUES, D. M.; BRANDO, F.R. **Proposta de formação continuada para professores da Educação Infantil: O ensino em espaços não formais**. UNESP, Bauru, SP, 2008. ALVES, L. Fenômenos físicos e químicos. **Brasil Escola**. Disponível em: <<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/fenomenos-fisicos-quimicos.htm>>. Acesso em 17 de jun. 2022.

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

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **MEC**. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília, DF: MEC/SEMTEC, 2000, 109p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em 10 de jun de 2022.

AMARAL, C. L. C.; DA SILVA, I.; VASCONCELOS, T. N. H. Aplicação de uma atividade experimental investigativa para o ensino de tratamento de água. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 50–59, 2018. DOI: 10.26843/rencima.v9i1.1549.

BUENO FILHO, Deusdedit de Souza. **Abordagem de conceitos químicos por meio de uma estação de tratamento de água (ETA): uma sequência didática para o ensino da química**. 2020. Dissertação (Mestrado em Química em Rede Nacional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

GONÇALVES, Tatiane Alves Pereira. **Tratamento de água: proposta de sequência didática para o curso técnico em Agropecuária integrado ao ensino médio**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2019.

MAIA, Alessandra de Souza e OLIVEIRA, Wanda de e OSÓRIO, Viktoria Klara Lakatos. **Da água turva à água clara: o papel do coagulante**. **Química Nova na Escola**, n. 18, p. 49-51, 2003 Tradução.

RAMOS, I. de L.; VASCONCELOS, T. N. H. **Prática Pedagógica a partir da aplicação de atividades contextualizadas sobre o tratamento de água no**

Ensino de Química e Educação Ambiental. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 72–90, 2015. DOI: 10.26843/rencima.v6i3.846.

SILVA, Francisca Fernanda Martins da. **Processos físico-químicos no tratamento de água e educação ambiental.** 2015. 37 f. TCC (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SIQUEIRA, I. C. **Abordagem do tema “química da água” no ensino médio com base nos estilos de aprendizagem dos estudantes.** 2022. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2022.

ZÜGE, Silvana Retamoso. **Sequência didática sobre os conceitos de mistura e métodos de separação utilizando um modelo experimental de estação de tratamento de água.** 124 p. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2017.

SILVA, Vinícius Gomes. **A importância da experimentação no ensino de química e ciências.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Estadual Paulista. Bauru.

CABRAL, B. P., ASSAI, N. D., SOUZA, A. C. **Destilador de baixo custo para uso das aulas de química em um colégio quilombola.** 2017. Londrina.

LABARCA, Martín; BEJARANO, Nelson; EICHLER, Marcelo Leandro. **Química e filosofia: rumo a uma frutífera colaboração.** *Química nova*, v. 36, p. 1256-1266, 2013.

GAUDÊNCIO, J. S. et al. **Teorias de aprendizagem no ensino de Química: uma revisão de literatura a partir de artigos da revista Química Nova na Escola (QNEsc).** 2022.

OLIVEIRA, Djalma M. et al. **Desenvolvimento de um Fluorímetro Artesanal e Propostas para sua Aplicação nas Aulas Práticas de Disciplinas de Química Analítica Instrumental nos Cursos de Graduação.** *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 6, p. 2438-2456, 2015.

CARVALHO, Larissa Cabral; **A importância de aulas práticas para o ensino de química Colégio Estadual Senador Chagas Rodrigues (CESCR) na cidade de Parnaíba - PI.** 2018. Trabalho de conclusão de curso - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Piauí. Paranaíba.

NASCIMENTO, M. A., LIMA, A. F., ALMEIDA, F. E. **A construção de um calorímetro com material de baixo custo: Um modelo instrumental para melhoria do ensino de química.** 2018. João Pessoa.

BRASIL. **Parecer CNE/CES 1303/2001** - Ministério de Educação Conselho Nacional de Educação. Brasília: MEC, 2001.

MALDANER, Otavio Aloisio. **A pesquisa como perspectiva de professor continuada do professor de Química.** Química Nova. 1999.

CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005.** Resolução nº 357. 17 de março de 2005.

