

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**CRISTHIANY SILVÉRIO LUVIZA DA CRUZ
ELAINE NOGUEIRA DE ALMEIDA**

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO O TEMA TRATAMENTO
DE ÁGUA NO CONTEXTO DO ENSINO DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO**

CURITIBA

2022

**CRISTHIANY SILVÉRIO LUVIZA DA CRUZ
ELAINE NOGUEIRA DE ALMEIDA**

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO O TEMA TRATAMENTO
DE ÁGUA NO CONTEXTO DO ENSINO DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO**

**Teaching sequence proposal using the topic of water treatment in the context
of chemistry teaching in high school**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Licenciado em Química, do Departamento Acadêmico de Química e Biologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lucila Adriani de Almeida Coral

CURITIBA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite *download* e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**CRISTHIANY SILVÉRIO LUVIZA DA CRUZ
ELAINE NOGUEIRA DE ALMEIDA**

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO O TEMA TRATAMENTO
DE ÁGUA NO CONTEXTO DO ENSINO DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Licenciado em Química, do Departamento Acadêmico de Química e Biologia (DAQBI), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 01/dezembro/2022

Adriane Viana do Rosário
Doutorado em Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Maria Teresa Garcia Badoch
Graduação em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Lucila Adriani de Almeida Coral (orientadora)
Doutorado em Engenharia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CURITIBA

2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus.

Agradecemos a nossa orientadora Dr^a Lucila Adriani de Almeida Coral por tanta paciência e dedicação na condução do nosso trabalho.

A todos os nossos professores do curso de Licenciatura em Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela qualidade de ensino excelente que nos proporcionaram.

Aos nossos familiares e amigos, que sempre estiveram ao nosso lado, nos apoiando em cada etapa dessa trajetória.

E também agradecemos a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), por nos proporcionar um ensino gratuito e de qualidade.

RESUMO

A contextualização no ensino de química através de temas que estão presentes no cotidiano do estudante é uma das formas de promover um ensino mais significativo. Conhecer, por exemplo, a importância da química na garantia da qualidade da água fornecida à população, é uma forma de permitir que o aluno visualize a química em uma temática que faz parte de seu cotidiano. Nesse sentido, o presente trabalho tem como principal objetivo estabelecer uma sequência didática para promover o conhecimento dos estudantes do primeiro ano do ensino médio sobre o tratamento de água e sua relação com a química. Nesse contexto, foi proposta uma sequência didática (SD), que teve como abordagem o CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente) e como temática inicial a poluição de corpos d'água e, posteriormente, a constituição do sistema de coleta, tratamento e distribuição de água, com destaque aos tratamentos comumente empregados em Estações de Tratamento de Água, abordando a química envolvida nesses processos, além de propor uma atividade avaliativa para analisar o aprendizado dos estudantes. Como complemento, foi elaborada uma cartilha com informações sobre poluição e tratamento de água, a qual poderia ser utilizada durante as aulas junto com a sequência didática. Com a preparação do material, pode-se perceber que a abordagem CTSA associada ao desenvolvimento da sequência didática e da cartilha, contribuiria de forma significativa no ensino do conteúdo sobre separação de misturas, aproximando e motivando os alunos a construir o conhecimento de forma lúdica e permanente.

Palavras-chave: Ensino de Química; Educação Ambiental; Material Didático.

ABSTRACT

Contextualization in chemistry teaching through themes that are present in the student's daily life is one way to promote more meaningful teaching. Knowing, for example, the importance of chemistry in guaranteeing the quality of the water supplied to the population, is an opportunity for the students to experience chemistry in a theme that is part of their daily life. In this sense, the main objective of this work is to establish a didactic sequence to promote the knowledge of first-year high school students about water treatment and its relationship with chemistry. In this context, a didactic sequence (SD) was proposed, which had the CTSA (Environmental - Science - Technology - Society) as an approach and the pollution of water bodies as an initial theme and, later, the constitution of the collecting system, treatment, and distribution of water, highlighting the treatments commonly used in Water Treatment Stations, addressing the chemistry involved in these processes, in addition to proposing an evaluative activity to analyze student learning. As a complement, a booklet was prepared with information on pollution and water treatment, which could be used during classes with the didactic sequence. With the preparation of the material, it can be seen that the CTSA approach associated with the development of the didactic sequence and the booklet would significantly contribute to the teaching of content on the separation of mixtures, bringing together and motivating students to build knowledge playfully and permanently.

Keywords: Chemistry teaching; Environmental education; Courseware.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	9
2.1	OBJETIVO GERAL.....	9
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3	REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1	SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	10
3.2	EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O ENSINO DE QUÍMICA.....	11
3.3	CTSA (CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE)..	13
3.4	TRATAMENTO DE ÁGUA.....	14
3.4.1	ETAPAS DO TRATAMENTO DE ÁGUA	16
3.5	A QUÍMICA ENVOLVIDA NO TRATAMENTO DE ÁGUA	17
4	METODOLOGIA	30
4.1	DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	31
4.2	ELABORAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS E AVALIATIVOS.....	31
4.2.1	ELABORAÇÃO DA CARTILHA	31
4.2.2	AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1	SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD), CARTILHA E QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	34
5.2	ABORDAGEM CTSA PRESENTES NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	37
5.3	A CARTILHA COMO RECURSO DIDÁTICO	38
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICE A - CARTILHA SOBRE O TRATAMENTO DE ÁGUA	46

1 INTRODUÇÃO

Embora a química seja de suma importância para a formação escolar, a forma como essa é apresentada pode não despertar o interesse dos estudantes como desejado. Esse comportamento pode ser associado ao fato de que as aulas tradicionais são normalmente baseadas em um excesso de conteúdo teórico, onde são cobradas soluções para cálculos químicos, memorização de fórmulas e regras químicas, e principalmente, voltado ao interesse da preparação dos estudantes para o vestibular e processos seletivos (MERÇON *et al.*, 2012).

Também é possível observar que os estudantes não possuem muita curiosidade com a disciplina de química, bem como o excesso de conteúdo, baseado em decorar fórmulas, regras e preparação exclusiva para o vestibular, sendo esses sem correlação com o cotidiano do aluno. Assim, notou-se a viabilidade de elaborar um projeto de pesquisa com a utilização da temática tratamento de água para o ensino do conteúdo de separação de misturas, onde é possível analisar o conteúdo de química se relacionando com o cotidiano do aluno. Sem contar que o uso de temas geradores como uma ferramenta de ensino vem se mostrando uma possibilidade viável para trabalhar diversos conceitos de química que não são interessantes aos estudantes (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Dentro das orientações contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) do Ensino Médio, prevê-se o ensino de química voltado para temas de interesse do aluno, ou seja, daqueles que estão presentes em seu cotidiano, que:

“[...] facilita o desenvolvimento de competências e habilidades e enfatiza situações problemáticas reais de forma crítica, permitindo ao aluno desenvolver capacidades como interpretar e analisar dados, argumentar, tirar conclusões, avaliar e tomar decisões.” (BRASIL, 2002, p. 88).

Sendo assim, os professores são desafiados a desenvolver uma educação voltada para o futuro. e a utilização de temas contextualizados com o cotidiano do estudante auxilia nesse processo de construção do conhecimento de forma mais rica e embasada, sendo capaz de trazer um maior interesse do aluno pelo que se aprende, principalmente na disciplina de química (ADORNI e SILVA, 2019; ALMEIDA; SANTOS; SILVA, 2010).

Para auxiliar nesse processo de ensino-aprendizagem e provocar um maior interesse por parte do aluno sobre os conteúdos ensinados na disciplina de química, o enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) pode ser de grande valia para os desafios presentes no processo de ensino estabelecido pelo professor. A tendência dessa nova perspectiva de abordagem, traz uma maior relevância no ensino das ciências, sendo capaz de desenvolver “[...] nos alunos capacidades de elevado nível de abstração que lhes permitem envolver-se criticamente com a ciência do, e no, seu dia a dia.” (FERNANDES e SOUZA, 2016).

Dessa forma, para trazer um ensino mais contextualizado com o cotidiano do aluno, pode-se trabalhar temáticas que envolvem questões ambientais no ensino de determinado conteúdo químico. O tema “água” pode ser facilmente trabalhado dentro de sala de aula, pois dentro dele é possível abordar diversos conceitos químicos como soluções, misturas, concentração, pH e propriedades coligativas. Esse tema também leva os estudantes a associarem o conteúdo químico à qualidade da água, levando a formação de um cidadão com pensamento crítico e reflexivo (BUENO *et al.*, 2007).

Um dos temas que podem ser trabalhados dentro da temática “água” é o tratamento de água para ensinar o conceito de separação de misturas, conteúdo visto no primeiro ano do Ensino Médio.

Para trabalhar esse conteúdo de química sobre a temática tratamento de água, é possível elaborar uma sequência didática, pois é nele que os estudantes podem envolver os conhecimentos científicos com a aprendizagem e o contexto social em que estão inseridos, possibilitando uma melhor e maior compreensão dos saberes e serem capazes de desenvolver métodos próprios para a resolução de problemas (FONSECA, 2010).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma sequência didática, abordando questões associadas ao tratamento de água, para o ensino do conteúdo separação de misturas, e a partir disso, estabelecer a criação de uma cartilha para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Relacionar conhecimentos sobre separação de misturas vinculado aos processos de tratamento de água a fim de demonstrá-los de forma mais didática.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Definir uma sequência didática para promover o conhecimento dos estudantes do primeiro ano do ensino médio sobre o tema separação de misturas e sua relação com o tratamento de água, utilizando a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente).

2. Elaborar uma cartilha eletrônica com informações básicas sobre poluição e tratamento de água para os estudantes do ensino médio.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O ambiente escolar tem a responsabilidade de chamar a atenção para a vida como um todo, para o pensamento crítico e para o desenvolvimento do questionamento sobre a vida (BARBOSA, 2004). Desse modo, o professor é responsável por inculcar nos estudantes o sentimento de dúvida sobre aquilo que os cercam, fazendo com que eles sintam curiosidade e interesse pelo mundo em que estão inseridos, construindo seres críticos e reflexivos (NETO e SOUSA, 2015).

Dessa maneira, são desenvolvidas várias formas de atividades de trabalho com os estudantes, para que as ideias sejam absorvidas, cumprindo seu propósito. Uma das formas dos professores organizarem as atividades é através da produção de uma unidade didática.

Uma unidade didática, ou sequência didática (SD), nada mais é do que o “conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito” e que tem por finalidade ajudar o aluno a dominar um conteúdo (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004).

