

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

VIVIAN TEDESCO DORNELES

PROCESSOS ELETROQUÍMICOS DE CORROSÃO E ABORDAGEM CTSA:  
CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO MÉDIO.

VOLTA REDONDA

2021





VIVIAN TEDESCO DORNELES

PROCESSOS ELETROQUÍMICOS DE CORROSÃO E ABORDAGEM CTSA:  
CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO MÉDIO.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador:

Elivelton Alves Ferreira

Coorientador:

Ladário da Silva

Volta Redonda

2021

Ficha catalográfica automática - SDC/BAVR  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

D713p Dorneles, Vivian Tedesco  
Processos eletroquímicos de corrosão e abordagem CTSA:  
Construção de uma sequência didática no ensino médio. /  
Vivian Tedesco Dorneles ; Elivelton Alves Ferreira, orientador  
; Ladário da Silva, coorientador. Volta Redonda, 2021.  
96 f.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Química)-  
Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2021.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PROFQUI.2021.mp.01718898002>

1. Ensino de química. 2. Corrosão. 3. Experimento  
químico. 4. Produção intelectual. I. Ferreira, Elivelton  
Alves, orientador. II. Silva, Ladário da, coorientador. III.  
Universidade Federal Fluminense. Instituto de Ciências  
Exatas. IV. Título.

CDD -

VIVIAN TEDESCO DORNELES

PROCESSOS ELETROQUÍMICOS DE CORROSÃO E ABORDAGEM CTSA:  
CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO MÉDIO.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

Volta Redonda, 26 de Fevereiro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

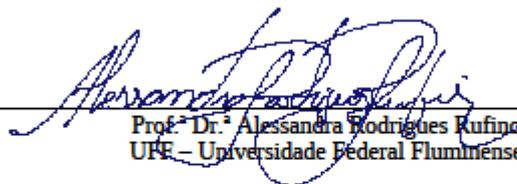


---

Prof.º Dr.º Elivelton Alves Ferreira  
UFF – Universidade Federal Fluminense

---

Prof.ª Dr.ª Fernanda Luiza de Faria  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina



---

Prof.ª Dr.ª Alessandra Rodrigues Rufino  
UFF – Universidade Federal Fluminense

Volta Redonda  
2021

Dedico este trabalho aos meus pais, que estão sempre me apoiando e incentivando a busca pelos meus sonhos.

À Aldoir e Jurema

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me dado saúde, força, determinação e sabedoria necessárias para superar os momentos de angústia, as noites sem dormir e a correria diária. Por ter guiado e abençoado meu caminho e minhas escolhas.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que se fizeram presentes e sempre me incentivaram, na graduação e agora no mestrado, na busca de novos conhecimentos.

Ao meu orientador Elivelton Alves Ferreira, que teve paciência, carinho, dedicação ao me orientar e que mesmo nos momentos em que eu pensei em desistir, e falhei como aluna, ele estava lá para me incentivar e me mostrar que sou capaz. Agradeço também ao meu coorientador Ladário da Silva, que veio com toda sua experiência em ensino e empolgação, me trazer novos conhecimentos e perspectivas sobre a educação em nosso país. Não poderia deixar de agradecer a todos os professores que já passaram pela minha vida, com certeza eles contribuíram para a escolha de exercer essa profissão com tanto amor e carinho.

Agradeço a minha mãe, Jurema da Silva Tedesco, que é uma heroína e minha maior incentivadora, sempre estando ao meu lado independente do momento, me colocando para cima mesmo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Ao meu pai, Aldoir Camargo Dorneles, que me fortalece e vibra com cada conquista minha, com certeza essa torcida é muito importante. Agradeço ao meu marido, Hugo Roriz Antônio, que esteve comigo desde o primeiro momento deste mestrado, procurando fazer o que fosse possível para que eu alcançasse mais esse sonho. A minha família e amigos que sempre se fizeram presentes em minha vida, apoiando minhas escolhas e torcendo pelo meu sucesso.

Agradeço em especial a todos os meus alunos que estiveram presente durante todo esse processo, me apoiaram, incentivaram e o mais importante me ensinaram, na prática, que ser professora vai muito além da teoria, está no respeito, carinho e admiração com o próximo, muito obrigada por me permitir em fazer parte da formação de vocês.

E a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

*Cada pessoa deve trabalhar para o seu aperfeiçoamento e, ao mesmo tempo, participar da responsabilidade coletiva por toda a humanidade.*

Marie Curie

## RESUMO

A corrosão é um processo químico que está relacionada a deterioração de alguns materiais, e pode ocorrer de forma espontânea. Como é muito comum ocorrer com materiais metálicos esse fenômeno pode ser observado em nosso cotidiano, como em objetos que estão presentes em nossas residências, nas indústrias, nos hospitais, monumentos, construção civil etc. Sendo assim, torna-se um tema importante para ser trabalhado em sala de aula, possibilitando ao professor abordar assuntos como: reações de oxirredução, potencial de redução, reatividade dos metais, transferência de elétrons, equações químicas, entre outros. A preocupação com o ensino de Química tem levado as organizações curriculares a desenvolverem propostas que abordem problemas sociais que estejam presente na realidade da comunidade escolar, para assim, auxiliar na construção dos conceitos científicos, facilitando o desenvolvimento de competências e habilidades, e assim, permitindo que o aluno desenvolva a capacidade de interpretar, argumentar e tomar decisões. Procurando atender as necessidades apontadas na BNCC e no PCNEM, produziu-se uma sequência didática, que constitui um produto de aplicação para a sala de aula de Química no Ensino Médio, que contemplasse aulas experimentais, expositivas e dialogadas, buscando assim gerar proposições que mostram as relações existentes entre conceitos percebidos por um indivíduo e seus conhecimentos prévios. Para que fosse possível atender os objetivos, levou-se em consideração três aspectos. O primeiro aspecto foi a contextualização, que foi relacionada a corrosão atmosférica, já que a Escola e sua Comunidade se encontram em uma região industrializada. O segundo aspecto está relacionado com a possibilidade de conectar este tema com outras áreas do conhecimento, como reações de combustão, concentração de soluções, poluição atmosférica etc. E o terceiro e último aspecto foi a função social que o tema tem na formação do cidadão. Para a construção do material, buscou-se metodologias que tivessem como objetivo uma aprendizagem significativa e ativa por parte dos alunos. Sendo assim, o material produzido foi influenciado por algumas propostas de ensino, destacando-se o Ensino por Investigação e a abordagem CTSA.

Palavras-chave: *Corrosão, Ensino por Investigação, CTSA.*

## ABSTRACT

Corrosion is a chemical process that is related to the deterioration of some materials, and it can occur spontaneously. Due to the fact that it is very common to occur with metallic materials, this phenomenon can be observed in our daily lives, as in objects that are present in our homes, in industries, in hospitals, monuments, civil construction, etc. Thus, it becomes an important topic to be worked in the classroom, enabling the teacher to address issues such as redox reactions, reduction potential, the reactivity of metals, electron transfer, chemical equations, among others. The concern with the teaching of Chemistry taken as a curricular organization to develop proposals that address social problems that must be present in the reality of the school community, assisting in the construction of scientific concepts, facilitating the development of competencies and skills, and allowing the student develops the ability to interpret, argue and make decisions. In order to seek to attend to the needs pointed out by the BNCC and PCNEM, a didactic sequence was produced, which is an application product for the Chemistry classroom in High School, which includes experimental, expository, and dialogued classes, thus seeking to generate proposals the existing relationships between concepts perceived by an individual and his previous knowledge. In order to be able to meet the objectives, three aspects were taken into account. The first aspect was contextualization, which was related to atmospheric corrosion since the School and its Community are located in an industrialized region. The second aspect is related to the possibility of connecting this topic with other areas of knowledge, such as combustion reactions, the concentration of solutions, air pollution, etc. It is the third and last aspect of the social function that the theme has in the formation of the citizen. For the construction of the material, methodologies were sought that aimed at meaningful and active learning by the students. Thus, the material produced was influenced by some teaching proposals, with emphasis on Teaching by Research and the CTSA approach.

Keywords: *Corrosion, Teaching by Research, CTSA.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>10</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE ABREVEATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS</b> .....	<b>12</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
2.1. O ENSINO DE QUÍMICA .....	17
2.2. CORROSÃO.....	21
2.2.1. Corrosão Atmosférica .....	24
2.2.2. Cobre.....	26
2.2.2.1. <i>Processo de corrosão do Cobre</i> .....	27
2.2.3. Ferro .....	29
2.2.3.1. <i>Processo de corrosão do Ferro em meio neutro ou básico</i> .....	29
2.2.3.2. <i>Processo de corrosão Atmosférica do Ferro</i> .....	30
2.3. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.....	33
2.4. ABORDAGENS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS .....	36
2.4.1. Ensino por Investigação .....	36
2.4.2. Propósito da Educação CTSA .....	37
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>40</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>48</b>
4.1. PRIMEIRO ENCONTRO.....	48
4.2. SEGUNDO ENCONTRO.....	49
4.3. TERCEIRO ENCONTRO .....	50
4.4. QUARTO ENCONTRO .....	51
4.5. QUINTO ENCONTRO .....	51
4.5.1. Análise do Comportamento do Cobre.....	52
4.5.1.1. <i>Primeiro sistema: Cobre imerso em água potável</i> .....	55
4.5.1.2. <i>Segundo Sistema: Cobre imerso em solução aquosa de cloreto de sódio</i> .....	56
4.5.1.3. <i>Terceiro Sistema: Cobre em solução de ácido acético com cloreto de sódio</i> .....	58
4.5.2. Análise do Comportamento do Ferro .....	59
4.5.2.1. <i>Primeiro sistema: Ferro imerso em água potável</i> .....	62
4.5.2.2. <i>Segundo Sistema: Ferro imerso em solução aquosa de cloreto de sódio</i> .....	63
4.5.2.3. <i>Terceiro Sistema: Ferro em solução de ácido acético com cloreto de sódio</i> .....	64
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>66</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>68</b>
<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>73</b>

## LISTA TABELAS

Tabela 1	Concentrações de SO <sub>2</sub> e de NO <sub>2</sub> que determinam a qualidade do ar	p.24
Tabela 2	Classificação da corrosão atmosférica de acordo com a umidade.	p.25
Tabela 3	Organização dos Encontros	p.47
Tabela 4	Imagens coletadas do experimento realizado com fio de cobre no decorrer de 15 dias.	p.53
Tabela 5	Imagens coletadas do experimento realizado com prego de ferro no decorrer de 15 dias.	p.60

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Formas de corrosão.	p.22
Figura 2	Ação das variáveis atmosféricas no desempenho dos materiais metálicos.	p.24
Figura 3	Fases do desenvolvimento das patinas naturais nas ligas de cobre em ambientes urbanos.	p.29
Figura 4	Vídeo: BBC - A batalha de Cubatão contra a poluição atmosférica	p.42
Figura 5	Vídeo: Processos corrosivos presentes no cotidiano.	p.43
Figura 6	Representação para uma nuvem de palavras	p.44
Figura 7	Materiais usados para a preparação do experimento.	p.45
Figura 8	Possíveis sistemas propostos pelos alunos.	p.50
Figura 9 (a)	Fio de cobre imerso em água potável após 15 dias.	p.56
Figura 9 (b)	Fio de cobre após ficar 20 dias imerso em água potável.	p.56
Figura 10	Fio de cobre imerso na solução de NaCl após 15 dias.	p.57
Figura 11	Fio de cobre após 20 dias em solução de cloreto de sódio.	p.57
Figura 12	Fio de cobre imerso na solução de vinagre (ácido acético) com cloreto de sódio após 15 dias.	p.59
Figura 13 (a) e (b)	Prego de ferro imerso na água potável após 15 dias.	p.63
Figura 13 (c)	Imagem do prego após 20 dias imerso na água potável.	p.63
Figura 14 (a) e (b)	Prego de ferro imerso na solução de cloreto de sódio, após 15 dias.	p.64
Figura 14 (c)	Imagem do prego após 20 dias imerso na solução de cloreto de sódio.	p.64
Figura 15 (a)	Prego de ferro imerso em uma solução de vinagre com cloreto de sódio, após 15 dias.	p.65
Figura 15 (b)	Imagem do prego após 20 dias imerso em solução de vinagre com cloreto de sódio.	p.65

## LISTA DE ABREVEATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

PROFQUI	Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.
PIBID	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
EI	Ensino por Investigação.
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.
SARS-CoV-2	Síndrome Respiratória Aguda Severa – <i>Coronavirus Disease</i> 2019.
E°	Potencial Padrão do Eletrodo.
pH	Potencial Hidrogeniônico.
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade.
SEI	Sequências de Ensino Investigativas
PVC	Policloreto de Vinila

## 1. INTRODUÇÃO

O material aqui apresentado foi produzido durante o programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI é uma pós-graduação, *stricto sensu*, direcionada para professores da Educação Básica. O ingresso no programa ocorreu no ano seguinte ao término da minha graduação, vi nele a oportunidade de dar continuidade a minha formação, já que durante a graduação participei do PIBID, programa voltado para a iniciação à docência e que dá ênfase à área da Pesquisa em Ensino, participando assim do desenvolvimento de materiais que possam ser utilizados por professores para auxiliar em suas práticas dentro de sala de aula, hoje atuo como professora de química no Ensino Médio na rede particular de Ensino.

A proposta do trabalho desenvolvido foi a construção de um Produto Educacional, Apêndice A, o qual é composto de uma sequência didática que foi planejada e elaborada para auxiliar no desenvolvimento de competências, habilidades, atitudes e valores que possam ajudar a resolver situações que estejam relacionadas ao cotidiano. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), afirma que no Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza deve-se comprometer:

com a formação dos jovens para o enfrentamento dos desafios da contemporaneidade, na direção da educação integral e da formação cidadã. Os estudantes, com maior vivência e maturidade, têm condições para aprofundar o exercício do pensamento crítico, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema (BRASIL, 2017, p.537).

Os documentos curriculares oficiais e os estudos teóricos da área de pesquisa em educação e ensino de ciências vêm demonstrando anseios, e apontando a necessidade de empregar esforços para que o aprender ciências não se limite apenas à assimilação de conceitos pelos estudantes (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015). De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), o ensino de Química deve facilitar o desenvolvimento de competências e habilidades a partir de problemas contextualizados, permitindo que o aluno desenvolva a capacidade de interpretar e analisar dados, argumentar, tirar conclusões, avaliar e tomar decisões (BRASIL, 2006). Com isso, as propostas são desenvolvidas buscando abordar problemas sociais que estão relacionados ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia, problemas referentes a questões vivenciadas pela sociedade e comunidade escolar, e ainda situações que envolvam o contexto do estudante podendo assim auxiliar na construção dos conceitos científicos em determinada disciplina (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012).

No ensino de Química existe uma preocupação com o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos durante a Educação Básica, pois ainda é comum um ensino “pautado em memorizações de equações e de nomes desprovidos de significado conceitual para o estudante” (VAZ; ASSIS; CODARO, 2011, p. 61). Com isso, o ensino de ciências tem passado por diversas mudanças nos últimos anos, especialmente com relação aos seus objetivos, isso fez com que ocorresse uma reestruturação curricular, na qual vem sendo elaboradas, desenvolvidas e implementadas diferentes metodologias e estratégias para abordar o ensino de ciências de uma forma em que o aluno seja um participante ativo do processo de aprendizagem. Essa reestruturação vem sendo acompanhada pela pesquisa com o objetivo de desenvolver nos estudantes uma visão mais apropriada da ciência (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015; GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012).