MARTINS, Soares Gabriel. **Construção de um turbidímetro de baixo custo para controle de qualidade de efluentes industriais.** Unicamp, 2012.

OFFICE OF WATER. **Guidance Manual for Compliance With the Interim Enhanced Surface Water Treatment Rule: Turbidity Provisions.** U.S. Environmental Protection Agency, 1999.

GARCÍA, A.; PÉREZ, M.A.; ORTEGA, G.J.G. e DIZY, J.T. **A New Design of Low-cost Four-beam Turbidimeter by Using Optical Fibers.** IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, v. 56, n. 3, 907–912, junho 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC, 2018.

Embrapa, ano 30, n. 38, 3 set. 2004.

PIAGET, Jean. (1959) **Aprendizagem e conhecimento.** Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1975.

1 L. M. Bernardo, **Histórias da Luz e das Cores**, volume 1, Editora UP, 2005, ISBN: 972-8025-34-3.

BERNARDELLI, M.S. **Encantar para ensinar – um procedimento alternativo para o ensino de química.** In: Convenção Brasil Latino América, Congresso Brasileiro e Encontro Paranaense de Psicoterapias Corporais. 1.,4.,9., Foz do Iguaçu. Anais... Centro Reichiano, 2004.

Ausubel, D. P.; Novak, J. D. & Hanesian, H. (1980). **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Interamericana.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento.** Brasília: Funasa, p. 173- 278, 2015.

8. APÊNDICES

Apêndice I – Plano de aula

<u>PLANO DE AULA</u>	
	Componente Curricular: Química
	Público/série: 4º ano do Ensino Médio Técnico em Química
I. ANÁLISE DA REALIDADE	Conteúdos: • Turbidimetria/Nefelometria
	Necessidade: Compreender os conceitos associados à turbidez em amostras aquosas, os conceitos básicos da turbidimetria/nefelometria e sua aplicação são essências para futuros profissionais da área da química, pois permite os capacitar a realizarem análises relacionadas, tais como a qualidade de águas e efluentes diversos.
II. PROJEÇÃO DE FINALIDADES	Objetivo(s): • Definir o conceito de turbidimetria e nefelometria • Identificar as causas da turbidez • Medir a turbidez • Reconhecer a importância da medição da turbidez
III. FORMAS DE MEDIAÇÃO	Metodologia: 1.º MOMENTO: Introdução • Acolhida da turma • Aplicação do pré-teste sobre turbidimetria 2.º MOMENTO: Apresentação em slides sobre o conceito de turbidez. Nos slides serão abordados o conceito de turbidez, uma breve contextualização sobre a importância da análise de turbidez e a importância dessa medida. Também serão abordadas as unidades de medida de turbidez e o funcionamento geral dos instrumentos utilizados para emprego dessa técnica instrumental. Após esse momento de explicação do conteúdo, haverá um instante para perguntas e discussão com a turma.

	3.º MOMENTO: Aula experimental: Determinação da turbidez empregando-se um turbidímetro de baixo custo em água de rio, de poço e tratada em sistema público de abastecimento. Discussão das diferenças observadas. 4.º MOMENTO: Pós-teste Tempo: Aplicação do pré-teste: 10 min – 15 min Aula teórica: 35 min – 40 min Aula experimental: 60 min Discussão experimental: 10 min – 15 min Pós-teste: 10 min – 15 min Recursos: • Materiais básicos dos alunos (caderno, caneta, lápis, borracha) • Computador com acesso a internet • Projetor • Jaleco, luvas e óculos de proteção individual Avaliação: A avaliação será através da participação dos alunos durante a aula, observando se estão interagindo e compreendendo o conteúdo. E através da comparação da evolução de acertos do pré para o pós-teste que será aplicado após a aula teoria e prática.
	Referências:

Apêndice II – Slides da aula teórica



Determinação da Turbidez em soluções aquosas

Laboratório em Química
Módulo Técnico Regime

1

DISPERSÕES

O que são dispersões?