A sequência didática tem um contexto mais bem aplicado quando existe a correlação entre conhecimentos científicos com o contexto social dos estudantes, possibilitando assim, uma melhor compreensão do conteúdo proposto e a facilidade na resolução de problemas (FONSECA, 2010).

Para a construção da sequência didática, Assis (2014) menciona que é necessário incluir três etapas para a sua construção e desenvolvimento, sendo elas: planejamento, aplicação e avaliação. Levando em conta essas etapas, é possível completar com o que Zabala (1998) destaca sobre a aprendizagem, que se divide em duas categorias, a primeira diz respeito ao sentido e ao papel da educação, ou seja, “Para que educar?” e “Para que ensinar?”, em que se tem como intuito justificar a intervenção pedagógica; e a segunda que mostra os processos de ensino-aprendizagem, em que se pode questionar o “como ensinar?” (MAROQUIO; PAIVA; FONSECA, 2015).

Logo, para levar em conta o processo de construção de uma sequência didática é necessário ter os objetivos bem definidos, para saber o que se ensina e conseqüentemente, o que se aprende (FONSECA, 2010).

Para uma boa sequência didática é preciso levar em consideração os seguintes itens: 1) Disciplina, identificação do professor e turma (série/ano); 2) Tema que será trabalhado; 3) Lista dos conteúdos (conceituais, procedimentais e atitudinais); 4) Habilidades da BNCC (Base Nacional Comum Curricular) ou do currículo do seu sistema de ensino; 5) Tempo de duração desta sequência; 6) Forma de organização da turma; 7) Descrição das aulas pensando em introdução, desenvolvimento e conclusão; e 8) Finalização da sequência didática (GUEDES, 2019).

Para a lista de conteúdos, é necessário levar em consideração conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Zabala (1998) descreve cada uma delas da seguinte forma: os conteúdos conceituais envolvem o saber, os procedimentais o saber fazer, e os atitudinais que é o ser.

Pensando nisso, parte do desenvolvimento deste trabalho se baseia na criação de uma sequência didática, perante a utilização da abordagem de ensino CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente) trabalhando com o tema educação ambiental, cuja especificidade é baseada no contexto do tratamento de água.

3.2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O ENSINO DE QUÍMICA

A definição de educação ambiental, de acordo com a Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999 (BRASIL, 1999) é:

Art. 1º Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Art. 2º A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal.

Art. 10º A educação ambiental será desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal (BRASIL, 1999, p.138).

A educação ambiental é de grande importância, principalmente no ambiente escolar. Ensinar aos estudantes os cuidados que se deve ter com a natureza como um todo precisa vir desde os primeiros anos de idade, para que as crianças desenvolvam uma consciência sustentável.

Na escola, a educação ambiental é iniciada através das ciências, quando os professores conseguem fazer o estudante entender que tudo ao seu redor interage com ele mesmo, e assim ele também interage com o próprio meio em que está inserido, provocando uma mudança. Esta mudança pode ser boa ou ruim, tudo depende das ações individuais. Essas ações implicam diretamente na saúde de todos, e na vida como um todo (BORGES *et al.*, 2010).

A consciência de que uma vida depende da outra, sendo impossível separar a natureza do homem, cria uma perspectiva de realidade na qual gera a clareza da responsabilidade do homem sobre seus atos, como comenta Carvalho (2008):

Seja no âmbito da escola formal, ou na organização comunitária, a Educação Ambiental pretende provocar processos de mudanças sociais e culturais que visam obter do conjunto da sociedade, tanto a sensibilização à crise ambiental e à urgência em mudar os padrões de uso dos bens ambientais, quanto o reconhecimento dessa situação e a tomada de decisões a seu respeito (CARVALHO, 2008, p. 158).

Essa responsabilidade que move o pensamento consciente, de que todas as ações geram um impacto, como por exemplo, o desmatamento, que gera a perda de áreas arborizadas, matas ciliares, diminuindo a quantidade de rios que tem na região e assim, deteriorando a fauna e a flora do local. Ter essa consciência sobre seus atos é essencial para construir uma mentalidade sustentável e empática (SARTRE, 1973).

Portanto, o estudo da educação ambiental se faz necessário no ambiente escolar em disciplinas nas quais é possível fazer demonstrações experimentais, assim como discussões sobre o tema, para que o aluno consiga compreender a natureza e seus fenômenos. Dessa forma, “a Química pode representar uma disciplina ideal para conduzir percepções mais complexas de nossas ações com a natureza, bem como uma ferramenta para a junção dos conhecimentos científicos com a relação ambiental” (MORAIS; AVELINO; FERNANDES, 2018).

Desenvolver atividades pedagógicas de educação ambiental no Ensino de Química possibilita ao aluno desenvolver consciência e habilidades para solucionar problemas, despertando interesse sobre o tema e sobre o conteúdo estudado em sala, aproximando o conhecimento do senso comum com o conhecimento científico (ARRIGO, 2018).

Conforme descreve Moraes, Avelino e Fernandes (2018) “a educação não é apenas o ato de ensinar, mas de formar sujeitos conscientes e capazes de transformar

a sociedade em que vivem, tornando-se cidadãos críticos e ativos em sociedade.”. Ou seja, o aluno começa a ser capaz de solucionar problemas do cotidiano em sua comunidade, apresentando-se como um cidadão crítico, consciente e engajado na sociedade em que se encontra (ARRIGO; ALEXANDRE; ASSAI, 2018).

Para tanto, foi estabelecido o movimento CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente) (descrito na Seção 3.3), sendo o principal motivo a gravidade e o aumento dos problemas ambientais que afetaram a vida cotidiana. a educação ambiental tem um papel fundamental nesse movimento, podendo influenciar na ciência, na tecnologia e na sociedade, orientando os cidadãos a fazerem uso dos recursos tecnológicos, e contribuindo nas discussões sobre os efeitos éticos e ambientais da produção e aplicação destas tecnologias desenvolvidas e disponíveis para a sociedade (PRZYBISZ, 2011).

3.3 CTSA (CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE)

A perspectiva CTSA é uma abordagem interdisciplinar contextualizada, na qual expressa a interpretação da ciência e da tecnologia como um processo social. A compreensão das relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade é considerada otimista e linear, pois segue o “modelo linear de desenvolvimento”, que segundo Cerezo (1997), originalmente descrito por Vannevar Bush em 1945, resumidamente significa que quanto maior o progresso científico, maior será o processo tecnológico, gerando mais empregos, com salários mais altos, colheita abundante e mais tempo livre para outras atividades. Isso pode ser representado por uma “simples equação: + ciência = + tecnologia = + riqueza = + bem-estar social” (BAZZO; VON LISINGEN; PEREIRA, 2003; CEREZO, 1997).

O fluxo de desenvolvimento da sociedade depende do desenvolvimento científico e tecnológico, que por sua vez se reflete na economia, melhorando assim a qualidade de vida das pessoas. Esse fluxo do conhecimento científico deve ser contínuo e significativo (CHRISPINO, 2017).

Assim como a criação da bomba atômica em 1945, um artefato tecnológico produzido pela ciência mais avançada da época, vários outros momentos históricos tiveram grande impacto social que influenciaram os movimentos sociais. Por exemplo o uso de DDTs (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) como inseticida de baixo custo, em 1962, sendo mais tarde descoberto como altamente prejudicial aos animais, pois afetava toda a cadeia alimentar e, atualmente, de uso proibido. Esses são exemplos

de episódios marcantes historicamente, com influência direta na economia e no desenvolvimento social mundial (CERUTTI, 2017).

Desse modo, percebeu-se a necessidade de fazer o aluno mais consciente sobre os assuntos estudados, ao passo que, este entenda as relações existentes no universo fora da sala de aula, desenvolvendo seu lado científico e crítico ao mesmo tempo e direcionando a atenção para os efeitos negativos provenientes do desenvolvimento tecnológico (SILVEIRA e BAZZO, 2009).

A contextualização do ensino pode ser utilizada como ferramenta para o desenvolvimento do pensamento crítico, e uma das formas de contextualizar o ensino é através do uso da abordagem CTSA. Akahoshi, Souza e Marcondes (2012) define o ensino na perspectiva CTSA como sendo:

Discussão de situações problemas de forte teor social, buscando sempre o posicionamento e intervenção social por parte do aluno na realidade social problematizada. Assim, os conteúdos são definidos em função da problemática em estudo e das necessidades que se apresentam. Neste caso, devem aparecer atividades que promovam o estudo sistematizado visando possíveis ações para transformação da realidade social estudada (AKAHOSHI; SOUZA; MARCONDES, 2012, p. 69).

Portanto, o ensino por meio da abordagem CTSA possui caráter interdisciplinar que parte de uma problemática existente no cotidiano, que pode ser usado para ensinar conteúdos específicos da química. O enfoque CTSA possibilita aos estudantes um conhecimento científico, que auxilia “[...] a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de Ciência e Tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões” (SANTOS e MORTIMER, 2002).

3.4 TRATAMENTO DE ÁGUA

O tratamento de água já é conhecido desde 4000 a.C., em que se tem relatos de que sânscritos e gregos ferviam, expunham ao sol ou filtravam em leitos de areia a água que consumiam (CRITTENDEN *et al.*, 2012).

Conforme destaca Filho (2020), o primeiro processo de tratamento de água ocorreu na cidade de Londres, no Reino Unido, em 1829, em que se contavam com filtros lentos de areia para o tratamento da água, e sua posterior distribuição. Não havia etapa de desinfecção no processo até então, no entanto foi implantado mais tarde, no ano de 1908, em Chicago e Jersey City, Estados Unidos, a aplicação do

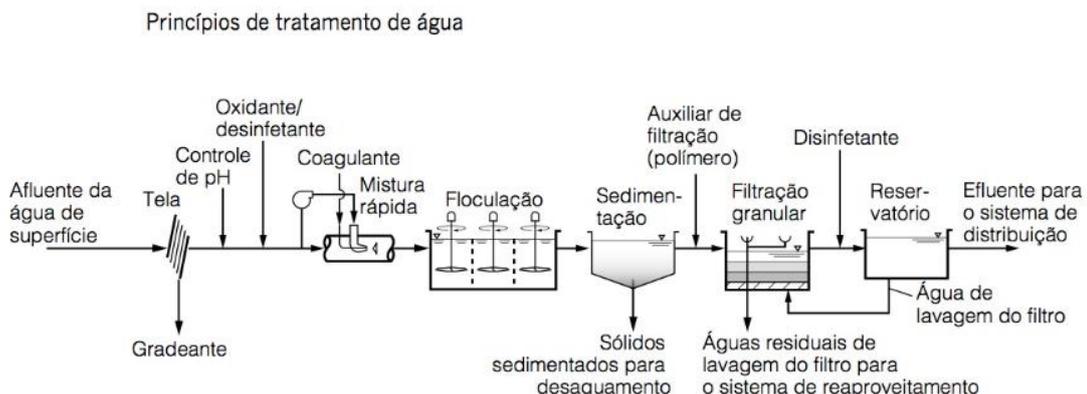
cloro como agente oxidante no processo de tratamento de água. A partir do ano de 1908, foi construído o modelo de tratamento convencional de água de abastecimento, conforme se conhece atualmente.