Durante o processo de escolha do tema houve a preocupação em ser um assunto que estivesse presente na realidade da sociedade local e assim, construir uma abordagem que atendesse os objetivos propostos pelos documentos curriculares oficiais. Com isso, optou-se por trabalhar corrosão, já que é um fenômeno químico que, também, pode ocorrer de forma espontânea, e isso faz com que esteja presente em nosso cotidiano podendo trazer danos a materiais que influenciam diretamente nosso dia-a-dia, e esses danos acabam exigindo manutenção constante, logo, gera gastos. O fenômeno da corrosão pode ser definido basicamente como uma ocorrência resultante de uma ação química ou eletroquímica de um meio sobre um determinado material (GENTIL, 1996).

Por ser um fenômeno, relativamente, comum torna-se um tema importante para ser trabalhado em sala de aula, possibilitando aos professores a abordagem de diversos conteúdos de Química, tais como reações químicas, oxirredução, cinética química, concentração e eletroquímica. Com isso o Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro (2012, p. 9) propõe que o aluno deva desenvolver a habilidade de: “Prever a espontaneidade ou não de uma reação de óxido-redução a partir de uma série de reatividade; entender o fenômeno da corrosão e de proteção da corrosão a partir da série de reatividade óxido-redução”.

Ao organizar a sequência didática, procurou-se levar em consideração três aspectos: o primeiro foi a contextualização, que foi relacionada à corrosão atmosférica, já que a Escola e sua Comunidade se encontram em uma região industrializada; o segundo aspecto, está relacionado ao tema permitir uma conexão com outras áreas do conhecimento; e o terceiro e último aspecto foi a função social que o tema tem na formação do cidadão.

A sequência didática contempla aulas experimentais, expositivas e dialogadas, buscando assim gerar proposições que mostram as relações existentes entre conceitos

percebidos por um indivíduo e seus conhecimentos prévios. Para a construção do material, buscou-se uma metodologia que tivesse como objetivo uma aprendizagem significativa e ativa por parte dos alunos. Com isso o material foi influenciado por algumas propostas de ensino, destacando-se o Ensino por Investigação (EI) (CARVALHO, 2013; SOLINO, FERRAZ, SASSERON, 2015) e a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Foi elaborado para ser aplicada em uma turma de segundo ano do Ensino Médio, de uma escola da rede particular do estado do Rio de Janeiro, que tem três horas/aula de química por semana. Devido a pandemia causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2)<sup>1</sup>, o material foi adaptado para ser aplicado de forma remota. Porém, o calendário escolar passou por algumas modificações, o que impossibilitou a aplicação completa do produto.

O trabalho desenvolvido teve como objetivo produzir uma sequência didática utilizando características da abordagem CTSA e do Ensino por Investigação, voltada para professores de Química da Educação Básica para que passam trabalhar o conteúdo de corrosão de uma forma contextualizada e significativa. Para alcançar o objetivo geral desenvolveu-se os seguintes objetivos específicos: i) relacionar a reatividade dos metais com os processos de corrosão; ii) abordar o processo de corrosão com a temática poluição atmosférica; iii) construir uma atividade experimental que utiliza materiais de baixo custo e fácil acesso; e iv) utilizar aplicativos para promover uma discussão entre os alunos e assim auxiliar na construção de novos conhecimentos.

Após essa breve apresentação do trabalho virá o capítulo em que foi feita a revisão bibliográfica na qual aborda-se: i) o ensino de química, e como a pesquisa em ensino influencia no desenvolvimento de novas metodologias que auxiliam na aprendizagem do aluno, ii) o fenômeno de corrosão, o que pode causar esse fenômeno e quais as consequências dos meios corrosivos sobre o ferro e o cobre, iii) o uso das atividades experimentais como uma atividade investigativa, e iv) abordagens para o ensino de ciências baseadas no Ensino por Investigação e no movimento CTSA. No capítulo seguinte apresenta-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho e as metodologias que influenciaram a produção e aplicação da sequência didática desenvolvida para o produto dessa dissertação. Em seguida virão os

---

<sup>1</sup> O novo coronavírus, denominado SARS-CoV-2, causador da doença COVID-19 – que provoca infecção respiratória, foi detectado em 31 de dezembro de 2019 em Wuhan, na China. Em 9 de janeiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) confirmou a circulação do novo coronavírus e no dia 30 de janeiro declarou a epidemia uma emergência internacional (PHEIC). Ao final do mês de janeiro, diversos países já haviam confirmado importações de caso, incluindo Estados Unidos, Canadá e Austrália. No Brasil, em 7 de fevereiro, havia 9 casos em investigação, mas sem registros de casos confirmados (LANA et al., 2020). Em 11 de março de 2020, a COVID-19 foi caracterizada pela OMS como uma pandemia, trazendo assim a necessidade do isolamento social para diminuir a propagação do vírus.

resultados e discussão, nos quais discute-se os resultados esperados com aplicação da sequência didática. Para encerrar o trabalho estão as considerações finais sobre o trabalho desenvolvido e, em seguida as referências bibliográficas usadas. No Apêndice A, encontra-se o Produto Educacional para a aplicação da sequência didática, na qual trabalha-se o tema corrosão no ensino médio.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O ENSINO DE QUÍMICA

Durante anos no ensino de química, como no de outras ciências, os conceitos trabalhados em sala de aula, tinham o propósito reduzido a resolução e repetição de exercícios propostos pelo professor. Chassot (2003, p.90) explica que até o início dos anos 90

víamos um ensino centrado quase exclusivamente na necessidade de fazer com que os estudantes adquirissem conhecimentos científicos. Não se escondia o quanto a transmissão (massiva) de conteúdos era o que importava. Um dos índices de eficiência de um professor – ou de um transmissor de conteúdos – era a quantidade de páginas repassadas aos estudantes – os receptores. Era preciso que os alunos se tornassem familiarizados (aqui, familiarizar poderia até significar simplesmente saber de cor) com as teorias, com os conceitos e com os processos científicos.

Esses conhecimentos, pensados como produtos finalizados, eram transmitidos de uma maneira direta e de forma expositiva pelo professor. Os alunos replicavam as experiências e decoravam os conceitos, as leis e as fórmulas transmitidas (CARVALHO, 2013). Essa abordagem tradicional, além de provocar o desinteresse dos alunos pelas disciplinas científicas, também dificulta que os próprios estudantes possam estabelecer a relação entre os conceitos científicos e seu cotidiano.

Nos últimos anos, os objetivos do ensino de ciências têm sofrido diversas modificações, buscando não apenas a abordagem de conceitos científicos como um produto finalizado, mas almejando que o estudante crie uma visão mais apropriada da ciência, compreendendo o trabalho científico, suas práticas e fatores que podem influenciá-los, Carvalho (2013) explica que:

Dois fatores modificaram o processo de transferência do conhecimento de uma geração para a outra. O primeiro deles foi o aumento exponencial do conhecimento produzido – não é mais possível ensinar tudo a todos. Passou-se a privilegiar mais os conhecimentos fundamentais dando atenção ao processo de obtenção desses conhecimentos. Valorizou-se a qualidade do conhecimento a ser ensinado e não mais a quantidade. O segundo fator foram os trabalhos de epistemólogos e psicólogos que demonstraram como os conhecimentos eram construídos tanto em nível individual quanto social (CARVALHO, 2013, p.1).

Atualmente não se deve mais planejar propostas para um ensino de ciências sem considerar os aspectos sociais e pessoais dos estudantes (CHASSOT, 2003), tanto os documentos curriculares oficiais quanto os estudos teóricos da área de pesquisa em educação e ensino de ciências têm mostrado a necessidade de dedicar esforços para que o aprender ciências não se restrinja apenas à assimilação de conceitos pelos estudantes (SOLINO, FERRAZ, SASSERON, 2015). De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

(PCNEM), o ensino de Química deve facilitar o desenvolvimento de competências e habilidades a partir de problemas contextualizados, permitindo que o aluno desenvolva a capacidade de interpretar e analisar dados, argumentar, tirar conclusões, avaliar e tomar decisões (BRASIL, 2006).

O mundo atual exige que o estudante se posicione, julgue e tome decisões, e seja responsabilizado por isso. Essas são capacidades mentais construídas nas interações sociais vivenciadas na escola, em situações complexas que exigem novas formas de participação. Para isso, não servem componentes curriculares desenvolvidos com base em treinamento para respostas padrão. Um projeto pedagógico escolar adequado não é avaliado pelo número de exercícios propostos e resolvidos, mas pela qualidade das situações propostas, em que os estudantes e os professores, em interação, terão de produzir conhecimentos contextualizados (BRASIL, 2006, p.106).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), reconhece que a educação tem como compromisso a formação e o desenvolvimento humano global, relacionado a questões intelectuais, físicas, afetivas, sociais, éticas, morais e simbólicas. Para que esse desenvolvimento ocorra é necessário promover ações, como:

- contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas;
- decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem;
- selecionar e aplicar metodologias e estratégias didático-pedagógicas diversificadas, recorrendo a ritmos diferenciados e a conteúdos complementares, se necessário, para trabalhar com as necessidades de diferentes grupos de alunos, suas famílias e cultura de origem, suas comunidades, seus grupos de socialização etc.;
- conceber e pôr em prática situações e procedimentos para motivar e engajar os alunos nas aprendizagens;
- construir e aplicar procedimentos de avaliação formativa de processo ou de resultado que levem em conta os contextos e as condições de aprendizagem, tomando tais registros como referência para melhorar o desempenho da escola, dos professores e dos alunos;
- selecionar, produzir, aplicar e avaliar recursos didáticos e tecnológicos para apoiar o processo de ensinar e aprender;
- criar e disponibilizar materiais de orientação para os professores, bem como manter processos permanentes de formação docente que possibilitem contínuo aperfeiçoamento dos processos de ensino e aprendizagem;
- manter processos contínuos de aprendizagem sobre gestão pedagógica e curricular para os demais educadores, no âmbito das escolas e sistemas de ensino (BRASIL, 2017, p.16-17).

A partir dos objetivos propostos pelo PCNEM e das decisões apontadas pela BNCC, as propostas são desenvolvidas buscando abordar problemas sociais que estão relacionados ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia, problemas referentes a questões vivenciadas pela sociedade e comunidade escolar, e ainda situações que envolvam o contexto do estudante

podendo assim auxiliar na construção dos conceitos científicos em determinada disciplina (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012).

É importante ressaltar que a ação dos professores de Química deve ter como objetivo alcançar o aluno de forma que ocorra o desenvolvimento para que ele possa exercer consciente sua cidadania, o que inclui a formação do aluno para o trabalho e para o lazer. Nessa mesma linha de pensamento Boursheid e Farias (2014) afirmam que:

A sociedade contemporânea, época das rápidas mudanças tecnológicas, influencia muito a sociedade o que reporta para a necessidade de repensar o contexto educacional e sua ação sobre o ensino. A educação é elemento imprescindível para a formação de um cidadão(ã) que seja crítico, reflexivo, atuante e capacitado para o exercício da cidadania (BOURSCHEID, FARIAS, 2014, p.26).

Santos e Schnetzler (2003) também relatam sobre a importância da informação durante a formação do indivíduo para que ele possa exercer sua cidadania em:

Considerando que cidadania se refere a participação dos indivíduos na sociedade, torna-se evidente que, para o cidadão efetivar a sua participação comunitária, é necessário que ele disponha de informações. Tais informações são aquelas que estão diretamente vinculadas aos problemas sociais que afetam o cidadão, os quais exigem um posicionamento quanto ao encaminhamento de suas soluções (SANTOS, SCHNETZLER, 2003, p.47).

Devido a necessidade de o indivíduo exercer seu papel de cidadão, o ensino médio não pode mais estar restrito a preparação para o ensino superior e nem para a formação profissionalizante, pois na sociedade atual são necessários os conhecimentos específicos das disciplinas científicas do nível médio. Acreditamos que o ensino de ciências é um campo interdisciplinar de estudos, pois possibilita envolver diferentes temas, ao oportunizar reflexão e ação possíveis sobre as dimensões sociais da ciência e da tecnologia (Bazzo, 2011).

Para que o distanciamento entre os conceitos trabalhados no ensino de ciências e os acontecimentos do dia a dia do aluno diminua, é necessário que o ensino ocorra de forma significativa, e assim, ressaltando a função social de cada assunto na realidade dos estudantes. Com isso, os conteúdos ganham um novo significado e favorecem a compreensão da importância de uma sociedade influenciada pelas relações científico-tecnológicas (OLIVEIRA; GUIMARÃES; LORENZETTI, 2016). Com isso, existe a necessidade de uma mudança no ensino de ciências, se fez necessário o desenvolvimento e a aplicação de metodologias em que o aluno passe a ser um agente ativo na construção de novos conhecimentos.

Um conteúdo que, geralmente, é considerado de difícil compreensão pelos alunos é a eletroquímica, pois além de ser trabalhada de forma mecânica, exige o uso da linguagem própria da química, além de trazer conceitos como os de: oxido-redução, transferências de elétrons, corrosão etc (SANJUAN et al., 2009; LIMA, 2004). Porém é um assunto que está presente em

nosso cotidiano e que permite ser trabalhado de forma contextualizado envolvendo temas com aspectos tecnológicos, sociais, econômico e ambientais que irão auxiliar na compreensão e favorecer a formação da cidadania dos alunos (MERÇON, GUIMARÃES, MAINIER, 2011).