2

DISPERSÕES

DISPERSÃO = DISPERSO + DISPERSANTE

tamanho

SUSPENSÃO: Partícula > 1000 nm
COLÓIDE: 1 nm < partícula < 1000 nm
SOLUÇÃO: Partícula < 1 nm

Misturas heterogêneas

3

COLÓIDES

- Sol: gelatina dissolvida, pasta de dente e tinta;
- Sol sólido: vidro e plástico pigmentado;
- Gel: gelatina, geléias, queijos, pasta de dente e torta seca;
- Gel sólido: rubi;
- Emulsão: maionese, leite, maioneta e cremes;
- Emulsão sólida: margarina, espina e petróleo;
- Espuma: espuma de sabão e de recheio de biscoitos e chantilly;
- Espuma sólida: isopor, poliestireno, pedris-pomes, cerâmico e marsh-mallows;
- Aerosol líquido: névoas e neblinas;
- Aerosol sólido: fumaça e poeira.

4

TURBIDEZ

CONCEITO

A turbidez é uma medida que indica o grau de turvação causado pela presença de partículas suspensas em um líquido.

5

Turbidez

CAUSAS DA TURBIDEZ

A turbidez é causada por partículas que se dispersam pela luz que passa pela água. Quanto mais partículas presentes na água, maior será a turbidez.

6

Turbidez

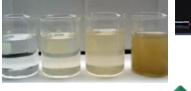
Efeito Tyndall

O Efeito Tyndall ocorre quando há a dispersão da luz pelas partículas coloidais. Neste caso, é possível visualizar o trajeto que a luz faz, pois estas partículas dispersam os raios luminosos.



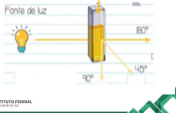
7

Turbidez da água



8

Efeitos da luz em um meio turvo



9

- Parte da luz que entra na cubeta é absorvida pelas partículas em suspensão;
- Uma parte da luz consegue passar pela cubeta e pelo líquido, essa parte da luz não é afetada pelas partículas;
- Uma parte é espalhada, significa que a luz é refletida ou desviada em diferentes ângulos.

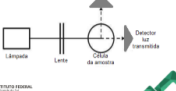
10

NTU

- NTU é a unidade de turbidez nefelométrica. Unidade de medida que caracteriza a turbidez.

11

TURBIDÍMETRO



12

TURBIDÍMETRO

Tem que explicar as características da lâmpada e do detector

13

TURBIDÍMETRO

Faixa de 2500 a 6000 reais



Turbidímetro de bancada

14

TURBIDÍMETRO

Faixa de 3000 a 9000 reais



Turbidímetro portátil

15

Apêndice III – Procedimentos práticos



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul –
Campus Feliz

Curso: Técnico em Química

Disciplina: Química Analítica II

Professora: Marina Veronezi Pegoraro

Orientador: Francisco Cunha da Rosa

Medindo a turbidez da água com turbidímetro de baixo custo

1. INTRODUÇÃO

A medida da turbidez da água é utilizada para avaliar a qualidade de características físicas da água, sendo muito importante para o controle de qualidade da mesma. Ao monitorar a turbidez, é possível identificar possíveis contaminações ou avaliar a eficácia de processos de tratamento de água (MARTINS; FERREIRA, 2012).

Um turbidímetro comercial básico contém três partes principais: uma fonte de luz, um compartimento para a amostra e fotodetectores que captam a luz quando disparada. Podem ser usadas como fonte de luz as policromáticas com lâmpadas de filamento de tungstênio. Essa fonte de luz contém diferentes cores, ou seja, uma extensa faixa de comprimentos de onda da luz. E as monocromáticas, mas essas não são tão pequenas como as policromáticas. A outra opção são os diodos emissores de luz (LED) ou lasers com largura de banda pequena, por exemplo 850 nm. O fotodetector mede a diferença entre a luz emitida pela fonte e a luz espalhada pela amostra (Nefelômetro) ou transmitida através desta (Turbidímetro), sempre produzindo um sinal elétrico que é convertido no valor da turbidez (MARTINS, 2012).