A necessidade de existência de uma fonte de tratamento de água é expressiva quando relacionada às enfermidades que a falta de água limpa própria para consumo humano pode causar. A água pode se tornar um veículo de transmissão de doenças, podendo atingir um grande número de pessoas em pouco tempo. Além disso, o acúmulo de partículas reduz a transparência da água causando turbidez, mudança de coloração, podendo-se encontrar ainda compostos tóxicos adsorvidos à essas partículas (HOWE *et al.*, 2016).

É necessário que o processo de tratamento de água seja adaptado para uma fonte de água específica, pois a qualidade da água depende do local onde se encontra, geologia, clima e também a existência de atividades humanas.

Um sistema de tratamento de água é um conjunto de operações unitárias utilizado para tratar a água de acordo com sua qualidade e do tipo de contaminante presente. Na Figura 1 têm-se representadas as etapas do tratamento de água, considerando desde a coleta até a reservação da água tratada (HOWE *et al.*, 2016).

Figura 1 – Representação das etapas do tratamento de água em um sistema convencional de tratamento



Fonte: Howe (2016)

Os processos convencionais para o tratamento de água incluem primeiramente a captação de água do manancial, seguida de uma pré-sedimentação, para melhorar a turbidez e adução, que seria o transporte da água do manancial para a estação de tratamento.

3.4.1 ETAPAS DO TRATAMENTO DE ÁGUA

Na estação de tratamento iniciam as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação e reservação, e o tratamento e a disposição dos resíduos sólidos gerados pelos processos de tratamento de água de abastecimento. No Quadro 1, segue uma breve descrição de cada etapa do processo de tratamento de água.

Quadro 1 - Etapas do tratamento convencional de água

Etapa	Descrição
Coagulação	Ocorre a desestabilização de partículas e neutralização de cargas. São utilizados normalmente os coagulantes: sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$; cloreto férrico $FeCl_3$ ou sulfato férrico. $Fe_2(SO_4)_3$ (FILHO, 2020).
Floculação	Produção de partículas maiores através de agregação de partículas menores, pode ser através da floculação pericinetica (microescala) ou ortocinetica (macroescala) (SANEPAR, 2018).
Sedimentação	As partículas em suspensão sedimentam por serem grandes o suficiente para sedimentar através da força da gravidade (CAESB, 2022).
Filtração	Processo físico para remoção de partículas que não foram removidas na sedimentação, em que a água passa através de um meio poroso (FILHO, 2020).
Desinfecção	Adição de reagentes oxidantes à água para remover microrganismos. Podem ser utilizados gás cloro, hipoclorito de sódio, cloramina, dióxido de cloro, ozônio e luz ultravioleta (SANEPAR, 2018).
Fluoretação	Adição de flúor para prevenção de cáries (SANEPAR, 2018).

Fonte: Autoria própria (2022)

Atualmente, vê-se um grande avanço nos estudos para melhorar ainda mais a qualidade da água fornecida para o consumo, porém ainda existem muitas restrições com relação às novas tecnologias, pois estas necessitam de investimento e mão de obra especializada (FILHO, 2020).

Sendo assim, a relação entre o conteúdo separação de misturas e o tema tratamento de água é relevante para o ensino de química, pois além de se tratar de um tema de grande relevância social, ele também permite garantir uma grande possibilidade de contextualização do conteúdo com o cotidiano dos estudantes (LOPOES *et al.*, 2013).

3.5 A QUÍMICA ENVOLVIDA NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Uma mistura é a combinação de duas ou mais substâncias puras, podendo ser classificada entre mistura homogênea e heterogênea. A mistura homogênea possui como principal característica a presença de uma única fase e a heterogênea de duas ou mais fases (BETTELHEIM *et al.*, 2012).

Quando se conhece as “propriedades físicas das substâncias separadamente, poderemos usar meios físicos apropriados para separar a mistura em suas partes componentes” (BETTELHEIM *et al.*, 2012). Portanto, dentro do tratamento de água é possível categorizar tanto a mistura homogênea como a heterogênea contida em seus processos.

A água se trata de uma mistura homogênea, ou seja, apresenta apenas uma única fase, além disso se trata de uma solução contendo a substância água (H₂O) e diversos outros minerais.

Ao ser captada para o devido tratamento, ela passa por dois processos de separação de misturas, características da mistura heterogênea, sendo elas a sedimentação ou decantação e a filtração. Antes de ocorrer esse processo de separação de mistura heterogênea, é empregada a coagulação e a floculação, para que ocorra essa etapa de separação (KOTZ *et al.*, 2015).

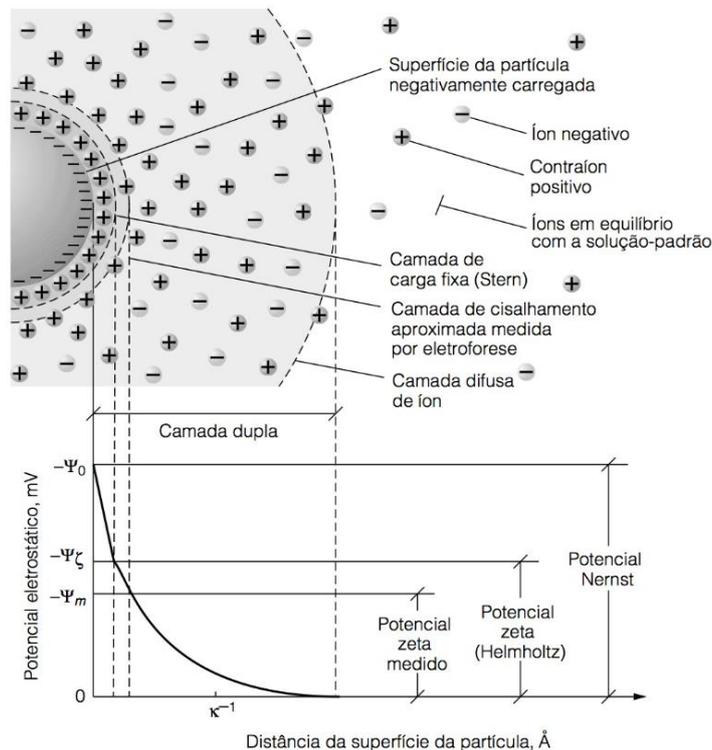
A principal fonte de abastecimento de água do planeta são as águas superficiais naturais, encontradas em rios, riachos, lagos, pântanos, mares, etc. Partículas orgânicas e inorgânicas podem ser encontradas nessas fontes, que reduzem a transparência da água, causando turbidez, podendo mudar a coloração da água ainda podem conter agentes patogênicos (vírus, bactérias e protozoários) e compostos tóxicos adsorvidos à superfície externa dessas partículas (DANIEL, 2001). Dessa forma, faz-se necessário remover essas partículas, através da coagulação, floculação e posterior sedimentação e filtração.

As partículas podem ser classificadas como suspensas e coloidais, sendo que as partículas coloidais se encontram na faixa de 1 nm e 1µm (CARVALHO *et al.*,

2019). Todas as partículas coloidais trazem consigo uma carga elétrica negativa, que gera uma força eletrostática de repulsão, que mantém as partículas separadas e em suspensão. Estas partículas se mantêm estáveis pois as forças repulsivas de Coulomb, que são mais fortes do que as forças atrativas de Van der Waals, e esta varia de acordo com o pH (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

Os contra-íons (íons de carga oposta à da partícula eletricamente carregada (NUNES, 2005) são atraídos eletricamente, formando uma camada interna de íons adsorvidos, também chamada de camada de adsorção fixa. Esta camada é conhecida como camada de Helmholtz, ou como camada de Stern, e pode ser visualizada na Figura 2 (HOWE *et al.*, 2016). Ao redor desta camada interna, forma-se uma camada externa difusa, composta de um excesso de íons que vai diminuindo a concentração de maneira exponencial, mantida próxima às superfícies das partículas através de forças eletrostáticas (RICHTER, 2009). A camada de Stern juntamente com a camada externa difusa forma a dupla camada elétrica, que se mantêm por estarem em equilíbrio termodinâmico, esquematizada na Figura 2.

Figura 2 - Estrutura da dupla camada elétrica



Fonte: Howe (2016)

A função da coagulação química é quebrar a barreira repulsiva, através de alterações físico-químicas em partículas coloidais, reduzindo ou neutralizando a carga para que as partículas possam se aglomerar. Para que este processo ocorra, é necessário a adição de reagentes químicos (METCALF e EDDY, 2016).

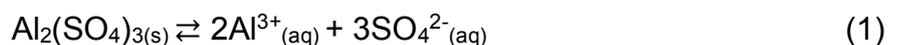
O ponto de carga zero (PCZ), ou ponto isoelétrico de uma substância é o valor de pH em que a adsorção de íons determinantes de potencial (H^+ e OH^-) é igual. Ou seja, definido como o pH correspondente a uma carga zero na superfície (PEREZ; CAMPOS; TEIXEIRA, 2017). Este PCZ ocorre quando é diminuída a espessura da dupla camada elétrica, ou através da neutralização de cargas. Para que ocorra a neutralização de cargas, deve-se mudar a concentração de íons determinantes do potencial (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

A desestabilização é a redução ou eliminação das forças repulsivas, (carga elétrica) para que as partículas se unam umas com as outras a fim de formar partículas maiores por meio da agregação. Caso a superfície da partícula não possua carga líquida, as forças de van der Waals são fortes o suficiente para fazerem as partículas se juntarem, por conta da redução da dupla camada elétrica (HOWE *et al.*, 2016; LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

Produtos químicos como sulfato de alumínio (alúmen), cloreto férrico e sulfato férrico são responsáveis pela hidrólise na água em tratamento, e formação de precipitados insolúveis. Estes precipitados têm a capacidade de desestabilizar partículas através da adsorção à sua superfície, o que também gera a neutralização de cargas, fazendo com que sejam reduzidas as forças repulsivas. Também podem ser utilizados na desestabilização polieletrólitos orgânicos (naturais ou sintéticos), que são polímeros carregados com múltiplos grupos funcionais (MORAES, 2009).