## 2.2. CORROSÃO

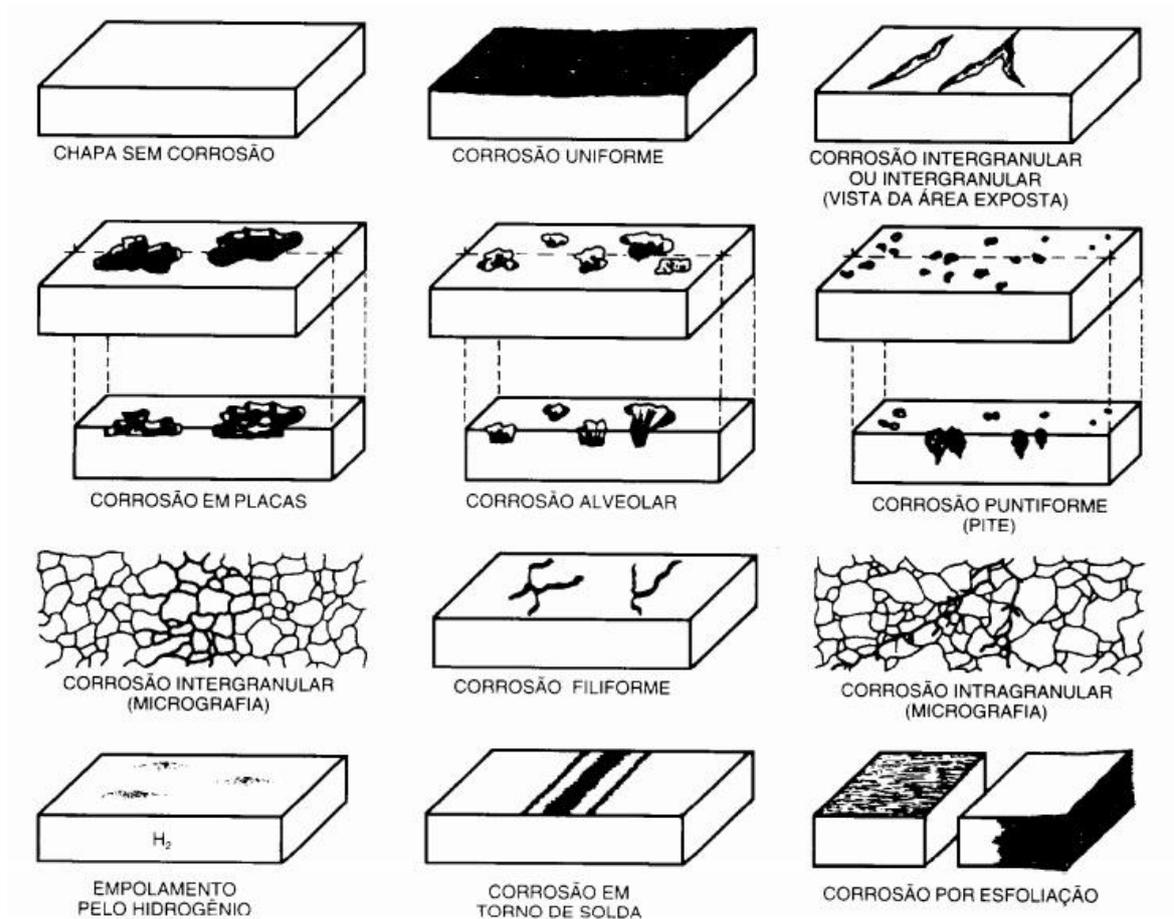
A corrosão é um fenômeno químico espontâneo que está presente em nosso cotidiano, podendo ser definido como uma ocorrência resultante de uma ação química ou eletroquímica de um meio sobre um determinado material. O processo de corrosão pode ser definido por Gentil (1996),

como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. A deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações prejudiciais indesejáveis, sofridas pelo material, tais como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais, tornando-o inadequado para o uso (GENTIL, 1996, p. 1).

Embora a deterioração por corrosão esteja diretamente associada aos metais, ela também ocorre em materiais não metálicos, como cimento, madeira, polímeros, entre outros, devido a ação do meio ambiente.

A corrosão pode acontecer de diferentes formas, podendo ser classificada de acordo com: i) a morfologia; ii) as causas ou mecanismos; iii) fatores mecânicos; iv) o meio corrosivo e a v) localização do ataque. A forma como ocorre a corrosão pode ser (veja na Figura 1): a) uniforme, quando ocorre em toda extensão da superfície; b) por placas, quando a corrosão localiza-se apenas em algumas regiões da superfície metálica; c) alveolar, a corrosão produz sulcos ou escavações semelhantes a alvéolos; d) puntiforme ou por pite, a corrosão se apresenta em pequenas áreas da superfície, formando cavidades que apresentam o fundo em forma angulosa; e) intergranular, a corrosão acontece entre os grãos da rede cristalina do material metálico; f) intragranular, é quando a corrosão ocorre nos grãos da rede cristalina do material metálico; g) filiforme, a corrosão ocorre na forma de finos filamentos, rasos e que se propagam em diferentes direções; h) esfoliação, quando a corrosão se processa de forma paralela a superfície metálica; i) empolamento pelo hidrogênio, o hidrogênio atômico penetra no material metálico se transformando em hidrogênio molecular, exercendo pressão e assim, provocando a formação de bolhas; e j) em tona do cordão de solda, é a corrosão observada em torno do cordão de solda, ocorre em aços inoxidáveis não estabilizados ou com teores maiores que 0,03% de carbono. A caracterização das formas de corrosão, auxilia na escolha de uso de medidas adequadas para a proteção do material metálico (GENTIL, 1996).

**Figura 1:** Formas de corrosão.



Fonte: GENTIL, 1996, p.40.

Como, em geral, a corrosão é um processo espontâneo está regularmente afetando os materiais metálicos, e com isso acaba interferindo na durabilidade e desempenho, fazendo com que os materiais que sofrem corrosão deixem de satisfazer os fins a que se destinam. Os danos provocados pela corrosão são diversificados, já que materiais metálicos estão presentes em diversos locais, como em residência, indústria, hospitais, monumentos, construção civil etc. Assim como Merçon, Guimarães e Mainier (2011) descrevem:

Em nossos lares, a corrosão é responsável pela deterioração de utensílios e eletrodomésticos. Nas indústrias, a corrosão acarreta problemas ligados aos custos de manutenção e substituição de equipamentos, perda de produtos e impactos ambientais decorrentes de vazamentos em tanques e tubulações corroídas, sem contar as vidas humanas postas em risco em acidentes e explosões. Outra consequência da corrosão é a deterioração do mobiliário urbano e de monumentos históricos, que apresentam valor incalculável e são lentamente degradados pela ação de poluentes presentes na atmosfera (MERÇON; GUIMARÃES; MAINIER, 2011, p. 57).

Gentil (1996) também relata sobre as perdas que a corrosão pode causar em algumas atividades,

Os problemas de corrosão são frequentes e ocorrem nas mais variadas atividades, como por exemplo nas indústrias química, petrolífera, petroquímica, naval, de construção civil, automobilística, nos meios de transportes aéreo, ferroviário, metroviário, marítimo, rodoviário e nos meios de comunicação, como sistemas de telecomunicações, na odontologia (restaurações metálicas, aparelhos de prótese), na medicina (ortopedia) e em obras de arte como monumentos e esculturas (GENTIL, 1996, p. 1).

Para evitar o máximo de danos possíveis, é necessário que no momento da escolha do material metálico mais adequado, para ser empregado em determinados equipamentos ou instalações, considere as variáveis que dependem do: i) material metálico, o qual deve ser considerada sua composição química, presença de impurezas, processo de obtenção, tratamentos térmicos e mecânicos, estado da superfície e se irá ter contato com outros metais; ii) meio corrosivo, que é a composição química, concentração, impurezas, pH, teor de oxigênio, pressão, entre outras características; iii) condições operacionais, que é analisar a que tipo de condição mecânica que o material vai ser exposto (GENTIL, 1996).

Porém em alguns casos o processo de corrosão forma uma película na superfície do metal que acaba exercendo a função de protegê-lo, assim como Assis (2000) comenta a seguir:

existem processos corrosivos que são benéficos e de grande importância industrial, como a oxidação de aços inoxidáveis, com formação de película protetora de óxido de cromo,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ; a anodização do alumínio; a fosfatização de superfícies metálicas para melhor aderência de tintas, etc (ASSIS, 2000, p. 3).

A taxa de corrosão pode ser influenciada de acordo com as características químicas e físicas dos produtos formados, pois, se esses produtos forem insolúveis e aderentes será formado uma película passivadora, o que poderá fazer a taxa de corrosão diminuir e, com isso o processo poderá ser até interrompido. Porém, uma grande parte dos produtos de corrosão são solúveis e se formam distantes da interface metal/meio, não formando uma proteção anticorrosiva.

O meio corrosivo é de extrema importância para determinar o tipo de corrosão que pode ocorrer no metal e o produto formado durante esse processo químico. São ambientes corrosivos: a atmosfera, soluções aquosas, solos, ácidos, bases, solventes inorgânicos, sais fundidos, metais líquidos e o corpo humano. A ação de deterioração causada pelos efeitos atmosféricos provoca nos metais uma perda efetiva de material ou produz uma camada de material não-metálico sobre a peça que está em processo corrosivo. Em relação a corrosão atmosférica, Souza et al. (2016, p.14) relata que “dentre os ambientes corrosivos listados, os que atuam mais fortemente na durabilidade dos metais são: a umidade do ar contendo oxigênio dissolvido e a precipitação, sendo que em ambas atuam como fonte de água para a ocorrência

de corrosão”, na Figura 3.2 está representado a ação da umidade do ar e a precipitação sobre o material metálico.

**Figura 2:** Ação das variáveis atmosféricas no desempenho dos materiais metálicos.



Fonte: SOUZA, 2016, p.15.

### 2.2.1. Corrosão Atmosférica

O ar atmosférico encontra-se na camada chamada troposfera, na qual ocorrem os fenômenos climáticos, sua composição é normalmente constante ocorrendo mudança na concentração de vapor de água, que depende da zona geográfica, da região e da época do ano, e na concentração da composição relativa dos gases poluentes do ar. Os gases poluentes frequentemente encontrados são o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), o trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>), o óxido de nitrogênio (NO), o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (VAZ; CODARO; ACCIARI, 2013; GENTIL, 1996).

Os óxidos de enxofre são formados a partir da “combustão de derivados de petróleo, das fabricas de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), de produtos químicos e petroquímicos nos polos industriais e das queimadas florestais” (VAZ; CODARO; ACCIARI, 2013, p. 715). Já os óxidos de nitrogênio são liberados pelos “escapamentos dos veículos automotores, das centrais termoelétricas e das fabricas de ácido nítrico e de fertilizantes” (VAZ; CODARO; ACCIARI, 2013, p. 715). Os óxidos de carbono são normalmente obtidos na combustão completa e incompleta de combustíveis derivados do petróleo (gasolina e óleo diesel), do etanol e da queima do carvão.

A tabela 1 contém os intervalos de concentração de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub> que definem legalmente a qualidade do ar nos padrões nacionais.

**Tabela 1:** Concentrações de SO<sub>2</sub> e de NO<sub>2</sub> que determinam a qualidade do ar.

Qualidade	SO <sub>2</sub> (µg m <sup>-3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg m <sup>-3</sup> )
Boa	0 – 80	0 - 100
Regular	81 – 365	101 - 320
Inadequada	366 – 800	321 - 1130
Má	801 – 1600	1131 - 2260
Péssima	>1600	>2260

Fonte: VAZ; CODARO; ACCIARI, 2013, p. 715.

A presença desses gases no ar atmosférico ocasiona um fenômeno conhecido como chuva ácida, de acordo com Vaz, Codaro e Acciari (2013, p. 716) “em algumas regiões altamente industrializadas da Europa e Estados Unidos o pH da chuva pode chegar a 3,0”, sendo que quando a chuva atinge o pH 5,6 já é considerada uma precipitação ácida. Além disso, a concentração desses gases também influencia na corrosividade da atmosfera. Para alguns materiais metálicos concentrações inferiores a 12 µg m<sup>-3</sup> de SO<sub>2</sub> implicam em uma corrosividade da atmosfera muito baixa, enquanto concentrações superiores a 250 µg m<sup>-3</sup> correspondem a uma corrosividade muito alta (VAZ; CODARO; ACCIARI, 2013).

O processo de corrosão atmosférica é um dos processos mais comuns, já que grande parte das estruturas expostas a atmosfera são metálicas. A ação corrosiva da atmosfera depende principalmente de fatores como: i) umidade relativa, que pode ser expressa pela relação entre o teor de vapor d’água encontrado no ar e o teor máximo que pode existir no mesmo; ii) substâncias poluentes – particulados e gases, são liberadas a partir de atividade antropogênicas podendo assim modificar características do ar atmosférico; iii) temperatura, já que se estiver elevada pode diminuir a quantidade de vapor d’água no ar atmosférico; iv) tempo de permanência do filme de eletrólito na superfície metálica, que é o que possibilita o ataque do tipo eletroquímico (GENTIL, 1996; ASSIS, 2000).

De acordo com Shreir (*apud* GENTIL, 1996, p. 50-51) a corrosão atmosférica pode ser classificada (tabela 3.2) de acordo com o grau de umidade na superfície metálica.

**Tabela 2:** Classificação da corrosão atmosférica de acordo com a umidade.

Classificação da Corrosão Atmosférica	Características
<b>Corrosão atmosférica seca</b>	Ocorre em atmosfera isenta de umidade, sem qualquer presença de filme de eletrólito na superfície metálica, podendo ser considerado um mecanismo químico, como quando ocorre o escurecimento do cobre ou da prata.
<b>Corrosão atmosférica úmida</b>	Ocorre quando a umidade relativa da atmosfera é menor que 100%, tem-se a formação de um fino filme de eletrólito depositado na superfície metálica.
<b>Corrosão atmosférica molhada</b>	Ocorre quando a umidade relativa está próxima de 100%, observa-se que a superfície fica molhada com o eletrólito, como por exemplo, chuva e névoa salina depositadas na superfície metálica.

Fonte: Shreir *apud* GENTIL, 1996, p. 50-51.

A umidade relativa do ar é um dos fatores mais importantes que altera a velocidade da corrosão atmosférica. O metal começa a corroer de forma apreciável e acelerada quando a umidade atinge um valor crítico, que é chamada de umidade crítica (VERNON *apud* GENTIL, 1996; ASSIS, 2000). A umidade crítica e a velocidade de corrosão podem variar de acordo com os produtos de corrosão, ou outros contaminantes sólidos higroscópicos que atuam condensando umidade presente na superfície do metal. “A camada de umidade, presente na superfície do metal, pode ser proveniente de chuva, orvalho, neblina, neve ou devida à adsorção de vapor de água da atmosfera pela superfície metálica” (ASSIS, 2000, p. 5).

De acordo com o material metálico, com o meio corrosivo e os poluentes presentes, os processos corrosivos poderão ser mais rápidos, comprometendo a vida útil do material. Com isso Souza et al. (2016) considera que

fica evidente a importância da análise do local de utilização do material bem como sua adequação aos condicionantes atmosféricos existentes. Existem muitas formas de recuperação de estruturas metálicas, porém são onerosas e necessitam de manutenção constante. Buscas por metodologias preventivas são sustentáveis, pois incrementam a vida útil das edificações e reduzem a necessidade de substituição do material empregado (SOUZA et al., 2016, p.16).

Como existem diferentes tipos de materiais metálicos, e com isso inúmeros comportamentos frente ao processo de corrosão, é necessário um estudo específico para cada caso, relacionando o material metálico e o meio corrosivo. A seguir veremos o comportamento do cobre e do ferro em relação aos processos corrosivos.

### 2.2.2. Cobre

O cobre, elemento de número atômico igual a 29 e massa molar igual  $63,546\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , foi provavelmente um dos primeiros metais a ser descoberto pelo homem, seu emprego possibilitou o progresso das civilizações mais antigas. “Atualmente, ainda é um elemento muito importante no desenvolvimento de novas tecnologias” (RODRIGUES, SILVA, GUERRA, 2012, p.161). Seu nome tem origem latina, *cuprum*, que deriva da palavra *cyprium*, que está relacionada a ilha de Chipre, que foi a principal fonte do metal no mundo antigo (MAAR, 2008 *apud* RODRIGUES, SILVA, GUERRA, 2012).

O cobre é encontrado na natureza, principalmente, nos minerais calcocita, cacopirita e malaquita, estando também na composição da turquesa, que não é um mineral tão abundante. Sua extração é feita por

processos hidrometalúrgicos quanto pirometalúrgicos (uso de altas temperaturas para a obtenção do metal livre). O cobre bruto extraído por métodos pirometalúrgicos precisa ser purificado por eletrólise para poder ser usado nas aplicações elétricas, uma vez que as impurezas diminuem consideravelmente a condutividade do metal (RODRIGUES, SILVA, GUERRA, 2012, p.161).

É um metal dúctil, maleável, de coloração avermelhada, pode apresentar número de oxidação +1 e +2 quando combinado com outros elementos. O cobre é um elemento que apresenta uma vasta aplicabilidade, tem sido muito empregado na obtenção de ligas metálicas desde os tempos antigos, além disso também é empregado na fabricação de moedas e obras de artes (RODRIGUES, SILVA, GUERRA, 2012).