Ao realizar uma pesquisa sobre valores de turbidímetros comerciais no mês de junho de 2023, verificam-se valores que variam de R\$ 2.800,00 (dois mil e oitocentos reais) nos equipamentos mais simples até R\$8.850,00 (oito mil oitocentos e cinquenta reais) nos modelos de mais qualidade. Percebe-se com isso, que esse equipamento pode ser considerado de custo elevado para a maioria das instituições públicas de ensino e pesquisa no Brasil, que sofrem com a carência de incentivos principalmente nos últimos sete anos. Diante disso, uma alternativa para contornar esse problema, trata-se de propor a criação de um turbidímetro de baixo custo, para que pelo menos possa ser utilizado em aulas experimentais de química analítica instrumental em cursos técnicos e superiores nas instituições que careçam deste equipamento.

2. MATERIAIS, REAGENTES E AMOSTRAS

- Turbidímetro
- Cubeta
- Padrões NTU
- Amostras de água do rio Caí

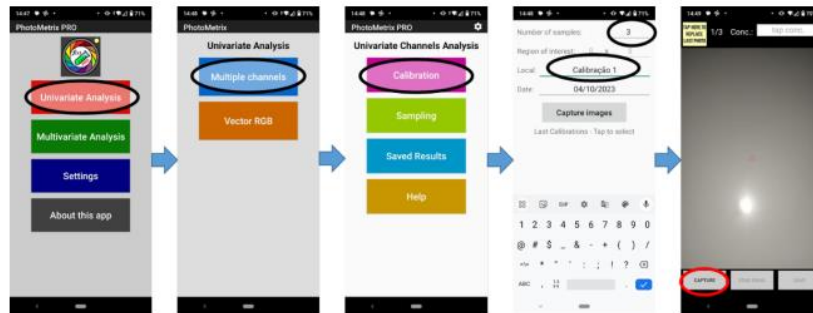
3. PROCEDIMENTOS

ETAPA 1

- a) Com o turbidímetro construído ligado, ativar o aplicativo de câmera do celular;
- b) Inicialmente colocar o padrão identificado como < 0,1 NTU, fechar a tampa e fotografar;
- c) A seguir, trocar para o padrão identificado como 10 NTU, fechar a tampa e fotografar novamente;
- d) Por fim, repetir o procedimento para o padrão de 100 NTU;
- e) Diante das imagens capturadas, discutir as diferenças observadas visualmente no instrumento e associar isso com o aumento da turbidez do meio.

ETAPA 2

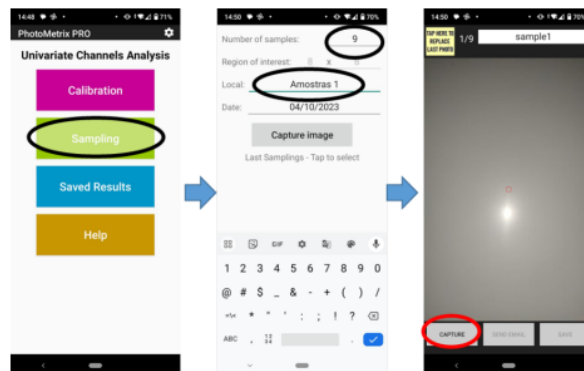
- Ativar o aplicativo gratuito instalado no celular, chamado Photometrix PRO®;
- Com isso, seguir a sequência de imagens abaixo;



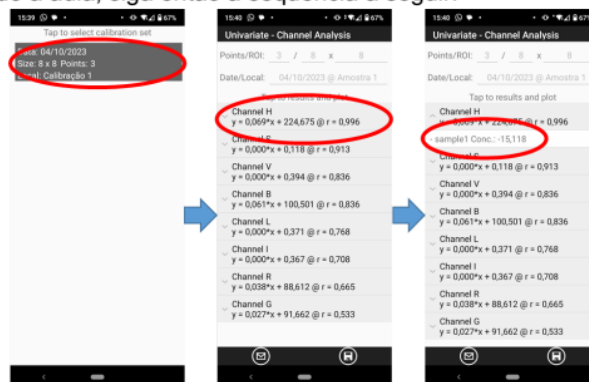
- Após a ativação do modo de calibração, coloque o padrão “< 0,1 NTU”, preencha no retângulo branco acima da tela a concentração do primeiro padrão como “0” e clique no botão “CAPTURE” circulado na última imagem acima;
- Após a captura deste ponto, troque para o padrão “10 NTU” no equipamento, preencha no campo de concentração o valor “10”. Ao final, aperte novamente o botão “CAPTURE”;
- Repita o procedimento “d” também para o padrão de “100 NTU”, sempre cuidando para não tocar a mão no vidro da cubeta e, se isso ocorrer, limpar bem com uma flanela própria para isso entregue pelo professor;
- Ao final da captura do terceiro padrão, o botão “SAVE” ficará habilitado e deve ser clicado;