Para que isso ocorra é necessário considerar (1) interações coulombianas (carga-carga), (2) interações dipolo, (3) ligações de hidrogênio e (4) forças de atração de van der Waals. Os polímeros orgânicos são utilizados para duas finalidades principais no tratamento de água, sendo como coagulante para desestabilizar as partículas, e como filtro auxiliar para remover flocos de cisalhamento maiores e mais resistentes. O polímero cria uma “ponte” entre as superfícies, pois há vários pontos de adsorção em sua cadeia, criando uma partícula maior. Por esse motivo, são utilizados depois que as partículas foram estabilizadas em algum grau com os coagulantes metálicos (HOWE *et al.*, 2016; METCALF e EDDY, 2016).

Sais de metais hidrolisados carregados positivamente, sais de metais pré-hidrolisados e polímeros orgânicos catiônicos, são capazes de desestabilizar as partículas através da neutralização da carga na superfície da partícula. São utilizados sulfetos ou sais de cloreto de alumínio ou de íons férricos e os sais pré-hidrolisados como principais coagulantes inorgânicos para tratamento de água. Quando são adicionados sais de alumínio ou ferro em água, ocorrem reações paralelas e sequenciais, pois há formação de íons trivalentes Al^{3+} e Fe^{3+} , como mostrado nas Equações 1 e 2 (HOWE *et al.*, 2016).

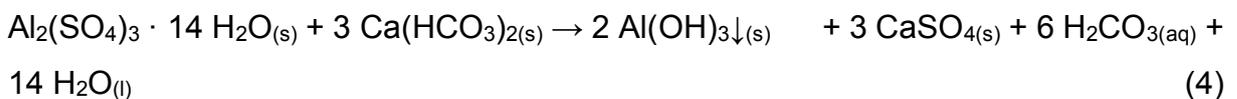


Os íons formados hidratam-se, ou seja, formam complexos hexahidratados, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ e $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, sendo que os íons metálicos possuem número de coordenação 6, pois há seis moléculas de água em torno de cada um deles. Os íons de alumínio e ferro podem formar uma grande variedade de espécies solúveis mononucleares e polinucleares. Quando o alúmen é adicionado em água, o hidróxido

de alumínio precipita, e há diminuição do pH da água, por conta da formação de um ácido forte (Equação 3) (RICHTER, 2009).

Neste caso, se a alcalinidade da água não for suficiente para tamponar o pH, será necessário adicionar base à água, para equilibrar o pH. Para tanto, podem ser utilizados hidróxido de sódio (NaOH), ou hidróxido de cálcio [Ca(OH)₂], também conhecido como cal, e ainda Carbonato de sódio (Na₂CO₃), (RICHTER, 2009), conforme Equações 4, 5 e 6.

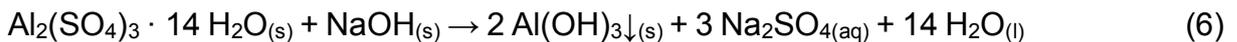
Hidróxido de cálcio:



Carbonato de sódio:



Soda cáustica:



Tanto o hidróxido de cálcio como o hidróxido de sódio podem reagir com sulfato férrico ou cloreto férrico, para formar hidróxido de ferro (III) como precipitado e ainda impedir que o pH diminua por conta da formação anterior de ácidos fortes (HOWE *et al.*, 2016; RICHTER, 2009).

Assim como o pH, outros fatores interferem na etapa de coagulação, como a temperatura. No caso do pH, a alcalinidade é importante para a coagulação, pois sais férricos e alúmen em água formam ácidos fortes. A faixa de pH correspondente para solubilidade do alúmen encontra-se entre 5,5 e 7,5, e de 5,0 a 8,5 para sais férricos. Caso a alcalinidade seja baixa na água, poderá ser necessário fazer o controle do pH adicionando uma base para atingir o intervalo de pH ótimo. Em relação à temperatura, pode haver mudanças nas constantes de solubilidade nas reações de precipitação. Na floculação, há variação da viscosidade com a temperatura, o que interfere nos gradientes de velocidades do processo na formação do floco (HOWE *et al.*, 2016; RICHTER, 2009).

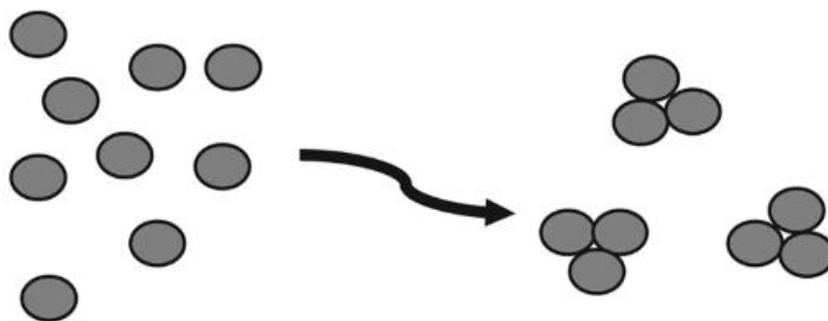
Para formação e estabilização do floco de alúmen, é necessário que a água esteja em uma temperatura maior do que 4 °C, pois, próximo a esta temperatura, o floco de alúmen formado pode ter densidade próxima à da água, impossibilitando a estabilidade deste floco. Neste caso, em lugares mais frios, onde a água atinge 4 °C

ou abaixo, o mais interessante é utilizar hidróxido férrico, pois a densidade do floco que se formará será maior do que a da água nesta faixa de temperatura (HOWE *et al.*, 2016).

No que se refere à floculação, o objetivo é produzir partículas maiores através da agregação, a fim de garantir a remoção nas etapas seguintes do tratamento de água, processo que pode ser visualizado na Figura 5. Existem dois tipos gerais de floculação, a microfloculação ou floculação pericinética, e a macrofloculação ou floculação ortocinética (GREGORY, 2009).

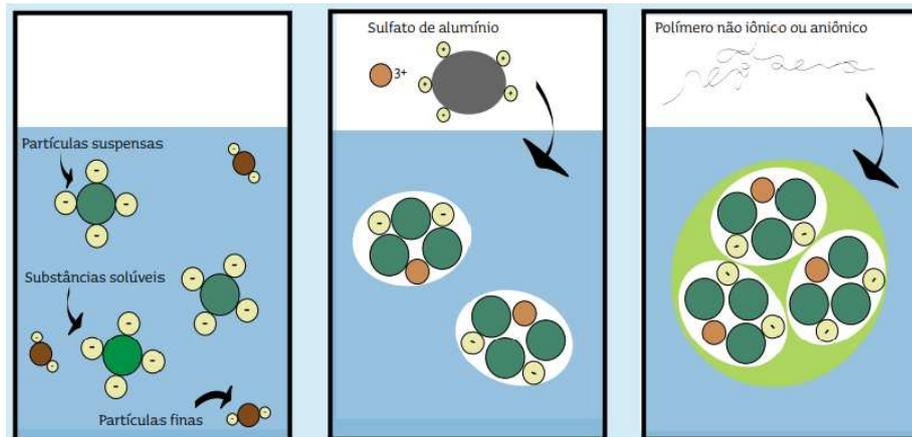
Na floculação pericinética (microfloculação), a agregação das partículas ocorre através do movimento browniano, que se trata de um movimento aleatório térmico. Na floculação ortocinética (macrofloculação), a agregação das partículas é provocada por indução de gradientes de velocidade e mistura suave no fluido contendo as partículas. Deste modo, são produzidos os flocos, que são grandes massas de partículas agregadas fracamente ligadas, para assentarem-se de forma rápida ou que sejam facilmente serem retiradas nas próximas etapas (GREGORY, 2009; HOWE *et al.*, 2016; METCALF e EDDY, 2016). Nas Figuras 3 e 4 é possível observar a formação do floco, através da agregação das partículas coloidais.

Figura 3 - Agregação das partículas coloidais



Fonte: Matos (2015)

Figura 4 - Representação das etapas de Coagulação e floculação



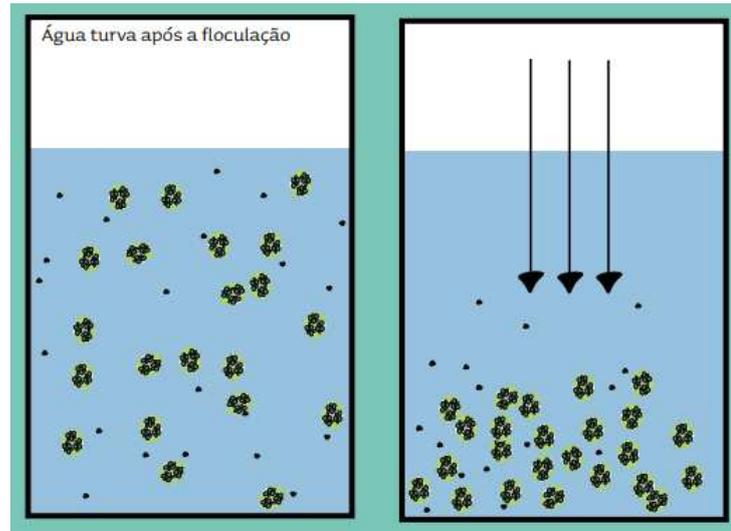
Fonte: Autoria própria (2022)

Os polímeros orgânicos são adicionados para fortalecer os flocos formados em etapas anteriores, nas quais foram acrescentados compostos metálicos. São chamados de floculantes auxiliares e são utilizados em baixas dosagem de polímeros não iônicos, de alta massa molecular (0,005 a 0,05 mg/L), antes da filtração granular, para melhorar o desempenho do filtro (HOWE *et al.*, 2016).

Decantação ou sedimentação é uma operação unitária que separa grosseiramente misturas heterogêneas entre sólido e líquido, ou entre líquidos. Estas suspensões separadas foram agrupadas anteriormente nos processos de coagulação e floculação. Utiliza-se de forças gravitacionais a fim de que partículas de densidade superior à da água se depositem em uma superfície. Durante o tratamento de água, pode ser empregada também no início da estação de tratamento, sendo chamada de pré-sedimentação (BITTENCOURT e PAULA, 2014; MATOS, 2015).