### 2.2.2.1. *Processo de corrosão do Cobre*

Apesar do cobre apresentar uma boa resistência à corrosão, esse processo é muito comum, pois o cobre está presente na composição dos materiais metálicos que formam monumentos históricos ou escultura, coberturas de construções antigas como museus e teatros, também são empregados em instalações elétricas. Fontinha e Salta (2008) explicam que apesar dessa boa resistência

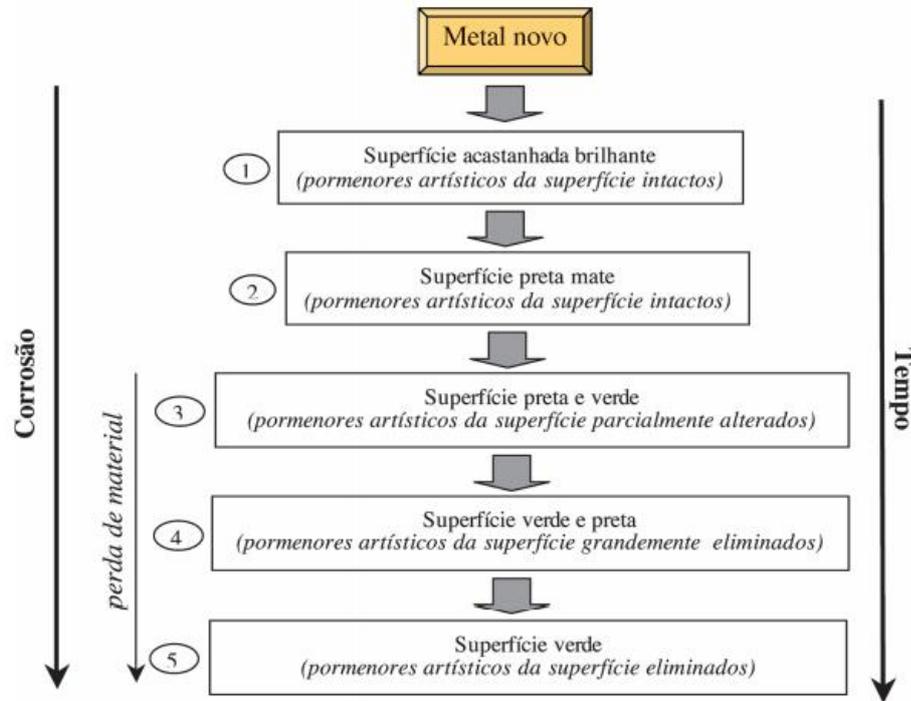
a exposição no exterior de esculturas de liga de cobre, sem adequadas medidas de protecção contra a corrosão, conduz progressivamente à sua degradação, a qual, apesar de ocorrer numa forma lenta e atingir apenas uma camada muito superficial do metal, pode conduzir a significativas alterações de cor, forma e textura das esculturas, produzindo variações essenciais na percepção das suas formas, destruindo progressivamente a expressão artística atribuída pelo seu escultor (FONTINHA, SALTA, 2008, p.87).

Quando os materiais, que apresentam cobre em sua composição, sofrem o ataque por ácido sulfúrico, ocorre a formação de uma camada na superfície do material constituída de sulfato básico de cobre, insolúvel, e de cor esverdeada,  $3\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuSO}_4$  (GENTIL, 1996). Um caso bem conhecido é a corrosão na Estátua da Liberdade, localizada em Nova York, “ocasionada pela atmosfera marinha que provocou a corrosão galvânica entre o revestimento externo de cobre e as partes estruturais de aço carbono” (GENTIL, 1996, p.3).

No trecho a seguir Gentil (1996) explica o desenvolvimento das patinas naturais que ocorrem em ambientes atmosférico. Na Figura 3.3 está esquematizadas o desenvolvimento das patinas naturais formadas na superfície das ligas de cobre.

Quando exposto a atmosfera externa, o cobre e suas ligas formam, inicialmente, óxido de cobre,  $\text{Cu}_2\text{O}$ , cuprita, com coloração castanha, que tem características protetoras, e com o tempo e oxigênio forma-se o  $\text{CuO}$ , de cor preta. Posteriormente, com a presença de umidade e gás carbônico,  $\text{CO}_2$ , aparece a coloração esverdeada devido a formação dos carbonatos básicos (GENTIL, 1996, p.57).

**Figura 3:** Fases do desenvolvimento das patinas naturais nas ligas de cobre em ambientes urbanos.

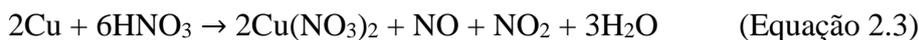


Fonte: FONTINHA, SALTA, 2008, p.88.

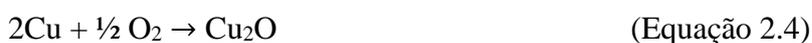
Em atmosferas que podem ter a presença de óxidos de enxofre, pode ocorrer a formação de sulfatos básicos de cor esverdeada, como:  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$  que é conhecida como brochantia, que está representada na equação 2.1 e equação 2.2, ou  $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{Cu}(\text{OH})_2$  chamada de anterita (GENTIL, 1996)



O cobre e suas ligas também podem sofrer corrosão acentuada em soluções amoniacaais e em ácido nítrico, como está demonstrado na equação 2.3.



Porém o cobre só sofre ataques por ácidos não oxidantes, se sua superfície estiver contaminada por oxigênio ou se for usado um agente oxidante, caso um desses fatores ocorra poderá ser observado as reações representadas nas equações 2.4; 2.5; 2.6 e 2.7.



Ou



### 2.2.3. Ferro

Ferro, elemento de número atômico 26 e massa molar  $55,845 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre. É encontrado na forma de óxidos, nos quais apresenta o número de oxidação +2 e +3, sua obtenção é a partir da extração dos minérios de ferro, os quais podem apresentar teores de ferro variados (CARIOCA, 2010).

Duarte (2019) apresenta algumas características relacionadas ao elemento ferro em diferentes condições.

Nas condições fisicoquímicas encontradas na Terra, o ferro apresenta versatilidade, podendo interagir e formar compostos diferentes, participar em processos de mobilidade de íons no meio ambiente, formar sólidos, promover reações de redox, entre outros. Algumas dessas reações têm grande influência na mobilidade de diversas espécies no meio ambiente. Processos naturais, frequentemente mediados por microrganismos, modulam a predominância de  $\text{Fe}^{3+}$  ou  $\text{Fe}^{2+}$  e, assim, favorecem a coprecipitação/adsorção de espécies químicas, como o arsênio, por exemplo, em oxihidróxidos de ferro ou a sua dissolução/dessorção, com consequente mobilização para o meio ambiente. Em sistemas biológicos, o ferro tem papel de suma importância em vários processos bioquímicos, como nas reações enzimáticas, no transporte de oxigênio e de elétrons (DUARTE, 2019, p. 1147).

#### 2.2.3.1. Processo de corrosão do Ferro em meio neutro ou básico

A corrosão do ferro pode ser representada por um mecanismo, no qual, suas reações dependem das características do meio, quando o ferro está em um meio neutro ou básico, ele sofre oxidação e a água sofre redução como está representado nas equações 2.8 e 2.9 (MERÇON; GUIMARÃES; MAINIER, 2011; GENTIL, 1996).

Reação anódica:



Reação catódica:



Os íons reagem formando hidróxido ferroso, como está representado na equação 2.10.



Quando o processo ocorre em um meio com baixa concentração de oxigênio, equação 2.11, tem-se:



a magnetita,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , tem a coloração esverdeada em meio hidratado e preta em meio anidro. Porém quando ocorre em meios no qual a concentração de oxigênio é elevada, ocorre o processo de acordo com as equações 2.12 e 2.13.



O óxido férrico monohidratado,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , composto que apresenta coloração castanho-avermelhada.

#### 2.2.3.2. *Processo de corrosão Atmosférica do Ferro*

O produto da corrosão atmosférica vai depender dos gases poluentes existentes no ar, levando em consideração que os óxidos de enxofre são os mais frequentes e os principais responsáveis pela corrosão do ferro e suas ligas, procura-se explicar a origem do mesmo e o mecanismo de sua ação corrosiva (GENTIL, 1996, p. 54).

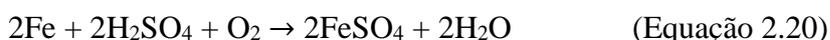
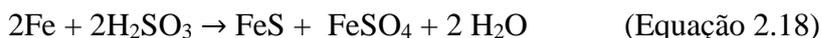
O  $\text{SO}_2$  proveniente da combustão lançado na atmosfera pode ser parcialmente oxidado a  $\text{SO}_3$  como está representado na equação 2.14



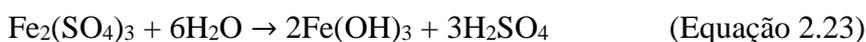
podendo ser catalisada por metais, óxidos metálicos ou por ação fotoquímica. Os óxidos formados reagem com a umidade atmosférica, formando ácido sulfuroso e sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), equações 2.15, 2.16 e 2.17.



A ação corrosiva dos óxidos de enxofre em relação ao ferro está representada nas equações 2.18, 2.19, 2.20 e 2.21:



o sulfato ferroso,  $\text{FeSO}_4$ , e o sulfato férrico,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , podem reagir com a água e sofrer uma hidrólise, na qual será novamente formado o ácido sulfúrico, que torna a atacar o ferro justificando a ação corrosiva acelerada em atmosfera industriais, como pode ser visto nas equações 2.22 e 2.23.



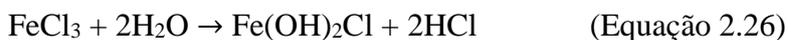
Posteriormente, o hidróxido férrico,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , perde água transformando-se no óxido férrico monohidratado,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , equação 2.24.



No caso de atmosferas marinhas, o cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) é o poluente encontrado em maior concentração, originando assim um processo corrosivo acentuado. O produto de corrosão do ferro vai conter também cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ), que é muito solúvel em meio aquoso e corrosivo. Na hidrólise do cloreto férrico ocorre a formação do ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ )



pode-se encontrar também no produto da corrosão, o cloreto básico de ferro,  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl}$ , que é um sal insolúvel em meio aquoso.



A ferrugem produzida a partir da corrosão atmosférica pode apresentar composições diferentes, já que depende da composição da atmosfera e da composição do material metálico.

### 2.3. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Ao longo dos anos o uso de experimentos durante as aulas de ciências vem sendo discutido, já que em muitas escolas não existe uma estrutura física, com espaço e materiais adequados, e quando trabalhado ocorre de forma expositiva tentando retratar na prática a teoria aplicada em sala de aula. Porém, é uma excelente ferramenta pedagógica que pode auxiliar no desenvolvimento da capacidade de reflexão e análise de problemas reais do nosso cotidiano, e assim o aluno irá atuar como um cidadão crítico e reflexivo (REGINALDO, SHEID, GÜLLICH, 2012).

As atividades experimentais foram inseridas nas escolas influenciadas pelos trabalhos experimentais que eram desenvolvidos nas universidades, e tinham como objetivo pôr em prática a teoria trabalhada, essa visão em relação as atividades experimentais perpetuam até os dias atuais (GALIAZZI et al., 2001). Com isso, o uso de experimentos durante as aulas de ciências vem sendo criticado, já que em muitas das vezes é empregado com objetivos como: demonstrar e confirmar fatos apresentados nos livros-texto, estimular a participação dos alunos nas aulas de ciências, formar novos cientistas e desenvolver habilidades de observação e manipulativas, algumas críticas a esse contexto são abordadas por Galiazzi et al. (2001).

Uma dessas críticas, com a qual concordamos, é com relação à ênfase em formar cientistas. Um percentual pequeno dos estudantes segue carreiras científicas, portanto não se justifica fazer atividades experimentais para formar cientistas. Talvez nesse sentido alguns objetivos possam ser justificados como, por exemplo, desenvolver a observação, aprender a registrar dados. Não temos certeza, entretanto, se essas são as aprendizagens mais importantes para formar um cidadão. Discordamos também da ênfase dada ao desenvolvimento de habilidades manipulativas. Não consideramos necessário, na educação básica, aprender a pesar considerando os algarismos significativos, a ler corretamente o volume em uma bureta, a pipetar usando o dedo indicador (GALIAZZI et al. 2001, p. 254).

Um outro fator que pode fazer com que uma atividade experimental seja apenas um reforço da teoria é a ausência de planejamento para que as práticas permitam aos alunos vivenciarem alguma situação de investigação, e assim não conseguem aprender como ocorre a construção do conhecimento químico (BELTRAN, CISCATO, 1991). Para que uma atividade experimental traga uma característica investigativa, é necessário que o professor preocupe-se com a forma em que trabalha o momento com os alunos, Ferreira, Hartwig e Oliveira explicam que,

Para que isso ocorra, é necessário conduzir as aulas de laboratório de maneira oposta às tradicionais. Isso significa que o professor deve considerar a importância de colocar os alunos frente a situações-problema adequadas, propiciando a construção do próprio conhecimento. No entanto, para que tais situações-problema possam ser criadas, é

fundamental que se considere a necessidade de envolvimento dos alunos com um problema (preferencialmente real) e contextualizado (FERREIRA, HARTWIG, OLIVEIRA, 2010, p. 101).

Sendo assim, cabe ao professor a responsabilidade do processo de planejar e elaborar os registros relativos à atividade experimental proposta, e assim buscar a incorporação de tecnologias, estimulando a investigação científica e mostrando a importância da discussão das hipóteses construídas durante a realização da atividade (REGINALDO; SHEID; GÜLLICH, 2012).

A experimentação, no ensino de ciências, pode ser uma estratégia para a simulação de problemas reais que possibilitem a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação. Segundo Silva e Zanon (2000 *apud* SILVA; MACHADO, 2008):

a aula experimental pode ser considerada uma estratégia pedagógica dinâmica, que tem a função de gerar problematizações, discussões, questionamentos e buscas de respostas e explicações para os fenômenos observados, possibilitando a evolução do aspecto fenomenológico (macroscópico) observado para o teórico (microscópico), e chegando, por consequência, ao representacional (MACHADO e SILVA, 2008, pag. 235-236).

Para Hofstein e Lunetta (2003 *apud* FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010, pag.102), “a abordagem investigativa implica em, entre outros aspectos, planejar investigações, usar montagens experimentais para coletar dados seguidos da respectiva interpretação e análise, além de comunicar os resultados.” Pois, assim, os alunos deixam de ser agentes passivos na construção de seus conhecimentos, e passam a relacionar, definir, propor, debater, relatar etc., sobre o tema proposto, ao contrário do que ocorre numa abordagem tradicional. Para Pereira: “para que a atividade experimental possa ser considerada uma atividade investigativa, o aluno não deve ter uma ação limitada à simples observação ou manipulação de materiais, mas, sobretudo, deve conter características de um trabalho científico”(PEREIRA, p. 5) .

Para que haja um processo interativo e dinâmico que caracteriza uma prática experimental de ciências, é importante a mediação do professor, problematizando e contextualizando o experimento, para que possa proporcionar uma discussão teórico-prática utilizando os saberes cotidianos dos alunos. Borges (2002 *apud* FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010, pag.102) “alerta para o fato de que o progresso no desempenho dos alunos, a autonomia e outras habilidades desenvolvidas por meio das atividades investigativas não são imediatos.” Sendo assim, as atividades investigativas devem ser trabalhadas aos poucos e inserida no cotidiano do estudante com tarefas mais simples, para que ele possa desenvolver gradativamente a capacidade de investigar e levantar hipóteses para os problemas apresentados.