- Após, clique no botão de voltar do celular até a tela abaixo e clique em “Sampling” e siga a sequência assinalada abaixo;



- h) Agora, encha três cubetas com uma triplicata da amostra a ser medida até a marcação no vidro, seque-as por fora com a flanela indicada pelo professor e devidamente fechadas insira no espaço para a cubeta. Coloque-as sequencialmente, tal como fora com os padrões, e clique para capturar como ilustrado na última figura acima;
- i) Após a captura das três cubetas com a amostra, insira o padrão de 10 NTU e realize outras três capturas em sequência;
- j) A seguir, repita o procedimento “i” para o padrão de 100 NTU;
- k) Ao final dessas capturas, o botão “SAVE” será ativado novamente e deverá ser apertado;
- l) Com isso, aparecerá uma lista de calibrações realizadas antes, a sua aparecerá com nome salvo “Calibração 1” e a data em que está realizando a aula, siga então a sequência a seguir:



- m) Anote todos os valores obtidos na componente de calibração escolhida e faça média e desvio padrão para amostra e para os padrões medidos.

4. REFERÊNCIAS

BUENO FILHO, Deusdeditt de Souza. **Abordagem de conceitos químicos por meio de uma estação de tratamento de água (ETA): uma sequência didática para o ensino da química.** 2020. Dissertação (Mestrado em Química em Rede Nacional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

GONÇALVES, Tatiane Alves Pereira. **Tratamento de água: proposta de sequência didática para o curso técnico em Agropecuária integrado ao ensino médio.** 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2019.

MAIA, Alessandra de Souza e OLIVEIRA, Wanda de e OSÓRIO, Viktoria Klara Lakatos. **Da água turva à água clara: o papel do coagulante.** *Química Nova na Escola*, n. 18, p. 49-51, 2003 Tradução.

CABRAL, B. P., ASSAI, N. D., SOUZA, A. C. **Destilador de baixo custo para uso das aulas de química em um colégio quilombola.** 2017. Londrina.

Apêndice IV - Pré-Teste Turbidimetria

1) Considere o quadro a seguir:

Propriedade	Dispersão A	Dispersão B	Dispersão C
Natureza da molécula	Átomos, íons ou pequenas moléculas	Macromoléculas ou grupos de moléculas	Partículas visíveis a olho nu
Efeito da gravidade	Não sedimenta	Não sedimenta	Sedimenta
Uniformidade	Homogênea	Não tão homogênea	Heterogênea
Separabilidade	Não pode ser separada por filtração	Pode ser separada apenas por membranas especiais	Pode ser separada por papel de filtro

Logo, podemos afirmar que:

- a) A = solução verdadeira; B = suspensão; C = colóide.
- b) A = suspensão; B = colóide; C = solução verdadeira.
- c) A = colóide; B = solução verdadeira; C = suspensão.
- d) A = colóide; B = suspensão; C = solução verdadeira.
- e) A = solução verdadeira; B = colóide; C = suspensão.

2) O efeito Tyndall é um efeito óptico de turbidez provocado pelas partículas de uma dispersão coloidal. Foi observado pela primeira vez por Michael Faraday em 1857 e, posteriormente, investigado pelo físico inglês John Tyndall. Este efeito é o que torna possível, por exemplo, observar as partículas de poeira suspensas no ar por meio de uma réstia de luz, observar gotículas de água que formam a neblina por meio do farol do carro ou, ainda, observar o feixe luminoso de uma lanterna por meio de um recipiente contendo gelatina.