A sedimentação ocorre em tanques com fundo inclinado para um ou mais pontos de descarga de lodo. Os tanques decantadores são reservatórios em que a água realiza movimentos leves de entrada e saída, quase praticamente em repouso, para que as partículas mais pesadas não permaneçam em suspensão por conta da velocidade de turbulência e possam se depositar ao fundo sob a influência da gravidade, como é visto na Figura 5 (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009; RICHTER, 2009).

Figura 5 - Esquema geral de sedimentação de partículas

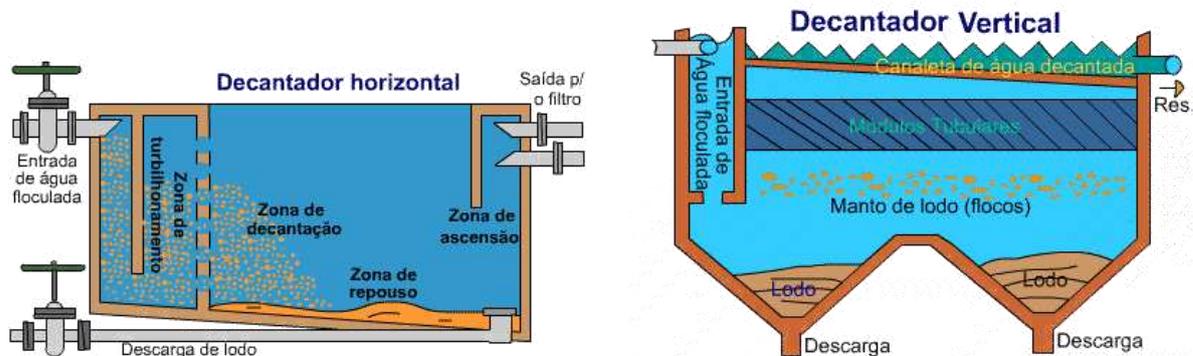


Fonte: Autoria própria (2022)

Existem quatro tipos de sedimentação: discreta, floculenta, interferida e por compressão. Na sedimentação discreta, não há mudança na forma, tamanho ou densidade das partículas em suspensões e a velocidade é constante ao longo do processo de sedimentação. Já na sedimentação floculenta, também chamada de classe 2, pode ocorrer mudanças na forma, tamanho e densidade das partículas, pois são partículas que podem aderir-se umas às outras conforme se colidem. Isso faz com que formem flocos ainda maiores, podendo sedimentar mais rapidamente. A sedimentação é interferida, ou de classe 3, quando há a interação entre partículas discretas e floculentas em suspensões concentradas. Nesta parte, forma-se uma manta de partículas que captura mais partículas à medida que decanta, e sua velocidade depende da concentração de sólidos. A sedimentação de classe 4, ou de compressão, é aplicada ao material ou lodo depositado. Neste último caso, as partículas não podem se depositar, sendo então utilizados meios de remoção da água, que ocorre lentamente. Quando desidratadas, elas podem formar uma pasta ou uma torta (HOWE *et al.*, 2016; RICHTER, 2009).

Os tanques utilizados para a sedimentação podem ser de diferentes configurações, de acordo com a finalidade, podendo ser: em função da direção do escoamento - horizontal ou vertical; em função do princípio de funcionamento - convencional ou de alta taxa, tubular e placas; e pelo formato - retangular ou seção circular (METCALF e EDDY, 2016). Na Figura 6 encontram-se representados exemplos de tanque de sedimentação vertical e horizontal.

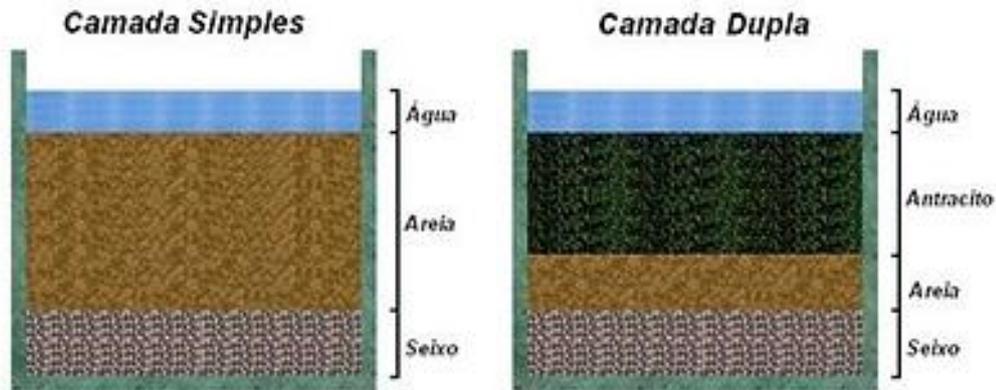
Figura 6 - Exemplos de decantadores utilizados em sistemas de tratamento de água, considerando o escoamento



Fonte: Geosites (2022)

A filtração é uma operação unitária que consiste na retirada de sólidos de um líquido através de um meio poroso. É processada após a decantação, com a finalidade de reter as partículas que não sedimentaram e reduzir as bactérias presentes. Pode ter velocidades variadas, de acordo com o tipo de filtração. Trata-se de um processo físico-químico e/ou biológico. São utilizados materiais como areia, antracito (ou carvão antracitoso, é um carvão com menor número de impurezas e com maior teor de carbono), areia de granada, carvão ativado granular, etc., que participam da composição do filtro (MATOS, 2015; RICHTER, 2009). No Brasil, o mais comum são filtros de *areia* em sistemas de filtro de camada única. Neste processo são combinadas filtração e adsorção em apenas uma unidade. Ainda, há filtros de dupla camada, constituídos de uma camada superior de antracito ou CAG (carvão ativado granular), com uma camada de areia na parte inferior. Estes filtros, também chamados de rápidos, são utilizados no tratamento de água de abastecimento, e funcionam através da ação da gravidade (FILHO, 2020). Na Figura 7 encontram-se representados filtros de camada simples ou única e de camada dupla.

Figura 7 - Representação de filtros de camada simples e camada dupla



Fonte: Purify (2022)

É comum encontrar algas, sedimentos, argila e outras partículas orgânicas e inorgânicas em águas subterrâneas, nas quais são removidas através da filtração. Além de melhorar a aparência da água, também é possível retirar microrganismos patogênicos, quando utilizada a filtração em conjunto com a desinfecção química (HOWE *et al.*, 2016).

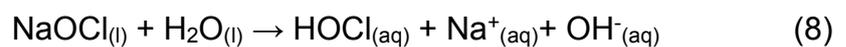
O processo de remoção de impurezas através da filtração é um processo físico-químico, ou seja, além da parte física de passagem do fluido através de um material poroso, existe ainda um mecanismo de aderência, influenciado pelas características particulares de cada substância. As características físico-químicas consideradas são, não apenas das superfícies das partículas contidas na água, mas também a dos grãos do meio filtrante, que melhoram a eficiência do processo (FILHO, 2020).

Para remover partículas menores do que os espaços vazios contidos nos filtros, é necessário o contato direto com os grãos do meio, para que ocorra interações de Van der Waals, capazes de retê-las. Esta etapa só é possível quando no tratamento de água houve eficiência na etapa de desestabilização de cargas, momento de ruptura da dupla camada elétrica. Ainda, para remover partículas menores, é utilizado o carvão ativado granular a fim de que ocorra adsorção e troca iônica, ou biodegradação, combinada com a filtração no mesmo processo (FILHO, 2020). Além do carvão ativado, também podem ser utilizados hidróxido férrico granular, alumina ativada e zeólitos como materiais adsorventes. Alguns materiais podem ser removidos através da adsorção ou por troca iônica, como a matéria orgânica natural, perclorato, arsênio e alguns metais pesados. Materiais como cálcio, magnésio, nitrato, ferro e manganês são removidos através da troca iônica, mas não através da adsorção. Para

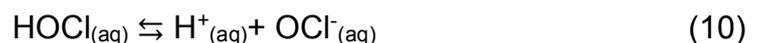
remover essas partículas através da troca iônica, geralmente são utilizadas resinas, específicas para o tratamento de água (HOWE *et al.*, 2016).

A etapa de desinfecção compreende a inativação dos microrganismos que causam doenças, ou seja, são eliminadas as capacidades de reprodução em um organismo hospedeiro, incapacitando vírus, bactérias e protozoários de causarem doenças. Sem contar que também tem o objetivo de oxidar ferro e manganês presentes na fase líquida e garantir o controle de sabor e odor da água tratada (FILHO, 2020; HOWE *et al.*, 2016).

No Manual de Projetos de Saneamento da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR, 2018), destacam-se como meios de desinfecção mais comuns o cloro gás, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio (hipocal), pastilhas de tricloro, dióxido de cloro. Segundo Meyer (1994), o uso do cloro e seus compostos para desinfecção no tratamento de água se deve por serem fortes agentes oxidantes, pois a reatividade do cloro diminui com o aumento do pH, e sua velocidade de reação aumenta com a elevação da temperatura. A seguir são descritas, respectivamente, as reações que acontecem ao adicionar cloro gás (Equação 7), hipoclorito de sódio (Equação 8) e hipoclorito de cálcio (Equação 9) à água.



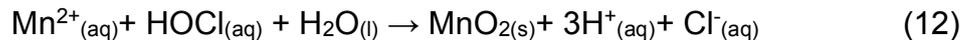
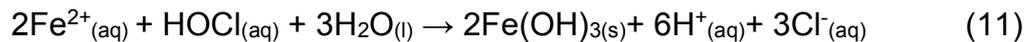
Conforme as reações apresentadas anteriormente, é possível perceber que o produto gerado é o ácido hipocloroso (HOCl), que se trata de um ácido fraco que se dissocia na fase líquida formando o íon hipoclorito (OCl^-), conforme apresentado na (Equação 10) (FILHO, 2020).



Portanto, é função do pH a distribuição do ácido hipocloroso e do íon hipoclorito na fase líquida, sendo que, para valor de pH igual a 7,5, a distribuição das duas espécies é de 50% para cada uma delas. Quando o pH é menor que 6,5 a forma que estará presente é o ácido hipocloroso, e superior a 8,5 o íon hipoclorito. Sendo assim, a ação de desinfecção e oxidação atribuída ao cloro é controlada pelo ácido

hipocloroso (HOCl), em que o pH desejável para tal tratamento deve estar entre 5 e 10 nas águas de abastecimento (FILHO, 2020; MEYER, 1994).

As reações de oxidação e redução do ferro (Equação 11) e manganês (Equação 12) através do cloro livre (soma das concentrações molares do ácido hipocloroso e do íon hipoclorito), são apresentadas da seguinte maneira (FILHO, 2020).