Para Gil-Pérez e Castro (1996), existem alguns aspectos importantes que podem ser explorados em uma atividade experimental investigativa, são eles:

1. Apresentar situações problemáticas abertas;
2. Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;
3. Potencializar análises qualitativas, significativas, que ajudem a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
4. Considerar a elaboração de hipóteses como atividade central de investigação científica, sendo este processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as percepções dos estudantes;
5. Considerar as análises, com atenção para os resultados (sua interpretação física, confiabilidade etc.), a partir dos conhecimentos disponíveis, das hipóteses elaboradas e dos resultados dos outros investigadores;
6. Considerar as possíveis perspectivas e contemplar, em particular, as implicações CTS do estudo realizado;
- 7- Solicitar um esforço de integração que considere a contribuição do estudo realizado para a construção de um corpo de conhecimento coerente, bem como as possíveis implicações em outras áreas do conhecimento;
8. Conceder uma importância especial a elaboração de memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;
9. Ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por intermédio de grupos de trabalho, que interajam entre si (GIL-PÉREZ, 1996, p.155).

Com isso, ao organizar uma aula experimental é necessário colocar o aluno diante de uma situação problema, o qual deve ser direcionado a sua resolução, pois assim, contribuirá para:

o aluno raciocinar logicamente sobre a situação e apresentar argumentos na tentativa de analisar os dados e apresentar uma conclusão plausível. Se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele possivelmente será capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo sobre os fenômenos estudados e os conceitos que os explicam, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico (SUART, MRCONDES, 2009, p. 51).

Sendo assim, pode-se perceber que para a ocorrência de uma aprendizagem investigativa, pode ser utilizadas práticas experimentais como o problema central a ser resolvido, desde que sejam planejadas de forma que possa relacionar a ciência com acontecimentos do cotidiano do aluno, despertando questionamentos, discussões para que o aluno pense e desenvolva um raciocínio lógico e crítico, tornando-o a peça principal para a construção do próprio conhecimento.

## 2.4. ABORDAGENS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

### 2.4.1 Ensino por Investigação

O ensino por investigação pode ser considerado uma abordagem didática, pois “não está diretamente associado a uma estratégia metodológica específica de ensino, mas configura-se como formas de agir e interagir que o professor utiliza em sala de aula para suscitar e desenvolver a abordagem de temas com seus estudantes” (SOLINO, FERRAZ, SASSERON, 2015, p. 3). Para Sasseron (2013),

Uma investigação científica pode ocorrer de maneiras distintas e certamente o modo como ocorre está ligado às condições disponibilizadas e às especificidades do que se investiga, mas é possível dizer que toda investigação científica envolve um problema, o trabalho com dados, informações e conhecimentos já existentes, o levantamento e o teste de hipóteses, o reconhecimento de variáveis e o controle das mesmas, o estabelecimento de relações entre informações e a construção de uma explicação (SASSERON, 2013, p.2).

Ao levar a investigação para a sala de aula, as etapas citadas por Sasseron (2013) podem ser seguidas sendo utilizadas em qualquer atividade desenvolvida com os alunos, não estando condicionada a acontecer somente em atividades experimentais, muitas vezes uma simples pergunta pode trazer a situação problematizadora. Em uma abordagem investigativa, o aluno é colocado no centro do processo de ensino e aprendizagem, participando dos processos de construção do seu entendimento em relação aos conteúdos curriculares, pois “abrem precedentes para que os alunos construam conclusões sobre o problema proposto e, por consequência, elaborem explicações e entendimento sobre a situação ou fenômeno investigado” (SOLINO, FERRAZ, SASSERON, 2015, p. 4).

Azevedo (2004 *apud* LEITE, RODRIGUES, MAGALHÃES JÚNIOR, 2015) também destaca a importância no desenvolvimento do aluno quando é utilizadas atividades investigativas, ao citar que:

Utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações (AZEVEDO, 2004 *apud* LEITE, RODRIGUES, MAGALHÃES JÚNIOR, 2015, p.44).

Pozo (1998), afirma que “no ensino por investigação, os alunos são colocados em situação de realizar pequenas pesquisas, combinando simultaneamente conteúdos conceituais,

procedimentais e atitudinais” (Pozo, 1998 apud FERREIRA, HARTWIG, OLIVEIRA, 2009, p.101). A partir da investigação, o professor transforma o cenário da aprendizagem de forma a capacitar os alunos a desenvolverem suas próprias capacidades, e assim, ocorra a elaboração de hipóteses e explicações. Ainda analisando a postura do professor, Carvalho (2013, p. 2) defende que, “ao fazer uma questão, ao propor um problema, o professor passa a tarefa de raciocinar para o aluno e sua ação não é mais expor, mas de orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento”.

Uma metodologia que utiliza o Ensino por Investigação são as Sequências de Ensino Investigativas (SEI), proposta por Ana Maria Pessoa de Carvalho. As SEI são organizadas da seguinte forma: i) problema, esse momento é onde exposto o desafio para o aluno, o problema pode ser ou não experimental, pode ser uma demonstração investigativa realizada pelo professor; ii) análise do problema, discussão e levantamento de hipóteses; iii) sistematização do conhecimento; iv) atividade de avaliação e/ou aplicação (CARVALHO, 2013).

É importante ressaltar que o ensino por investigação pode ser utilizado em diferentes momentos do processo de ensino e aprendizagem independente da metodologia escolhida, pois auxilia no desenvolvimento do aluno, já que promove a autonomia na busca por soluções a partir de reflexões sobre conhecimentos já existentes. Formar um aluno consciente do seu papel de cidadão na sociedade e instigá-lo a levantar questionamentos com relação aos problemas socioambientais que os cercam, ao ponto de desenvolver no mesmo um interesse que o façam mudar de atitude ou desempenhar alguma ação que melhore o meio em que vive, também faz parte de um ensino de qualidade. Estas ações também estão presentes na abordagem de ensino com enfoque CTSA.

#### 2.4.2. Propósitos da Educação CTSA

A sociedade vem passando por rápidas mudanças devido aos avanços tecnológicos, exigindo assim um desenvolvimento humano e social e com isso, o papel da educação na formação do cidadão é enfatizado para que possibilite a execução de suas decisões, ações e compreensão sobre as tecnologias, e desta maneira, desempenhar sua cidadania (SILVA; SOUZA, 2019). Com isso, o ensino de ciências vem se tornando cada vez mais necessário, assim como Vianna *et al.* (2012) relata em:

Na sociedade contemporânea, é cada vez mais importante que os estudantes se apropriem da linguagem da ciência e da tecnologia e se expressem corretamente sobre esses campos do conhecimento, a fim de que possam participar de forma articulada em discussões acerca de temas atuais em ciência-tecnologia, preparando-se plenamente para o exercício da cidadania (VIANNA *et al.*, 2012, p.9).

Diante da necessidade de aprofundar os estudos em ciência e tecnologia, e assim aumentando o questionamento em relação a unilateralidade tecnocrática, o movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) surgiu cobrando maior participação da sociedade no desenvolvimento das atividades científico-tecnológicas (MONTEIRO et al., 2012).

De acordo com Silva e Souza, (2019, pag. 922) “em meados das décadas de 1960 e 1970, o enfoque CTS objetivava a transformação social através da preparação dos cidadãos, por meio da difusão do conhecimento científico, para as tomadas de decisões em questões públicas.” Sendo assim, a educação em ciências passa a prestar atenção na formação de uma população que possua conhecimento e compreensão suficientes para entender e participar de debates científicos, trazendo deste modo o CTS para um enfoque educacional com objetivo da alfabetização científica e tecnológica. Bemfeito (2008) destaca que:

A opção por um ensino com ênfase CTS, implica, por parte de educadores, em uma prática pedagógica que permite um encaminhamento de maior apelo para a maioria dos estudantes, mesmo entre aqueles que não apresentam muita afinidade com as questões científicas (BEMFEITO, 2008, p. 9).

O movimento CTS ao estimular as discussões sobre as questões tecnológicas e científicas, acabou favorecendo um pensamento relacionado ao agravamento dos problemas ambientais provocados pelas atividades humanas, sendo assim, foi incorporado a proposta inicial uma reflexão ambiental que passou a ser chamada de CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) (SILVA; SOUZA, 2019). O movimento CTSA vem de uma emergência planetária, trazendo as problemáticas das questões ambientais, de modo a dar ênfase a necessidade de uma qualidade de vida, mostrando que a ciência e a tecnologia devem ser base para um futuro sustentável.

Na educação, o movimento CTSA procura abranger o contexto social da Ciência e da Tecnologia relacionado aos fatores de natureza social, política ou econômica e como podem influenciar na mudança científico-tecnológica. É uma proposta de educação científica voltada para a cidadania, na qual promove a responsabilidade social, ambiental e cultural, de forma ética e crítica. Para Fernandes, Pires e Delgado-Iglesias,

A grande finalidade da educação em Ciências numa perspectiva CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente) é dar a Ciência uma visão integrada, relacionando-a com a Tecnologia e evidenciando os impactos que esta/s tem na Sociedade e no Ambiente, bem como a influência que a Sociedade/Ambiente tem no desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia (FERNANDES; PIRES; DELGADO-IGLESIAS, 2018, pag. 876).

O uso de temas CTSA vinculados a conteúdos científicos permite debates em sala de aula e, com isso, surge a oportunidade de abordar questões sócio científicas que apresentam

grande importância no desenvolvimento de uma educação crítica e questionadora (SILVA; SOUZA, 2019). A abordagem CTSA para Fernandes, Pires e Delgado-Iglesias,

Trata-se de uma perspectiva de ensino capaz de promover o pensamento crítico e a indagação e a argumentação científica, bem como a capacidade de raciocínio e de resolução de problemas, em suma, a literacia científica dos alunos. Trata-se de possibilitar aos alunos uma educação em ciências mais contextualizada e capaz de os dotar de competências para agir e interagir com o meio que os rodeia, bem como para tomarem decisões informadas e conscientes necessárias à resolução de problemas do quotidiano, isto é, permite formar os alunos em futuros cidadãos capazes de tomarem decisões informadas científica e tecnologicamente acerca de questões (pessoais, profissionais e sociais) que podem influenciar ou condicionar o seu modo de vida e que são necessárias para agir de forma democrática e responsável, e de compreender os desafios sociais da Ciência e das interações recíprocas que tem com a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente (FERNANDES; PIRES; DELGADO-IGLESIAS, 2018, pag. 877).

Os materiais didáticos que são embasados nas propostas defendidas pelo movimento CTSA, devem trazer para os estudantes conhecimentos que os levam participar de forma ativa na sociedade moderna, buscando alternativas para a aplicação da ciência e tecnologia, com uma visão do bem-estar social. Para que a educação CTSA ocorra de forma significativa, é necessário que os alunos tenham um ensino com uma orientação clara e contextualizada, permitindo uma visão integrada da natureza, da Ciência e da Tecnologia e de suas relações com a Sociedade e o Ambiente.

Ao elaborar uma sequência didática dentro da abordagem CTSA o material pode ser organizado da seguinte maneira: i) introduzir uma questão social ambiental; ii) relacionar a questão social a uma tecnologia; iii) trabalhar o conteúdo científico; iv) relacionar a tecnologia com o conteúdo científico; v) retomar a questão social (TEIXEIRA, 2003). É importante que a questão social esteja presente na realidade do aluno, para que ele consiga perceber uma aplicação do conteúdo científico trabalhado em aula.

Pode-se perceber que o ensino de ciências influenciado pelas perspectivas da educação CTSA, opõe-se ao ensino tradicional permitindo adequar os conteúdos programáticos a uma nova compreensão da ciência, menos dogmática e menos neutra, tendo como objetivo a formação de um indivíduo crítico e ativo nas questões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais (BOURSCHEID; FARIAS, 2014).

No Ensino de Química a abordagem CTSA ajuda a superar o distanciamento e a abstração conceitual, pois permite abordar alguns conteúdos específicos da disciplina atrelados a um contexto de aplicação, enfatizando a função social de cada assunto e assim, trazendo o tema para a realidade do aluno (OLIVEIRA, GUIMARÃES, LORENZETTI, 2016).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho se assemelha a uma pesquisa-ação, usando uma abordagem qualitativa com aspectos exploratórios, descritivos e explicativos. Para Koerich et al. (2009),

A pesquisa-ação visa fornecer aos pesquisadores e grupos sociais os meios de se tornarem capazes de responder com maior eficiência aos problemas da situação em que vivem, em particular sob a forma de estratégias de ação transformadora e, ainda, facilitar a busca de soluções face aos problemas para os quais os procedimentos convencionais têm contribuído pouco (KOERICH et al., p.718, 2009).

Na metodologia pesquisa-ação busca-se soluções para os problemas, a fim de possibilitar uma maior interação entre a teoria e a prática. Na área da educação, a pesquisa-ação é influenciada pelos trabalhos desenvolvidos por Stephen Corey, na década de 1950, o qual procurava incorporar à prática educacional resultados obtidos por meio de pesquisa (TOLEDO, JACOBI, 2013).

Thiollent e Colette afirmam que,

No processo de educação associado a essa proposta metodológica, a relação entre pesquisa (fase de investigação) e a ação educacional pode ser de tipo sequencial. Primeiro, os grupos pesquisam o contexto de atuação, os atores, suas identidades, necessidades e expectativas. Com base nesse levantamento, estabelece-se a programação de uma ação educacional (THIOLLENT, COLETTE, p.211, 2014).

Como o ensino de química ainda gera um grande desconforto para os alunos, pois quando trabalhado de forma tradicional é uma ciência abstrata, complexa e que exige a memorização de fórmulas, propriedades, nomenclaturas e equações químicas (SILVA, 2011; ROCHA, VASCONCELOS, 2016). Com o uso da metodologia pesquisa-ação foi possível identificar as dificuldades com a aprendizagem de alguns conteúdos da química e, propor uma ação que possa auxiliar no processo de ensino-aprendizagem buscando desenvolver habilidades e promover situações de interação entre professores, alunos e membros do meio social. As ações propostas para solucionar os problemas encontrados não puderam ser aplicados devido a pandemia provocada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2).

Pensando em buscar um tema que apresenta essas dificuldades, optou-se por trabalhar corrosão, conteúdo abordado durante o Ensino Médio dentro da eletroquímica, que “é um conteúdo considerado de difícil compreensão por parte dos alunos, tendo sido apontadas dificuldades conceituais com relação a noções como: oxidação, redução, corrente elétrica em soluções, representação de reações de óxido-redução e potencial de redução” (SANJUAN et al., 2009, p.191).

Como a corrosão “é um processo resultante da ação do meio sobre um determinado material, causando sua deterioração” (MERÇON, GUIMARÃES, MAINIER, 2004, p. 11), e como também pode ocorrer de forma espontânea acaba provocando danos a diferentes objetos que estão presentes em nosso cotidiano, esses danos gera transtornos e gastos inesperados (MERÇON, GUIMARÃES, MAINIER, 2004). O processo de corrosão apesar de ocorrer em diferentes tipos de material, é mais comum em materiais metálicos, e pode ser intensificado de acordo com o ambiente ao que o material é exposto, assim como Bidetti et al. (2011, apud FERNANDES, 2018) defende em:

Esses metais oxidam com mais facilidade em ambientes agressivos como em áreas urbanas e industriais onde a poluição é maior devido as indústrias e a queima feita pelos automóveis movidos a algum tipo de combustível petroquímico. Facilmente encontramos na atmosfera, em quantidades alarmantes, gases como  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$  que, quando em contato com a umidade do ar, formam soluções ácidas capazes de aumentar a agressividade ambiente para o metal (BIDETTI et al., 2011 apud FERNANDES, 2018, p. 10).