Ao passar por um meio contendo partículas dispersas, um feixe de luz sofre o efeito Tyndall devido:

- a) à absorção do feixe de luz por este meio.
- b) à interferência do feixe de luz neste meio.
- c) à transmissão do feixe de luz neste meio.
- d) à polarização do feixe de luz por este meio.
- e) ao espalhamento do feixe de luz neste meio.

3) O que é turbidez em relação a líquidos?

- a) A capacidade de um líquido absorver a luz
- b) A capacidade de um líquido dispersar a luz
- c) A densidade do líquido
- d) A medida da condutividade de um líquido

4) Quais são algumas das causas da turbidez em um líquido?

- a) Bolhas de gás
- b) Dissolução completa de substâncias insolúveis
- c) Partículas sólidas em suspensão
- d) Falta de cor no líquido

5) Qual unidade mais comum utilizada para a medida da turbidez?

- a) NTU
- b) °C
- c) Kelvin
- d) Mg/L

6) Por que medir a turbidez é importante para o monitoramento ambiental?

- a) Para determinar a salinidade da água
- b) Para identificar partículas sólidas em suspensão na água
- c) Para medir o pH da água
- d) Para medir a concentração de impurezas na água

7) Qual é o princípio básico da turbidimetria?

- a) Medir a temperatura de um líquido
- b) Medir a capacidade de um líquido de conduzir eletricidade
- c) Medir a intensidade da luz transmitida através de um líquido turvo
- d) Medir a densidade de um líquido

8) O que significa uma maior intensidade de luz transmitida em um turbidímetro?

- a) Maior turbidez
- b) Menor turbidez

- c) Cor mais intensa
- d) Maior concentração de gás

9) O que significa uma maior intensidade de luz transmitida em um nefelômetro?

- a) Maior turbidez
- b) Menor turbidez
- c) Cor mais intensa
- d) Maior concentração de gás

10) O que é necessário para calibrar um turbidímetro visando a medida da turbidez de águas?

- a) Diferentes amostras de água
- b) Soluções com turbidez conhecidas
- c) Soluções padrão com diferentes cores
- d) Tampões com diferentes valores de pH

11) O que é um nefelômetro?

- a) Equipamento para medir a temperatura
- b) Equipamento para medir a cor de uma amostra
- c) Equipamento para medir o pH
- d) Equipamento para dimensionar as nuvens eletrônicas
- e) Equipamento para medir a turbidez

12) Quais são as partes principais de um turbidímetro?

- a) Fonte de luz, impressora, celular
- b) Fonte de luz, reagentes, tubos de ensaio
- c) Detector, cubetas, lâmpada de led
- d) Termômetro, lâmpada de led, reagentes

13) Qual equipamento é utilizado para medir a turbidez?

- I. Termômetro
- 2. Nefelômetro
- 3. Turbidímetro
- 4. pHmetro

Está(ão) correta(s):

- a) Apenas I e IV
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) Apenas II e III
- e) Todas

Apêndice V - Pós-teste turbidimetria

1) Considere o quadro a seguir:

Propriedade	Dispersão A	Dispersão B	Dispersão C
Natureza da molécula	Átomos, íons ou pequenas moléculas	Macromoléculas ou grupos de moléculas	Partículas visíveis a olho nu
Efeito da gravidade	Não sedimenta	Não sedimenta	Sedimenta
Uniformidade	Homogênea	Não tão homogênea	Heterogênea
Separabilidade	Não pode ser separada por filtração	Pode ser separada apenas por membranas especiais	Pode ser separada por papel de filtro

Logo, podemos afirmar que:

- a) A = solução verdadeira; B = suspensão; C = colóide.
- b) A = suspensão; B = colóide; C = solução verdadeira.
- c) A = colóide; B = solução verdadeira; C = suspensão.
- d) A = colóide; B = suspensão; C = solução verdadeira.
- e) A = solução verdadeira; B = colóide; C = suspensão.