A reação do cloro como agente oxidante na oxidação do ferro é rápida, ao passo que a oxidação do manganês por cloro livre depende de valores de pH acima de 8,0, para que a reação seja favorecida (FILHO, 2020).

Após a etapa de desinfecção, ocorre a fluoretacão da água tratada. Os fluoretantes utilizados pela SANEPAR (2018) são o ácido fluossilícico ou fluossilicato de sódio, em que o fluossilicato de sódio, devido a sua baixa solubilidade, deve ser diluído antes da aplicação, enquanto o ácido fluossilícico deve ser aplicado diretamente.

O uso de flúor é obrigatório no Brasil pois tem como objetivo a prevenção de cárie dentária, sendo que essa substância torna “a parte mineral do dente menos solúvel e o meio impróprio para o desenvolvimento da bactéria responsável pela corrosão, pois inibe seu processo enzimático” (ALVES; BASTOS; SANTOS, 2015). A concentração máxima de flúor nas águas já tratadas deve ser de 4 mg/L, pois em excesso pode causar fragilidade nos ossos, doença conhecida como fluorose (BITTENCOURT e PAULA, 2014).

A concentração ideal de flúor na água é definida pela seguinte fórmula (Equação 13):

$$\text{Concentração de flúor desejável na água} = \frac{22,2}{10,3 + 0,725T} \quad (13)$$

onde T é a média de temperaturas máximas diárias ($^{\circ}\text{C}$) verificadas no período de cinco anos, ou de um ano que é o mínimo de período aceitável para a observância das temperaturas (BITTENCOURT e PAULA, 2014).

É possível observar o quanto a química está presente no tratamento de água, fazendo-se essencial na parte da coagulação através da adição de coagulantes, para que seja reduzida as forças de repulsão eletrostática entre as partículas, permitindo a floculação. Caso não haja a adição desses compostos químicos, a floculação não seria possível, ou flocularia apenas em partes, levando muito tempo para ser processada. Com um processo eficiente de coagulação e floculação, o processo de decantação e posterior filtração também poderão ter bom desempenho, uma vez que a eficiência de cada etapa depende da anterior. Dessa forma, quando se chega à desinfecção, há adição de ácido hipocloroso, a fim de que microrganismos sejam inativados, fazendo assim, o controle biológico também, através da adição de uma substância química. Ainda caso seja necessário, faz-se adição de compostos químicos para regulação do pH, para que a água esteja própria para consumo após todas as etapas de tratamento. E por fim, a adição de flúor na água garante a prevenção de cáries na população, sendo um cuidado a mais com a saúde da população.

4 METODOLOGIA

O presente trabalho teve como perspectiva a elaboração de uma sequência didática (SD) e o desenvolvimento de uma cartilha contendo temática de tratamento de água, sobre a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente). A sequência didática se trata de uma proposta em que os professores poderão utilizar para ensinar o conteúdo sobre separação de misturas para os estudantes do 1º ano do Ensino Médio.

Para a compreensão do conteúdo é necessário que o estudante tenha alguns conhecimentos prévios antes do conteúdo propriamente dito, sendo esses os conceitos de transformações físicas e químicas da matéria, tipos de misturas e densidade. Pressupõe-se que os estudantes tenham tido contato com esses conteúdos no Ensino Fundamental ou em aulas prévias a essa que será desenvolvida. Lembrando que, esses conceitos são essenciais para que os estudantes compreendam o conteúdo sobre separação de misturas a ser ensinado durante a proposta da sequência didática. Tais conceitos serão abordados através da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel, a qual é definida como “[...] aquelas em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe.” (MOREIRA, 2012).

Para levar a construção do conhecimento do aluno referente aos conceitos e conteúdos químicos, a aprendizagem significativa deverá ser trabalhada de modo que possa se caracterizar na:

“[...] interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-litera e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.” (MOREIRA, 2012).

E para melhor trabalhar o desenvolvimento das aulas e dos recursos, para que o conhecimento químico e ambiental acerca do tema seja alcançado, o trabalho foi construído em duas fases, conforme observado nas seções subsequentes.

4.1 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática elaborada compreende uma quantidade de 4 (quatro) aulas de 50 minutos cada, para aplicação da temática e compreensão do conteúdo de separação de misturas pelos estudantes. Cada aula foi dividida em partes, e dentro dessas partes seriam trabalhados o conceito de separação de misturas e a aplicação dos materiais desenvolvidos, assim como o tempo previsto para a realização de cada uma delas.

Para introduzir a temática sobre a água, a cartilha digital servirá como material de apoio, sendo apresentada aos alunos durante a primeira aula. Desse modo, será possível trabalhar a poluição das águas e as etapas do tratamento de água. Em um segundo momento, é proposto a aplicação do conteúdo de separação de misturas, utilizando conhecimentos da primeira aula. Através da cartilha, a química do processo de tratamento de água será discutida durante a terceira aula, para maior compreensão das reações envolvidas, assim como as aplicações da química no cotidiano dos alunos. A sugestão para a quarta aula foi a apresentação de um vídeo sobre as etapas do tratamento de água, disponível na *Internet*, assim como a aplicação de um questionário avaliativo.

4.2 ELABORAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS E AVALIATIVOS

O desenvolvimento da sequência didática propõe o uso de alguns recursos didáticos para uma melhor compreensão do conteúdo abordado por parte dos estudantes. Foram considerados a elaboração de uma cartilha e uma avaliação da sequência didática proposta.

4.2.1 ELABORAÇÃO DA CARTILHA

A cartilha é um manual didático e um instrumento linguístico, que descreve e instrumentaliza a língua (AUROUX, 1992), e as ilustrações contidas dentro do material são úteis pois: “reproduz, em vários aspectos a realidade; facilita a percepção de detalhes; reduz ou amplia o tamanho real dos objetos representados; torna próximos fatos e lugares distantes no espaço e no tempo e; permite a visualização imediata de processos muito lentos ou rápidos”, por isso a cartilha é um recurso didático importante para facilitar a compreensão dos conteúdos (CONCEIÇÃO *et al.*, 2019).

Como se trata de uma proposta de ensino, propõe-se que a cartilha seja disponibilizada em formato digital, sendo essa encaminhada por *e-mail*. O uso por parte dos estudantes poderá ser feito digitalmente ou a partir de documento impresso.

Para a construção da cartilha, foram seguidas as seguintes etapas:

- Definição do tema:

A cartilha foi desenvolvida em relação ao tema Estações de Tratamento de Água e a Química Envolvida nos Processos de Tratamento, sendo apresentado como título “Como acontece o Tratamento de Água?”.

- Tópicos que compõe a cartilha:

Como conteúdo da cartilha foram trabalhados os seguintes tópicos: poluição dos corpos d’água, como problemática inicial e como isso afeta nossa vida; como é a coleta, tratamento e distribuição de água na cidade de Curitiba; e como se dá o tratamento de água nas Estações de Tratamento de Água e quais os processos químicos envolvidos.

- Pesquisa bibliográfica:

Tendo os tópicos já definidos no item anterior, foram realizadas pesquisas na *Internet* e consultas em materiais (livros, apostilas, etc.) que abordam o processo convencional de tratamento de água.

- Elaboração do roteiro:

Após a realização dos estudos para a construção da cartilha, foi criado um roteiro contendo os textos a serem trabalhados em cada tópico proposto. Para o roteiro, buscou-se trabalhar linguagem simples e resumida, tendo mais atenção para esquemas, figuras e imagens, facilitando o processo de aplicação do conteúdo dentro da sala de aula.

- Elaboração da cartilha:

A cartilha foi desenvolvida com o apoio de um ilustrador, sendo que as figuras e os esquemas foram de autoria própria. Também foi utilizado como inspiração a cartilha “Água é vida” da Companhia de Águas e Esgotos de Roraima (CAER, 2022).

Esse material foi produzido para a devida aplicação na primeira e segunda aula constituída na sequência de aulas propostas (Seção 5.1), e teve como principal objetivo a utilização da cartilha para facilitar a compreensão e a consulta futura durante as aulas.

4.2.2 AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Levando em consideração o desenvolvimento da cartilha e a elaboração da sequência didática, os estudantes serão avaliados da seguinte forma:

1. A aprendizagem dos estudantes poderá ser verificada de modo constante, ou seja, através das respostas que os estudantes apresentarem durante as indagações e a partir das respostas no questionário avaliativo.
2. Foi elaborado um questionário avaliativo para trabalhar as etapas de tratamento de água, introduzindo questões sobre o conteúdo separação de misturas, contendo também as mesmas perguntas que foram discutidas na primeira aula. Essa avaliação será entregue ao final da sequência didática para que os estudantes possam responder individualmente.
3. Logo após a devolutiva dos questionários, será realizada uma breve discussão com as mesmas questões levantadas no início da primeira aula, com o intuito de verificar a aprendizagem dos estudantes e a existência de sugestões de melhorias, caso seja necessário.

Com esse processo de avaliação contínua, será possível concluir se os estudantes aprenderam sobre o conteúdo de separação de misturas, como acontece o processo de tratamento de água e se os materiais desenvolvidos auxiliaram no desenvolvimento ensino-aprendizagem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD), CARTILHA E QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

No Quadro 2 é apresentada a Sequência Didática proposta e a metodologia aplicada para o ensino do tema Tratamento de água e separação de misturas.