Sendo assim construiu-se uma sequência didática para trabalhar o tema corrosão, e como a região onde deveria ser aplicado o material desenvolvido, a partir dessa pesquisa, é uma região industrializada e que apresenta uma grande frota de veículos automotivos, optou-se por trabalhar a temática corrosão atmosférica.

Para a organização da sequência didática optou-se por utilizar características de metodologias que trouxessem o aluno para o centro da construção do seu conhecimento e, com isso, buscou-se características da abordagem CTSA e do Ensino por Investigação para influenciar a elaboração da mesma. O material foi planejado para que possa ser aplicado em turmas de Ensino Médio, podendo ser adaptado de acordo com o currículo mínimo local. Devido a pandemia causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2) o material foi adaptado para ser aplicado de forma remota, mas por uma decisão do colegiado e do Programa de pós-graduação não foi obrigado a aplicação do Produto Educacional.

O material apresentado a seguir foi planejado para ser aplicado em uma turma do segundo ano do Ensino Médio de uma escola partícula do estado do Rio de Janeiro, que tem três horas/aula de química por semana, onde cada hora/aula tem a duração de cinquenta minutos. As aulas são divididas em dois dias, um dia com duas horas/aula e um dia com uma hora/aula. Para que o tema pudesse ser trabalhado de forma contextualizado e assim promover uma aprendizagem significativa, a sequência didática foi dividida em cinco encontros. Na Tabela 3 encontra-se um resumo dos cinco encontros propostos.

### 1º Encontro:

O primeiro encontro foi planejado para ter a duração de duas horas/aula (1h e 40min), nesse momento ocorrerá a problematização referente a poluição atmosférica e aos danos ocasionados pela corrosão em diferentes objetos. Esse momento foi dividido em três etapas. Na primeira etapa, propôs-se a utilização de vídeos e/ou imagens que ilustrem os problemas ambientais e as consequências que pode causar aos materiais metálicos. Na segunda etapa, sugere-se a utilização de uma ferramenta digital para que os alunos possam expor conceitos relacionados com os vídeos assistidos na primeira etapa. Na terceira e última etapa é o momento da organização dos conceitos que podem ter surgido a partir da segunda etapa.

#### *1ª etapa:*

Apresentou-se aos alunos vídeos e/ou imagens para ilustrar problemas relacionados à poluição atmosférica e os danos que os objetos metálicos podem sofrer ao longo do tempo.

- Primeiro vídeo: uma reportagem que fala sobre o problema que uma cidade pode enfrentar devido ao grande índice de poluição atmosférica.

Vídeo: BBC - A batalha de Cubatão contra a poluição atmosférica

Encontrado no link: <https://www.youtube.com/watch?v=LvkkMjB0-AM>

**Figura 4:** Vídeo: BBC - A batalha de Cubatão contra a poluição atmosférica



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=LvkkMjB0-AM>

- Segundo vídeo: utilizou-se uma montagem de imagens, produzida pelo autor, de monumentos, carros, objetos metálicos entre outros que mostram o efeito da corrosão ao passar do tempo.

Montagem das imagens

Encontrado no link: <https://youtu.be/zL15EJcpffA>

**Figura 5:** Vídeo: Processos corrosivos presentes no cotidiano.



Fonte: <https://youtu.be/zL15EJcpffA>

*2ª etapa:*

Com o intuito de fazer os alunos participarem da atividade e, assim trabalhar com conhecimentos já existentes, fez-se a seguinte pergunta: *Diga, com uma ou duas palavras, a relação que existe entre os problemas abordados nos vídeos.* Mas para que eles respondessem utilizou-se um aplicativo que organiza as palavras citadas em uma Nuvem de Palavras, Figura 6, que é uma ferramenta na qual as palavras são agrupadas de maneira a evidenciar as mais mencionadas pelos alunos.

Para a construção da nuvem de palavras, utilizou-se o aplicativo Mentimeter (<https://www.mentimeter.com/app>), no qual o professor cria um link e envia para os alunos. Pelo aplicativo é possível acompanhar a formação da nuvem de palavras, após os alunos responderem é possível fazer download da imagem gerada a partir da atividade.

**Figura 6:** Representação para uma nuvem de palavras



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3ª etapa:

Nesse momento promove-se uma discussão entre os alunos, onde o professor tem o papel de mediador, fazendo ligação das palavras citadas na Nuvem de Palavras com os conceitos que fazem parte do conteúdo, como: corrosão, reações de oxirredução, formação da chuva ácida e reatividade dos metais. É importante que, nesse momento, o professor mostre aos alunos como utilizar as ferramentas de busca em sites que fornecerão materiais com referências confiáveis. Abaixo estão alguns sites que podem ser utilizados pelos alunos, que resultará em uma pesquisa confiável.

- <https://scielo.org/pt>
- <https://www.periodicos.capes.gov.br/>
- <https://www5.usp.br/keywords-s/periodicos/>
- <https://revistas.ufrj.br/>

### 2º Encontro:

O segundo encontro foi proposto para ser aplicado em uma hora/aula (50min), o qual foi destinado para a atividade experimental, que pode ser feito em grupos ou individual, dependendo do tempo e espaço que o professor dispõe. Como a contextualização do tema é a corrosão atmosférica, procurou-se elaborar um experimento que remetesse os meios corrosivos produzidos por diferentes atmosferas. A atividade experimental deve ser conduzida de forma investigativa, para que ela possa desenvolver uma reflexão e construção de hipótese a partir da observação e coleta de dados.

O uso da experimentação investigativa antecede à discussão conceitual, pois “visa obter informações que subsidiem a discussão, a reflexão, as ponderações e as explicações, de forma que o aluno compreenda não só os conceitos, mas a diferente forma de pensar e falar sobre o mundo por meio da ciência” (FRANCISCO; FERREIRA; HARTWING, 2008, p.34).

Para que a atividade pudesse ser aplicada de forma presencial ou remota teve-se a preocupação com a escolha dos materiais que seriam utilizados, para isso foram feitos alguns testes com materiais e reagentes que pudessem ser manuseados pelos alunos de forma autônoma. Com isso, teve a preocupação de escolher materiais que não trouxessem risco e que fossem de baixo custo, os materiais utilizados no experimento foram: i) medidor de volume culinário de plásticos; ii) copo de vidro liso; iii) uma colher de sopa; iv) três pregos de ferro; v) três pedaços de fio de cobre; vi) uma caneta permanente; vii) plástico filme PVC, todos esses materiais estão exibidos na Figura 7.

**Figura 7:** Materiais usados para a preparação do experimento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para produzir diferentes meios atmosféricos disponibilizou-se diferentes soluções: i) água potável; ii) solução aquosa saturada de cloreto de sódio; e iii) solução de vinagre (aproximadamente 4% de ácido acético) e cloreto de sódio. O Apêndice A, deste trabalho, contém o roteiro utilizado para a produção das soluções.

Para caracterizar a atividade experimental como uma atividade investigativa, utilizou-se questionamentos para orientar os alunos na montagem dos sistemas a partir dos materiais citados acima. Utilizou-se os seguintes questionamentos:

- a) *O ferro e o cobre irão sofrer o mesmo tipo de corrosão em um determinado meio?*

*b) Como será que o processo de corrosão do ferro e do cobre em meio neutro e meio ácido? Será que se comportam do mesmo modo? E em meio Salino?*

Além de conduzir os questionamentos, o professor deve auxiliar na montagem dos sistemas reacionais, explicando que o processo de corrosão pode ser um processo lento, e com isso é necessário que se observe diariamente, durante um período de quinze dias, anotando todas as mudanças observadas, fazendo registros com fotografias.

### 3º Encontro:

O terceiro encontro foi programado para ser no dia em que a turma tem duas horas/aula (1h e 40min), pois nesse momento o professor irá trabalhar os conceitos que fazem parte do conteúdo programático, i) potencial de redução; ii) semirreações de redução; iii) reatividade dos metais; iv) corrosão; e v) metais de sacrifício. Como será o primeiro contato do professor com a turma após a montagem da atividade experimental, é importante reservar os 20 primeiros minutos da aula para conversar com os alunos sobre o que eles já observaram, buscando promover uma discussão em grupo e, assim comece a ser formulado hipóteses sobre o que já está sendo observado.

Após o primeiro momento da aula, o professor deverá introduzir o conteúdo que será trabalhado, e assim construir com os alunos o conceito científico relacionado à corrosão, seguindo o plano de aula que está no Apêndice A. É importante que a problemática que foi exposta no primeiro encontro, volte a ser trabalhada nesse momento também, pois assim a aprendizagem ocorrerá de forma significativa.

### 4º Encontro:

O quarto encontro é para a realização de atividades de fixação, que devem ter como objetivo analisar o que os alunos compreenderam do conteúdo trabalhado no encontro anterior. É importante que os exercícios utilizados nesse momento, sejam exercícios contextualizados envolvendo situações e problemáticas presentes no cotidiano do aluno, podendo assim, gerar uma discussão sobre o assunto e, os alunos poderão utilizar seus conhecimentos para resolvê-los.

5º Encontro:

O quinto e último encontro é o momento no qual o professor deve organizar um debate, no qual os alunos deverão mostrar o que observaram durante os quinze dias. O papel do professor nesse momento é fundamental, já que ele deve mediar os conceitos teóricos trabalhados durante os encontros com o resultado do experimento observado pelos alunos.

**Tabela 3:** Organização dos Encontros

Encontro	Objetivo	Duração
1º Encontro	<b>Problematização e Contextualização</b> – trazer o problema social presente na realidade dos alunos.	2horas/aula (1h:40min)
2º Encontro	<b>Atividade Experimental</b>	1hora/aula (50min)
3º Encontro	<b>Sistematização do conhecimento</b> – Momento para trabalhar o conteúdo científico;	2horas/aula (1h:40min)
4º Encontro	<b>Aplicação do conhecimento</b> – resolução de atividades de fixação.	1hora/aula (50min)
5º Encontro	<b>Resolução da Problematização</b> – momento para discussão sobre as hipóteses levantadas e a solução para o problema apresentado	2horas/aula (1h:40min)

Fonte: Elaborada pelo autor.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A corrosão é um processo químico espontâneo que está muito presente em nosso cotidiano, para problematizar e contextualizar o tema abordado na sequência didática utilizou-se a poluição atmosférica, que é uma das principais causadoras da corrosão de construções civis, monumentos, automóveis etc. Para desenvolver e organizar a sequência didática optou-se por utilizar algumas características da abordagem CTSA e do EI, metodologias que defende uma aprendizagem ativa e contextualizada, podendo buscar uma relação entre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, e como essa evolução pode afetar a sociedade e o meio ambiente.

A sequência foi desenvolvida para ser aplicada no quarto bimestre de 2020, porém com a pandemia causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2) teve que se adaptar o material para ser trabalhado de forma remota, porém o calendário escolar passou por algumas modificações, e com isso, não foi possível aplicar o Produto Educacional. Com isso, será apresentada uma discussão em cima dos resultados esperados de acordo com a bibliografia.

### 4.1. PRIMEIRO ENCONTRO

No primeiro encontro o problema foi apresentado com a utilização dos vídeos. O primeiro vídeo trouxe a poluição atmosférica e algumas consequências por ela provocada, como a chuva ácida. No segundo vídeo foi possível ver a mudança que alguns monumentos sofrem com o passar dos anos, os danos ocasionados em estruturas metálicas na construção cível, manchas que surgem na pintura dos automóveis entre outros. Já que a problematização inicial vem com o intuito de propor uma discussão que faça com que o aluno reconheça a necessidade de obter novos conhecimentos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002 *apud* GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012).

Para que os alunos consigam relacionar um vídeo com o outro, utiliza-se um aplicativo para a produção de uma Nuvem de Palavras, no qual os alunos deveram responder a seguinte pergunta: *Diga, com uma ou duas palavras, a relação que existe entre os problemas abordados nos vídeos.* Com isso, espera-se que os alunos usem de seus conhecimentos prévios ou até mesmo de suas experiências e traga assuntos como: poluição, ferrugem, chuva ácida, CO<sub>2</sub>, emissão de gases, meio ambiente, entre outros.

Após esse momento o professor deve desenvolver o papel de mediador e organizar os conceitos que foram surgindo, buscando uma relação entre os conceitos e se necessário apontar outros conceitos para a discussão. Para Gehlen, Maldaner e Delizoicov, (2012, p.6)

É nesse momento em que os estudantes também são desafiados acerca de entendimentos sobre algum aspecto relacionado ao tema que faça parte de sua vivência. Nessa etapa, o professor traz para a discussão algumas palavras que mostram outras possibilidades de se compreender a situação problemática. Essas palavras, sempre conceitos sob o ponto de vista vygotskyano, começam a produzir algum sentido novo e podem vir a se tornar conceitos no decorrer do estudo. Elas orientam a discussão, embora os estudantes tenham total autonomia para usar suas palavras na produção dos entendimentos próprios. Cria-se, assim, a necessidade do estudo para se compreender a situação.

É importante que durante esse momento ocorra a significação das linguagens que vão dar origem a uma discussão conceitual, e o professor precisa auxiliar na introdução das palavras necessárias para a construção dos conceitos científicos.

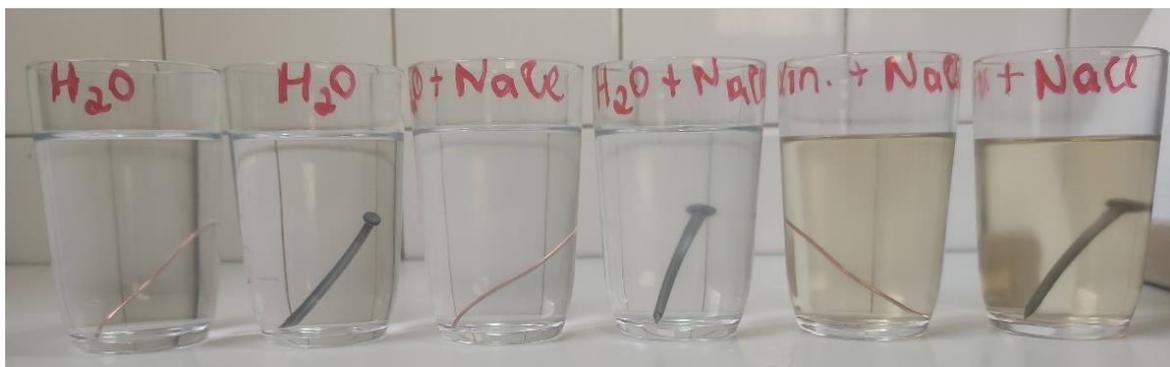
#### 4.2.SEGUNDO ENCONTRO

Como a atividade experimental tem a finalidade de desenvolver uma atividade investigativa, e assim desenvolver a capacidade de análise e construção de hipóteses a fim de resolver um problema. Propôs aos alunos uma atividade na qual eles teriam as seguintes substâncias: i) água potável; ii) solução aquosa saturada de cloreto de sódio; iii) solução de vinagre (aproximadamente 4% de ácido acético) e cloreto de sódio; e iv) pregos e pedaços de fio de cobre. E o professor deverá conduzir os seguintes questionamentos:

- a) *O ferro e o cobre irão sofrer o mesmo tipo de corrosão em um determinado meio?*
- b) *Como será que o processo de corrosão do ferro e do cobre em meio neutro e meio ácido? Será que se comportam do mesmo modo? E em meio Salino?*

É importante ressaltar que: “para que a atividade experimental possa ser considerada uma atividade investigativa, o aluno não deve ter uma ação limitada à simples observação ou manipulação de materiais, mas, sobretudo, deve conter características de um trabalho científico”(PEREIRA, p. 5). Sendo assim o aluno irá montar os sistemas para observação de acordo com as respostas dadas aos questionamentos acima, que serão observados e registrados com auxílio de fotografias durante 15 dias.