2) O efeito Tyndall é um efeito óptico de turbidez provocado pelas partículas de uma dispersão coloidal. Foi observado pela primeira vez por Michael Faraday em 1857 e, posteriormente, investigado pelo físico inglês John Tyndall. Este efeito é o que torna possível, por exemplo, observar as partículas de poeira suspensas no ar por meio de uma réstia de luz, observar gotículas de água que formam a neblina por meio do farol

do carro ou, ainda, observar o feixe luminoso de uma lanterna por meio de um recipiente contendo gelatina.

REIS, M. Completamente Química: Físico-Química. São Paulo: FTD, 2001(adaptado).

Ao passar por um meio contendo partículas dispersas, um feixe de luz sofre o efeito Tyndall devido:

- a) à absorção do feixe de luz por este meio.
- b) à interferência do feixe de luz neste meio.
- c) à transmissão do feixe de luz neste meio.
- d) à polarização do feixe de luz por este meio.
- e) ao espalhamento do feixe de luz neste meio.

3) O que é turbidez em relação a líquidos?

- a) A capacidade de um líquido absorver a luz
- b) A capacidade de um líquido dispersar a luz
- c) A densidade do líquido
- d) A medida da condutividade de um líquido

4) Quais são algumas das causas da turbidez em um líquido?

- a) Bolhas de gás
- b) Dissolução completa de substâncias insolúveis
- c) Partículas sólidas em suspensão

d) Falta de cor no líquido

5) Qual unidade mais comum utilizada para a medida da turbidez?

a) NTU

b) °C

c) Kelvin

d) Mg/L

6) Por que medir a turbidez é importante para o monitoramento ambiental?

a) Para determinar a salinidade da água

b) Para identificar partículas sólidas em suspensão na água

c) Para medir o pH da água

d) Para medir a concentração de impurezas na água

7) Qual é o princípio básico da turbidimetria?

a) Medir a temperatura de um líquido

b) Medir a capacidade de um líquido de conduzir eletricidade

c) Medir a intensidade da luz transmitida através de um líquido turvo

d) Medir a densidade de um líquido

8) O que significa uma maior intensidade de luz transmitida em um turbidímetro?

- a) Maior turbidez
- b) Menor turbidez
- c) Cor mais intensa
- d) Maior concentração de gás

9) O que significa uma maior intensidade de luz transmitida em um nefelômetro?

- a) Maior turbidez
- b) Menor turbidez
- c) Cor mais intensa
- d) Maior concentração de gás

10) O que é necessário para calibrar um turbidímetro visando a medida da turbidez de águas?

- a) Diferentes amostras de água
- b) Soluções com turbidez conhecidas
- c) Soluções padrão com diferentes cores
- d) Tampões com diferentes valores de pH

11) O que é um nefelômetro?

- a) Equipamento para medir a temperatura
- b) Equipamento para medir a cor de uma amostra
- c) Equipamento para medir o pH

- d) Equipamento para dimensionar as nuvens eletrônicas
- e) Equipamento para medir a turbidez

12) Quais são as partes principais de um turbidímetro?

- a) Fonte de luz, impressora, celular
- b) Fonte de luz, reagentes, tubos de ensaio
- c) Detector, cubetas, lâmpada de led
- d) Termômetro, lâmpada de led, reagentes

13) Qual equipamento é utilizado para medir a turbidez?

- I. Termômetro
- 5. Nefelômetro
- 6. Turbidímetro
- 7. pHmetro

Está(ão) correta(s):

- a) Apenas I e IV
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) Apenas II e III
- e) Todas

14) Na etapa 1, observamos diferenças nas imagens capturadas conforme aumentamos a turbidez. Como é possível explicar essas diferenças visuais nas

imagens? Qual a relação entre a quantidade de partículas em suspensão e o que foi observado nas imagens?

15) Ao medir as amostras de água do Rio Caí, quais foram os valores de turbidez obtidos? Como podemos comparar esses valores aos usados na calibração? Podemos concluir sobre a qualidade da água com base nesses resultados?

16) Você considera que este experimento contribuiu para sua aprendizagem a respeito da instrumentação analítica utilizada para a medida de turbidez? Justifique sua resposta.