Quadro 2 - Sequência Didática: Separação de misturas e o tratamento de água

Tema	Separação de misturas e tratamento de água.
Nível de ensino	1º Ano do Ensino Médio.
Duração prevista	4 aulas de 50 minutos cada.
Objetivos	Conhecer os processos de separação de misturas empregadas na Estação de Tratamento de Água (ETA).
Aula 1	<p>Metodologia de ensino: Expositiva dialogada. Cronograma: Questionamentos: 15 min. / Leitura da cartilha: 35 minutos. Plano de ação: Fazer questionamentos aos estudantes a respeito da poluição da água, tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ O que você entende sobre poluição da água? ○ O que você compreende sobre o tratamento de água? <p>Estimular os estudantes a apresentarem suas respostas oralmente, permitindo discussão sobre o tema com toda a turma. As respostas dessas questões têm como objetivo dar uma breve introdução ao tema que será trabalhado no decorrer das aulas.</p> <p>Logo após a discussão das respostas externalizadas pelos estudantes, apresentar aos estudantes uma cartilha sobre o tratamento de água para que os estudantes possam ler e conhecer o material. A partir do conhecimento do material, ainda na primeira aula, os estudantes farão a leitura da cartilha juntamente com o professor, e poderá ser discutido o processo de tratamento de água.</p> <p>A partir da apresentação da cartilha, expor a respeito do sistema de captação, tratamento e distribuição de água, ou seja, da sua coleta até a distribuição, onde os estudantes serão capazes de compreender de onde vem a água e que ela, geralmente, não é própria para consumo, portanto, necessita de tratamento. Esse tratamento é iniciado através da captura da água e encaminhada por meio de tubulações até a estação de tratamento, onde será tratada, armazenada e logo após distribuída até a residência da população.</p>

	<p>Portanto, nessa primeira aula, os estudantes serão capazes de compreender a lógica do sistema de tratamento de água.</p> <p>Recursos didáticos: Lousa, giz e cartilha sobre como acontece o tratamento de água.</p>
Aula 2	<p>Metodologia de ensino: Expositiva dialogada.</p> <p>Cronograma: Introdução teórica sobre separação de misturas: 50 minutos.</p> <p>Plano de ação: Na segunda aula, introduzir o conteúdo sobre separação de misturas, assim como definir conceitos importantes para o entendimento do conteúdo. Iniciar a aula passando o conceito de densidade e continuar sobre diferentes métodos de separação de misturas, mostrar os fatores que influenciam nessas separações, como por exemplo, o tamanho das partículas, propriedades magnéticas, diferenças entre densidades e temperatura de ebulição. Ao final, trabalhar alguns exercícios, para a melhor fixação do conteúdo de separação de misturas.</p> <p>Recursos didáticos: Livro didático.</p> <p>Material de apoio: GODOY, L.; AGNOLO, R. M. D.; MELO, W. C. Ciências da Natureza: Matéria, energia e a vida - Ensino Médio, volume 1. Manual do professor. Editora FTD. 2020. Disponível em: https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/.</p>
Aula 3	<p>Metodologia de ensino: Expositiva dialogada.</p> <p>Cronograma: A química envolvida no processo de tratamento de água: 50 minutos.</p> <p>Plano de ação: Para a terceira aula, as etapas que constituem o processo convencional de tratamento de água serão apresentadas de forma mais específica, voltando-se atenção à química envolvida no processo, utilizando a cartilha para uma melhor fixação do conteúdo, pois nela haverá um esquema de como acontece o tratamento de água. Nessa aula trabalhar o processo de tratamento de impurezas presentes na água, para que ela possa chegar nas residências apta para o consumo. Sendo assim, apresentar as etapas de tratamento, mostrando como ocorre o processo de coagulação, floculação, sedimentação e filtração, trazendo os conceitos químicos presentes em cada etapa.</p> <p>Recursos didáticos: Cartilha.</p>
Aula 4	<p>Metodologia de ensino: Expositiva dialogada.</p> <p>Cronograma: Vídeo sobre o tratamento de água: 25 minutos/ Questionário avaliativo: 25 minutos.</p> <p>Plano de Ação:</p>

	<p>Concluir o tema e o conteúdo de separação de misturas, sendo aplicado da seguinte forma: utilizar um vídeo disponível na <i>Internet</i> para demonstrar o experimento e discutir a respeito do conteúdo de química envolvida no tratamento de água. Por fim, entregar um questionário avaliativo para a compreensão do que os estudantes aprenderam sobre o conteúdo separação de misturas e sobre o tema de forma geral.</p> <p>Recursos didáticos: GEPEQ IQ-USP. Experimento de Química - Tratamento de água. Youtube, 03 de mai. de 2013. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ba6skAs0f4w&ab_channel=GPEQ_IQ-USP Questionário avaliativo sobre o tratamento de água.</p>
--	--

Fonte: Autoria própria (2022)

No Quadro 2 foi colocada a descrição da SD, contendo o tema a ser trabalhado durante as aulas, o nível de ensino, a duração de cada atividade e a proposta de aplicação do conteúdo separação de misturas em cada uma das quatro aulas.

A cartilha elaborada junto à SD pode ser visualizada no Apêndice A. A cartilha foi desenvolvida contendo os seguintes tópicos: poluição dos corpos d'água, como problemática inicial e como isso afeta nossa vida; como é a coleta, tratamento e distribuição de água na cidade de Curitiba; e como se dá o tratamento de água nas Estações de Tratamento de Água e quais os processos químicos envolvidos.

A cartilha foi desenvolvida por meio de um personagem (copo de água), para que houvesse um tom mais lúdico no material. A cartilha possui imagens que se referem ao processo de tratamento de água nas ETAs e também como acontecem, quimicamente, as etapas de coagulação e floculação, bem como as etapas de decantação e de filtração (processo físico). Foram utilizados textos curtos com linguagem mais simplificada, objetivando uma fácil compreensão dos alunos do 1º ano do Ensino Médio. Os textos foram retirados de referências atualizadas a fim de garantir um conhecimento assertivo do conteúdo estudado.

Para a avaliação da aprendizagem dos estudantes logo após a aplicação da SD e da cartilha digital, foi desenvolvido um questionário (Quadro 3) para aplicação com perguntas referentes ao tema abordado nas aulas.

Quadro 3 - Questionário avaliativo sobre o tratamento de água

1. O que você entende sobre poluição da água?
2. O que você compreende sobre o tratamento de água?
3. Por que o tratamento de água é importante para a sociedade?
4. Quais são as etapas de um tratamento de água nas Estações de Tratamento de Água convencionais?
5. Explique quimicamente o que acontece em cada etapa de tratamento de água.

Fonte: Autoria própria (2022)

No Quadro 3 é possível perceber que existem questões que serão avaliadas a respeito da poluição da água e o processo químico que acontece nas Estações de Tratamento de água, como se trata de uma proposta de atividades o professor poderá adaptá-lo conforme seu interesse.

5.2 ABORDAGEM CTSA PRESENTES NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A abordagem CTSA tem como objetivo trazer contribuições para o ensino não apenas da química, mas também de outras ciências, pois é por meio dela que se desenvolve uma análise crítica para a elaboração de propostas para a resolução de problemas (LEITE, 2012).

Portanto, a ciência está presente no tema Tratamento de Água, tendo como etapas a coagulação, floculação, sedimentação, filtração, desinfecção e fluoretação, sendo essas etapas processos químicos e físicos que podem ser inseridos como problemática no conteúdo separação de misturas.

Os aspectos relacionados a tecnologia são tratados na SD através da estrutura das Estações de Tratamento de Água, ou seja, nas tecnologias empregadas nos decantadores e filtros utilizados nas etapas de decantação e filtração da água.

Também, é possível perceber que por meio da temática proposta pode-se conscientizar os alunos acerca do cuidado com o meio ambiente e com a água, que é tão essencial para a sobrevivência humana. Os tópicos “o que é poluição da água?”, suas causas e consequências que estão na cartilha, irão auxiliar o aluno no desenvolvimento dessa conscientização.

Sendo assim, a sequência didática proposta pode auxiliar o professor a trabalhar contextos em que os alunos estão inseridos, estabelecendo relações entre o conteúdo de química, com o processo de tratamento de água.

Segundo Vieira (2012, p. 28), “o ensino por investigação deverá ter por base a problematização do aluno, o que corrobora a ideia de construção de conhecimento e de participação ativa pelo sujeito no processo de aprendizagem”. Sendo assim, a temática tratamento de água empregado no processo de ensino do conteúdo separação de misturas, abordados na disciplina de química, auxilia os alunos a relacionar a ciência e a tecnologia, no que diz respeito ao tratamento da água e a tecnologia envolvida no processo, bem como na sociedade e meio ambiente, onde apresenta qualidade de vida melhor para os cidadãos e a conscientização da preservação do meio ambiente.

5.3 A CARTILHA COMO RECURSO DIDÁTICO

A elaboração de cartilhas com objetivos concretos, desperta o raciocínio e a criatividade dos alunos, dando oportunidade para que desenvolvam senso crítico a respeito do meio ambiente e os impactos humanos (COLLARES, 2011). Ela também pode ser utilizada como meio de encorajar a participação dos estudantes com as diversas formas de conteúdos apresentados pelo professor.

Logo, a cartilha é um recurso didático, ou seja, se trata de uma ferramenta que auxilia no processo de ensino-aprendizagem, tendo como principal função a de facilitar a compreensão acerca do assunto abordado pelo professor (SILVA *et al.*, 2012). Portanto, é possível perceber que a cartilha desenvolvida constitui o conteúdo separação de misturas apresentadas de uma maneira diferenciada, auxiliando no melhor desenvolvimento da SD e o desempenho no processo de ensino-aprendizagem do aluno, sem contar que é uma ferramenta que auxilia o professor na contextualização do conteúdo.

É interessante ressaltar que cada recurso didático aplicado em sala de aula provoca um impacto nos alunos e o modo de como aprendem o conteúdo. Portanto, trazer diferentes recursos didáticos podem auxiliar o professor a trabalhar determinado conteúdo de maneira eficaz em sala de aula (SANTOS; BELMIRO, 2013).

Por fim, a cartilha desenvolvida se trata de uma ferramenta com diversas potencialidades, como a maneira de visualizar o conteúdo de forma diferenciada, ou

seja, contextualizada, e também proporciona maior interação entre os alunos, já que se sentem mais motivados e instigados a conhecer e compreender o que está sendo tratado sobre os processos de tratamento de água.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o desenvolvimento da sequência didática (SD) trabalhando o contexto tratamento de água para o conteúdo separação de misturas, estudadas no 1º ano do Ensino Médio, elaborou-se uma cartilha didática sobre o tratamento de água, mostrando todas as etapas e enfatizando a parte química envolvida no processo.

O tema tratamento de água é de extrema importância para ser apresentado para o aluno, já que estabelece a relação entre a ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (CTSA), auxiliando na importância da preservação do meio ambiente e de seus recursos, principalmente a água.

Quanto ao planejamento e a organização da sequência didática, esta auxilia tanto aos professores que poderão adaptá-la conforme cada realidade de sala de aula, e também para os alunos, já que se beneficiam da boa organização e estrutura do que será ensinado, no caso o conteúdo sobre separação de misturas.

Ao que diz respeito a cartilha desenvolvida como um recurso didático, espera-se que seja relevante na demonstração ilustrativa de cada etapa do processo de tratamento de água, já que traz outra forma de abordar o assunto a ser estudado, fugindo do modelo tradicional de aula.