**Figura 8:** Possíveis sistemas propostos pelos alunos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.3. TERCEIRO ENCONTRO

No terceiro encontro é o momento, no qual, os conceitos que surgiram nos encontros anteriores são abordados em uma linguagem mais formal. Para Carvalho (2013, p.15), “a sistematização desta linguagem mais formal torna-se necessária uma vez que durante todo o debate em que se deu a construção do conhecimento pelo aluno a linguagem da sala de aula era muito mais informal do que formal”.

É durante a sistematização dessa linguagem formal, que o aluno tem contato com a linguagem da química, a qual apresenta termos que descrevem modelos, pode ser representada por fórmulas estruturais, equações, gráficos e figuras (MORAIS et al, 2014). É importante que o professor durante esse momento possibilite que o aluno supere a dificuldade dos termos exigidos pela comunidade científica, e assim permita a reconstrução ou construção de conceitos e conhecimentos científicos, que pode ser considerado o ponto de chegada,

A abordagem dos conceitos científicos é ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático quer da aprendizagem dos alunos, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam, de um lado, a seleção e organização do rol de conteúdo, ao serem articulados com a estrutura do conhecimento científico, e, de outro, o início do processo dialógico e problematizador. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, apud GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012, p.8)

Para a aplicação desse conteúdo foi construído um plano de aula, com a finalidade de organizar os conteúdos programados, que está no Apêndice A deste trabalho.

#### 4.4. QUARTO ENCONTRO

É o momento em que os alunos irão colocar em prática as teorias trabalhadas (corrosão, potencial de redução, reações de oxirredução e metal de sacrifício), na realização de atividades de fixação, que são apresentadas de forma contextualizada buscando analisar o que os alunos compreenderam do conteúdo trabalhado no encontro anterior. Para Gehlen, Maldaner e Delizoicov (2012)

Nesse momento, são exploradas com os estudantes, situações que apresentam explicações de cunho científico, na maioria das vezes trabalhadas no âmbito de textos científicos. Nesses textos, o aluno começa a identificar as palavras representativas dos conceitos, com as quais já teve contato nas etapas anteriores, suas fórmulas e sua significação no contexto em que é empregada (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012, p.13).

Nesta etapa o papel do professor consiste em desenvolver as atividades, que estão no final do Apêndice A, para que os alunos utilizem os conceitos científicos que foram explorados na organização do conhecimento. Espera-se que os alunos consigam reconhecer o problema central de cada exercício, e que consiga resolver as questões utilizando os conhecimentos construídos. As situações abordadas nessas atividades não precisam necessariamente estarem relacionadas com a temática do problema inicial, mas é interessante que sejam problemas presentes em seu cotidiano.

#### 4.5. QUINTO ENCONTRO

O último encontro deve ser o momento em que os alunos irão apresentar o resultado das pequenas pesquisas, procedimentos e dados coletados durante o processo de observação da atividade experimental. É fundamental que o professor organize um debate para que os alunos possam expor as hipóteses por eles desenvolvidas. Durante a comunicação dos alunos, eles devem ser estimulados a comunicar seus resultados e relacionar com o problema inicial, buscando assim propor soluções para ele.

Para que seja alcançado os objetivos relacionados a atividade experimental, o professor deve perceber

a importância do processo de planejamento e elaboração de registros relativos à atividade experimental proposta, e assim buscar a incorporação de tecnologias, estimulando a emissão de hipóteses como atividade central da investigação científica e mostrando a importância da discussão das hipóteses construídas durante a realização da atividade (REGINALDO; SHEID; GULLICH, 2012, p.2).

Durante os 15 dias de observação, será possível perceber que o ferro sofre corrosão em menos tempo do que o cobre, mesmo eles estando em meios iguais. Espera-se que com essa observação os alunos remetam esse fato com a questão de reatividade dos metais ou com seus potenciais de redução. Como a temática que foi utilizada no primeiro encontro foi a corrosão atmosférica, espera-se que os alunos consigam relacionar os sistemas com tipos de atmosferas diferentes, buscando assim explicar o comportamento deles nos diferentes sistemas. Onde talvez consigam ver qual sistema foi mais agressivo, que possam comparar com fenômenos que estão presentes no cotidiano.

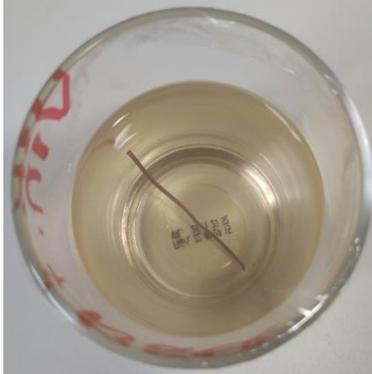
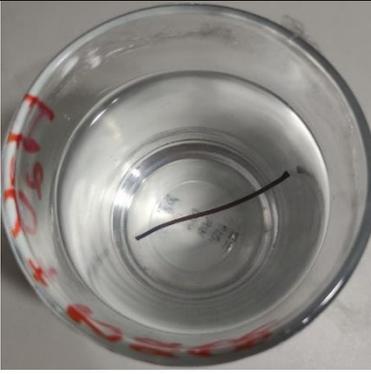
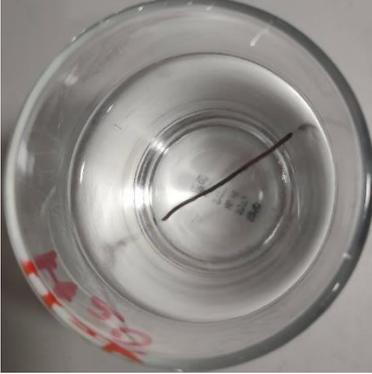
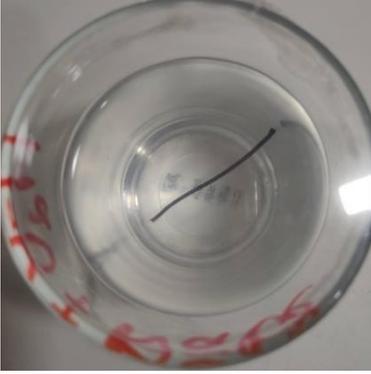
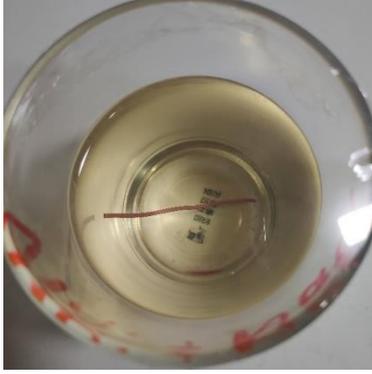
Após a apresentação dos resultados observado e o debate sobre as hipóteses levantadas, buscar junto aos alunos soluções para os problemas encontrados. As soluções podem estar relacionadas a atitudes da sociedade que podem mudar, ou utilizar alguma tecnologia que provoque menos poluição, buscando usar o tema para dar continuidade ao conteúdo.

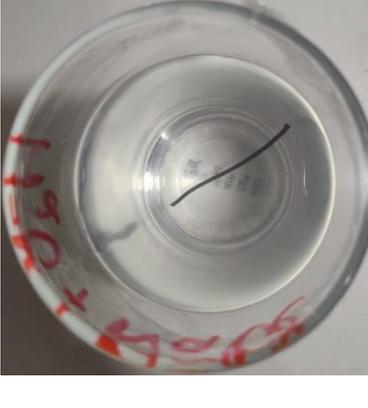
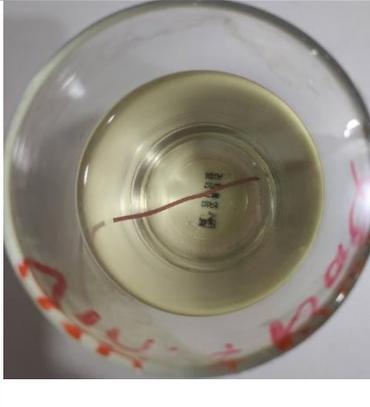
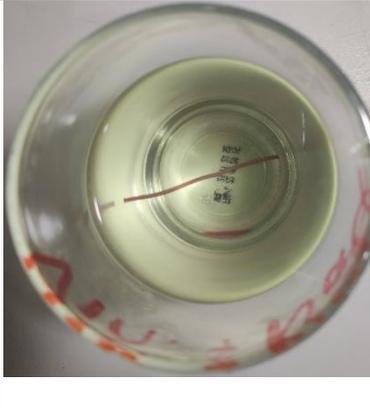
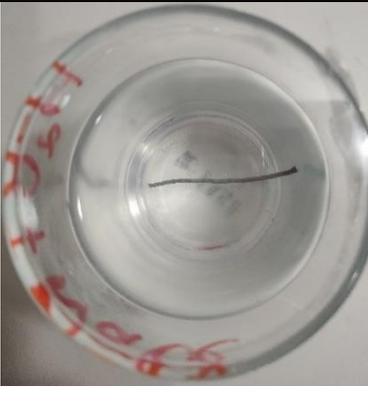
A seguir serão discutidas as possíveis observações que poderiam ser abordadas pelos alunos após observarem durante o período de 15 dias. Porém é importante reforçar que a atividade não foi aplicada, as imagens utilizadas nesse trabalho foram obtidas pelo autor durante o planejamento da atividade.

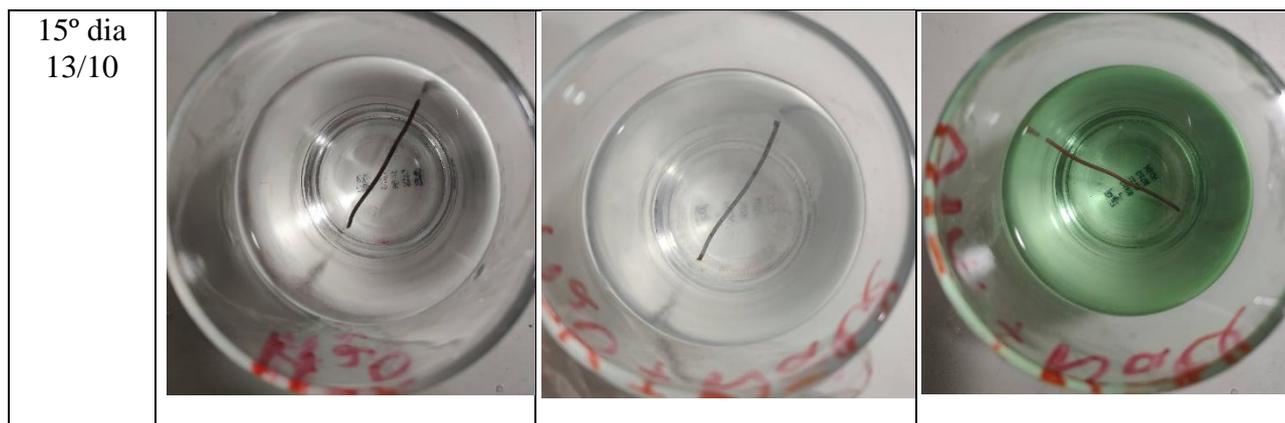
#### 4.5.1. Análise do Comportamento do Cobre

Na Tabela 4, encontram-se as imagens captadas dos possíveis sistemas que poderiam ser propostos pelos alunos, os quais apresentam um pedaço de fio de cobre imerso nas soluções. A tabela foi organizada de forma que as imagens foram colocadas de dois em dois dias. O primeiro sistema era um pedaço de fio de cobre imerso em água potável, no segundo sistema um pedaço de fio de cobre mergulhado em uma solução de sal de cozinha (cloreto de sódio) e água, e no terceiro sistema um pedaço de fio de cobre mergulhado em uma solução de vinagre (ácido acético) e sal de cozinha.

**Tabela 4:** Imagens coletadas do experimento realizado com fio de cobre no decorrer de 15 dias.

DIAS	PRIMEIRO SISTEMA	SEGUNDO SISTEMA	TERCEIRO SISTEMA
	Cobre + água	Cobre + sal + água	Cobre + sal + vinagre
Dia zero 28/09			
1º dia 29/09			
3º dia 01/10			
5º dia 03/10			

<p>7° dia 05/10</p>			
<p>9° dia 07/10</p>			
<p>11° dia 09/10</p>			
<p>13° dia 11/10</p>			



#### 4.5.1.1. Primeiro sistema: Cobre imerso em água potável

O primeiro sistema é formado por um fio de cobre imerso em água potável, retirada da torneira. Após os quinze dias de observações o aluno poderá perceber que em alguns pontos da superfície do fio, Figura 9 (a) e (b), formaram-se umas manchas mais escuras, que caracterizam a formação de uma patina, as patinas acastanhadas são constituídas maioritariamente pelo óxido de cobre I,  $\text{Cu}_2\text{O}$ , composto estável e aderente que confere uma boa proteção ao metal. “Esta patina é muito homogênea e aderente, tem características protetoras e manter-se-á durante muitos anos se o ambiente não for poluído” (FONTINHA; SALTA, 2008, p.88).

**Figura 9 :** (a) Fio de cobre imerso em água potável após 15 dias; (b) Fio de cobre após ficar 20 dias imerso em água potável.



(a)



(b)

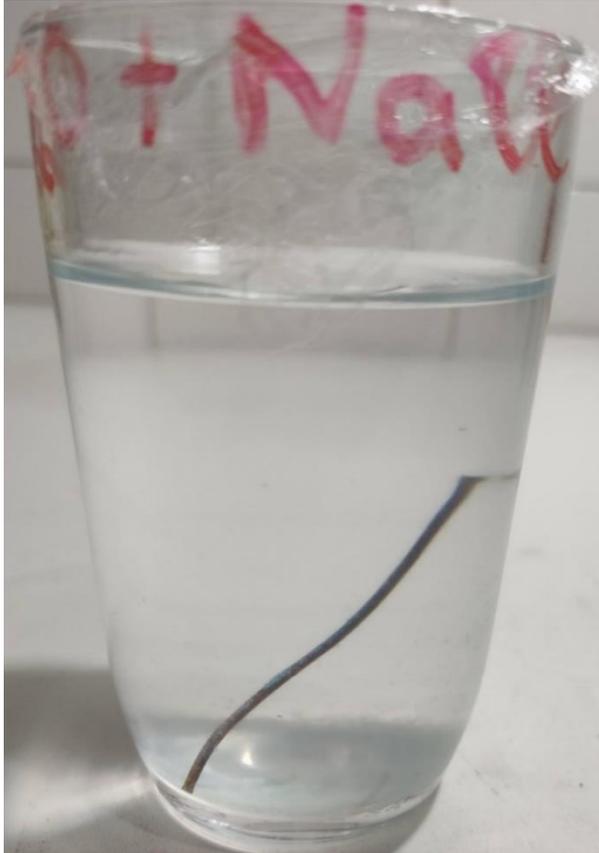
Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa alteração na superfície brilhante do fio também pode ser devido à presença de impurezas no metal, mas como não foi feita uma análise qualitativa não é possível determinar sua composição.