Sendo assim, acredita-se que tanto a sequência didática como a cartilha elaborada possam ser utilizadas por professores como uma diferente ferramenta de ensino, auxiliando na contextualização das aulas através da abordagem CTSA e no processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

REFERÊNCIAS

- ADORNI, D. S.; SILVA, M. B. Contextualização do Ensino de Química e motivação para a aprendizagem: a percepção dos alunos do Ensino Médio. **Seminário Gepráxis**, Vitória da Conquista – Bahia – Brasil, v. 7, n. 7, p. 2569-2583, maio, 2019.
- AKAHOSHI, L. H.; SOUZA, F. L.; MARCONDES, M. E. R. Enfoque CTSA em materiais instrucionais produzido por professores de química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 3, p. 124-154, set./dez. 2018.
- ALMEIDA, A. R. S.; SANTOS, F. P. L.; SILVA, J. S. **O ensino e aprendizagem de química na percepção dos estudantes do ensino médio**. V CONNEPI-2010. 2010.
- ALVES, V. M. B.; BASTOS, W.; SANTOS, K. D. **Substituição do fluossilicato de sódio por ácido fluossilícico em ETA**. XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento, Poços de Caldas - MG, 2015.
- ARRIGO, V.; ALEXANDRE, M. C. L.; ASSAI, N. D. S. **O ensino de química e a educação ambiental: uma proposta para trabalhar conteúdos de pilhas e baterias**. Experiências em Ensino de Ciências V.13, N°5, Londrina - PR, 2018.
- ASSIS, R. B. **Criação, aplicação e avaliação de uma sequência didática sobre consumismo utilizando o filme Wall-e como recurso midiático principal**. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. p. 119, 2014.
- AUROUX, S. **A revolução tecnológica da gramatização**. Trad. Eni P. Orlandi. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1992.
- BARBOSA, M. S. S. **O papel da escola: Obstáculos e desafios para uma educação transformadora**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul no Núcleo de Estudos e Pesquisas em Trabalho, Movimentos Sociais e Educação. Porto Alegre, 2004.
- BAZZO, W. A.; VON LISINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução aos Estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. **Cadernos de Ibero América**. OEI- Organização dos Estados Iberoamericanos para a Educação, a Ciência e a Cultura. Espanha: Madrid, 2003.
- BETTELHEIM, F. A.; *et al.* **Introdução à Química Geral**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- BITTENCOURT, C.; PAULA, M. A. S. **Tratamento de Água e Efluentes - Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos**. São Paulo: Érica, 2014.
- BORGES, C. O.; *et al.* **Vantagens da utilização do ensino CTSA aplicado às atividades extraclasse**. XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ). Brasília, DF. 21 a 24 de julho de 2010.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Congresso Nacional decreta Lei Cap. 1 da Educação Ambiental e Cap. 2 seções I e II.** Brasília, DF, 1999. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm>. Acesso em: 30 de nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC/SEB, 2002.

BUENO, L.; *et al.* **O ensino de química por meio de atividades experimentais: a realidade do ensino nas escolas.** Unesp, 2007.

CAESB: COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL. **Como a água é tratada.** 2022. Disponível em: <<https://www.caesb.df.gov.br/como-a-agua-e-tratada.html>>. Acesso em: 04 de abr. 2022.

CARVALHO, A. L. S, et. al. **Sistemas coloidais: características, obtenção e propriedades cinéticas.** Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de Lorena. Lorena, 2019.

CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico.** São Paulo: Cortez, 2008. 256p.

CEREZO, J. A L. **Ciencia, Tecnología y Sociedad. Crítica académica y enseñanza crítica.** Signos, 20, 74-81. 1997.

CERUTTI, D. M. L. **CTS - Ciência, tecnologia e sociedade.** Ponta Grossa: UEPG/NUTEAD, 2017.

CHRISPINO, A. **Introdução aos enfoques CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade - na Educação e no Ensino.** Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2017.

COLLARES, S. A. O. **O uso da cartilha progressiva (1907) nas escolas do estado do Paraná.** In: XXVI Simpósio Nacional de História – ANPUH. São Paulo, 2011.

CONCEIÇÃO, E. H.; *et al.* **A produção e uso de uma cartilha educativa como recurso didático no ensino do ciclo da água.** VI Congresso Internacional das Licenciaturas, 2019. Disponível em: <<https://cointer.institutoidv.org/inscricao/pdvl/uploadsAnais2020/A-PRODU%C3%87%C3%83O-E-USO-DE-UMA-CARTILHA-EDUCATIVA-COMO-RECURSO-DID%C3%81TICO-NO-ENSINO-DO-CICLO-DA-%C3%81GUA.pdf>>. Acesso em: 02 de mai. 2022.

CRITTENDEN, J. C, et al. **Water treatment principles and design.** 3rd ed. New York: Wiley; 2012: 1901 p.

DANIEL, L. A. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável.** 1ª Edição. São Carlos: Editora: Rima Artes e Textos, 2001.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. C. A. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2011.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. et al. **Gêneros orais e escritos na escola**. Campinas, SP: Mercado das Letras, p. 96, 2004.

FERNANDES, T. A.; SOUZA, R. **Sequência didática como prática ensino-aprendizagem**. Dia a dia Educação. v. 1, 2016.

FILHO, S. S. F. **Tratamento de água: concepção, projeto, e operação de estações de tratamento**. Rio de Janeiro: Gen, 2020.

FONSECA, S. **O trabalho do professor na sala de aula: relações entre sujeitos, saberes e práticas**. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, v. 91, n. 228, 2010.

GEOSITES. **Métodos Gerais de Tratamento de Água - Decantação**. Disponível em: <<https://www.geocities.ws/pavilua/dec.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2022.

GUEDES, I. C. **O que é sequência didática?** Prof. Dr. Ivan Claudio Guedes, 2019. Disponível em: <<https://www.icguedes.pro.br/sequencia-didatica-passo-a-passo/>>. Acesso em: 18 de ago. 2021.

GREGORY, J. **Optical monitoring of particle aggregates**. Journal Environmental Sciences. v. 21, p. 2-7, 2009.

HOWE, K. J.; et al. **Princípios de tratamento de água**. São Paulo: Cengage, 2016.

KOTZ, J. C.; et al. **Química geral e reações químicas**. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

LEITE, S.Q.M. **Práticas experimentais investigativas em ensino de ciências: caderno de experimentos de física, química e biologia – espaços de educação não formal – reflexões sobre o ensino de ciências**. Vitória: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo e Secretaria de Estado de Educação do Espírito Santo, 2012, 218 p.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. **Introdução à Química da Água - Ciência Vida e Sobrevivência**. Rio de Janeiro: GEN, 2009.

LOPOES, R. O.; et al. **Estação de Tratamento de água: Uma proposta de tema para o estudo das separações de misturas**. 33º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, 2013.

MAROQUIO, V.S.; PAIVA, M.A.V.; FONSECA, C.O. **Sequências Didáticas como recurso pedagógico na formação continuada de professores**. In: Encontro Capixaba de Educação Matemática, Sociedade Brasileira de Educação Matemática – Regional Espírito Santo, Vitória, 2015.

MATOS, S. P. D. **Operações Unitárias - Fundamentos, Transformações e Aplicações dos Fenômenos Físicos e Químicos**. São Paulo: Saraiva, 2015.

MERÇON, F.; et al. Estratégias didáticas no ensino de química. **Revista Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (CAp-UERJ)**, v. 1, n. 1, p. 79-93, 2012.

METCALF, L.; EDDY H. P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MEYER, S. T. O Uso de Cloro na Desinfecção de Águas, a Formação de Trihalometanos e os Riscos Potenciais à Saúde Pública. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 99-110, mar. 1994.

MORAES, L. C. K. **Estudo dos processos de coagulação e floculação seguidos de filtração com membranas para a obtenção de água potável**. 2009. Doutorado em Engenharia Química. Maringá: UEM, Departamento de Química, 2009.

MORAIS, F. J.; AVELINO, A. C. S.; FERNANDES, S. B. S. **A educação ambiental no ensino de química: promovendo a cidadania no âmbito escolar**. V Congresso Nacional de Educação - CONEDU, Recife - PE, 2018.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa?. **Currículo: jornal de teoria, pesquisa e prática educacional**. La Laguna, Espanha. v. 1, n. 25, p. 29-56, 2012.

NETO, J. C. S.; SOUSA, F. R. **O papel do professor na formação de sujeitos: obstáculos e desafios de uma educação transformadora**. II Congresso Nacional de Educação - CONEDU, Campina Grande, Paraíba, 2015.

NUNES, W. A. G. A. **A Troca Catiônica sob abordagem Termodinâmica: Fatores Intervenientes e as Equações de Ação de Massas**. Dourados, MS: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2005.

PEREZ, D. V.; CAMPOS, D. V. B.; TEIXEIRA, P. C. **Manual de métodos de análise de solo. Capítulo 9 - Ponto de carga zero (PCZ)**. 3ª edição revisada e ampliada. Embrapa. Distrito Federal, Brasília, 2017.

PURITY - **Tratamento e Filtragem de água**. Disponível em: <<https://www.purify.com.br/carvao-ativado>>. Acesso em: 22 nov. 2022.

RICHTER, C. A. **Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.

RORAIMA, COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RORAIMA - CAER. **Água é vida**. Disponível em: <http://www.caer.com.br/arquivos/meio-ambiente/CARTILHA_AMBIENTAL_CAERR.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2022.

SANEPAR: COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Diretrizes para elaboração de projetos de sistemas de abastecimento de água e Tratamento de Água**. Paraná, 2018.

SANTOS, O. K. C.; BELMIRO, J. F. B. **Recursos didáticos: uma melhoria na qualidade da aprendizagem**. Editora Realize, 2013. Páginas (1-12). Disponível em: <https://www.oeducador.com/download.php?arquivo=44940Texto_3.pdf>.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2002.

SARTRE, J. P. **O existencialismo é um Humanismo**. São Paulo: Abril Cultural, 1973. (Coleção Os Pensadores).

SILVA, M. A. F; *et al.* **Utilização de Recursos Didáticos no processo de ensino e aprendizagem de Ciências Naturais em turmas de 8º e 9º anos de uma Escola Pública de Teresina no Piauí**. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 7., 2012, Palmas. Anais do VII CONNEPI. 2012.

SILVEIRA, R. M.C.F.; BAZZO, W. **Ciência, tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica**. Bauru: Ciência e Educação, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/mzxknTRyQvxGrsQbSNwXgHt/>> Acesso em: 11 de abril de 2022.

VIEIRA, F. A. C. **Ensino por Investigação e Aprendizagem Significativa Crítica: análise fenomenológica do potencial de uma proposta de ensino**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Ensino de Ciências, Universidade Estadual Paulista, São Paulo. p. 28, 2012.

ZABALA, A. **A prática educativa: Como ensinar**. 2ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Apêndice A - Cartilha sobre o Tratamento de Água