#### *4.5.1.2.Segundo Sistema: Cobre imerso em solução aquosa de cloreto de sódio*

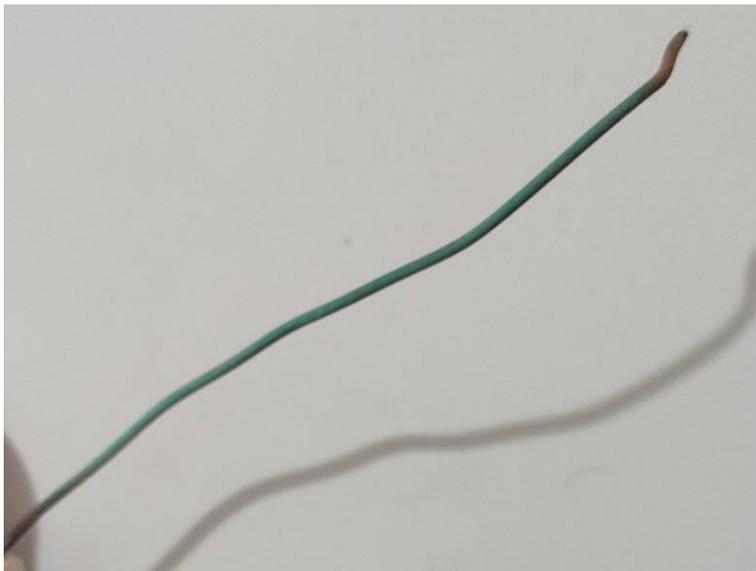
O segundo sistema é formado por uma solução aquosa de cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ), que é um eletrólito forte, provocando uma oxidação acentuada. É muito comum que o cobre metálico apresente uma fina camada de óxido de cobre II ( $\text{CuO}$ ), que ao se combinar com o íon  $\text{Cl}^-$  presente na solução, acaba dando origem ao produto  $\text{CuCl}_2$  (GENTIL, 1986), que quando hidratado apresenta uma coloração esverdeada, como pode ser visto na Figura 10 e Figura 11.

**Figura 10:** Fio de cobre imerso na solução de NaCl após 15 dias.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 11:** Fio de cobre após 20 dias em solução de cloreto de sódio.



*Na figura 11, mostra o fio de cobre após 20 dias em solução aquosa de NaCl, pois o experimento ficou montado durante esse período.*

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.1.3. *Terceiro Sistema: Cobre imerso em solução de ácido acético com cloreto de sódio*

Como o cobre apresenta um potencial de redução maior que o potencial do hidrogênio,



não sofre oxidação em meio ácido, a não ser que o ácido seja oxidante, ou que o cobre tenha tido contato com o oxigênio formando previamente uma camada de óxido de cobre (GENTIL, 1996).

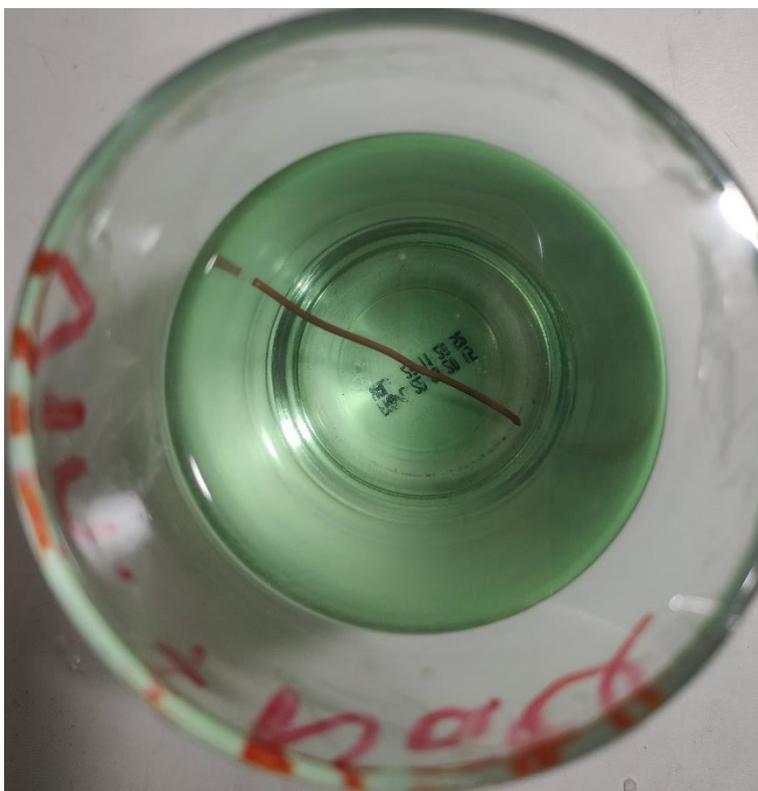
Porém o terceiro sistema é composto por uma solução de ácido acético (vinagre de álcool colorido) com cloreto de sódio (sal de cozinha), a solução formada por sal e vinagre acelera o processo de oxidação dos metais. Como o procedimento foi feito em casa com o intuito de testar o experimento para ser replicado com os alunos, não foi calculado o pH, já que os alunos não teriam acesso a esse tipo de ferramenta, como indicares.

O ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), o principal constituinte do vinagre, é ionizado em água segundo a equação 4.1 e o  $\text{NaCl}$  dissocia-se em água segundo a equação 4.2.



É muito comum que o cobre metálico apresente uma fina camada de óxido de cobre (II) ( $\text{CuO}$ ), a qual combinada com os íons aquosos  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , e  $\text{H}^+$  provenientes do vinagre e do sal dissolvidos em água. Os íons presentes em solução forçam o cobre a se oxidar e passar do estado sólido para a fase aquosa, com isso a solução passa a ter gradativamente a coloração esverdeada, como mostra a Figura 12.

**Figura 12:** Fio de cobre imerso na solução de vinagre (ácido acético) com cloreto de sódio após 15 dias.



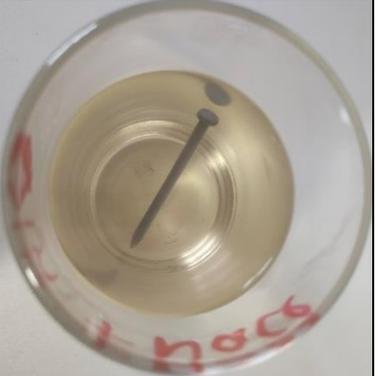
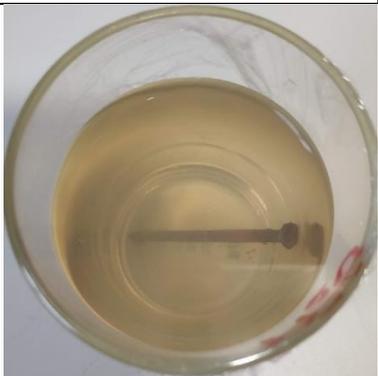
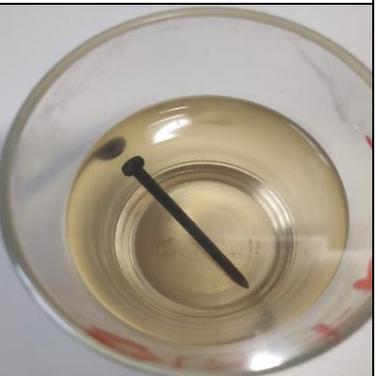
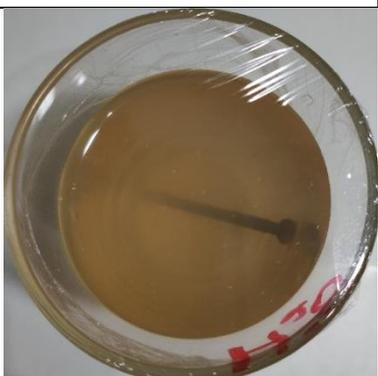
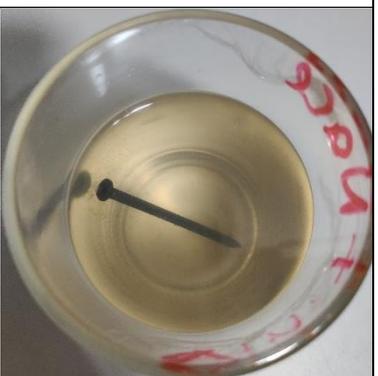
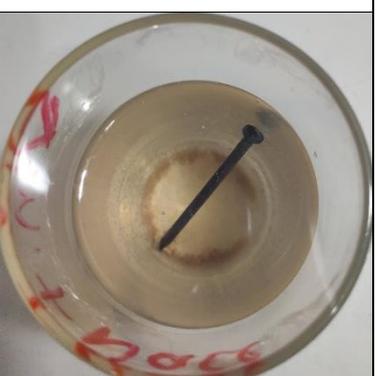
Fonte: Elaborada pelo autor.

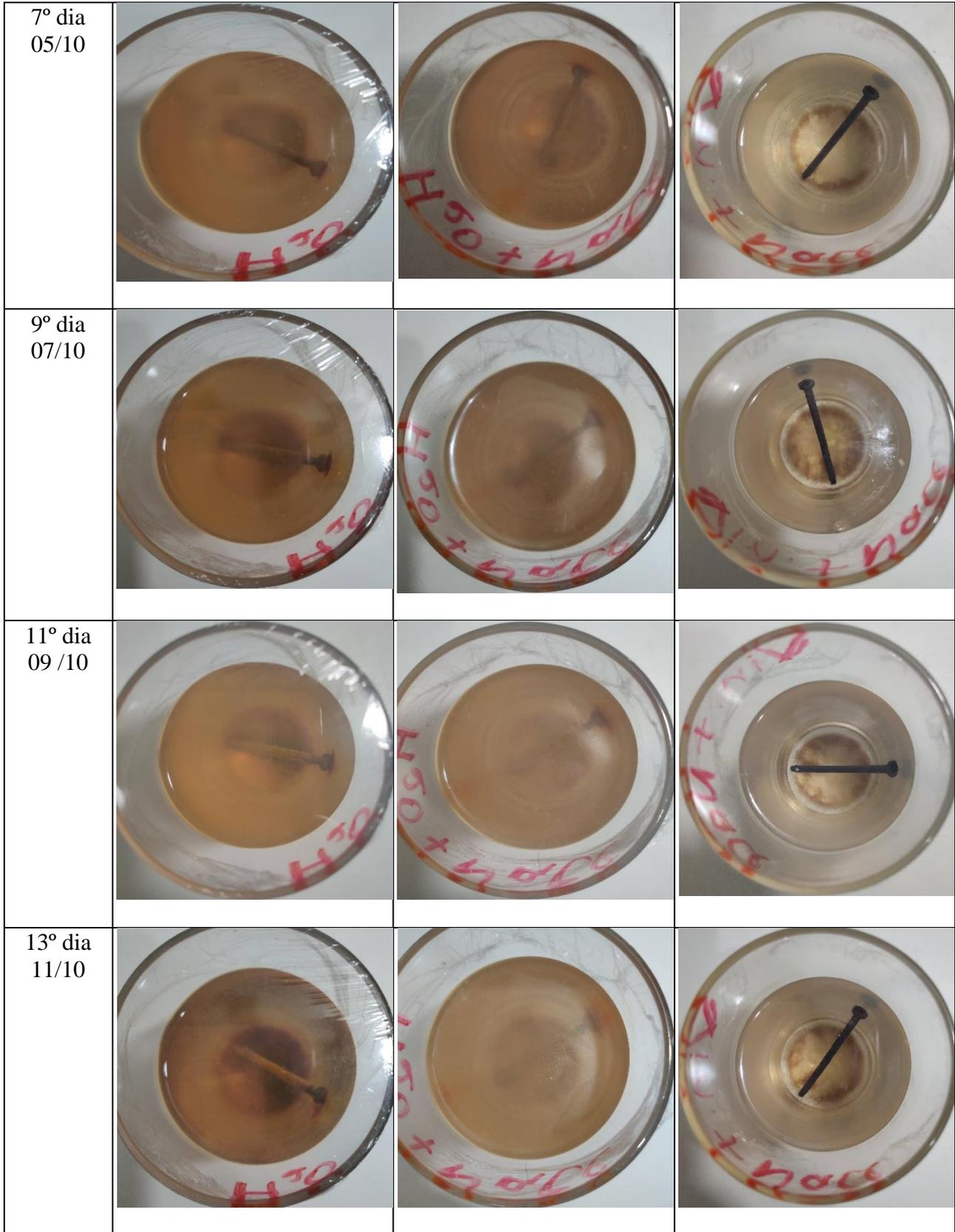
Como não foi feita uma análise qualitativa ou quantitativa do produto formado durante o experimento, buscou-se através de trabalhos que fizeram atividades semelhantes e chegou na conclusão de que após a evaporação da água, ocorre a formação de uma mistura complexa de  $\text{CuO}$ , acetato de cobre (II)  $[(\text{CH}_3\text{COO})\text{Cu}]$  e outras substâncias assemelhadas (PALMA; TIERA, 2003).

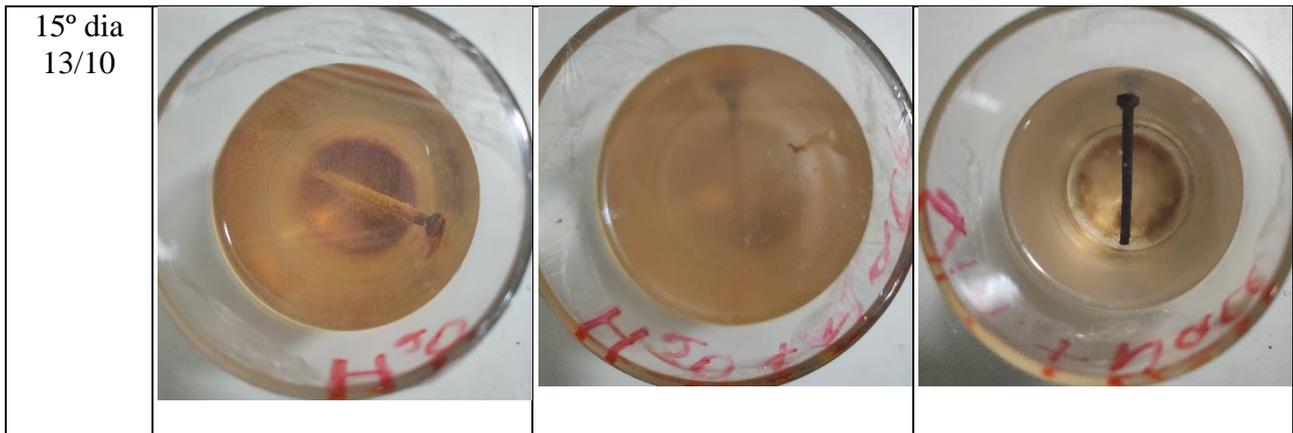
#### 4.5.2. Análise do comportamento do Ferro

Na Tabela 5, encontram-se as imagens captadas dos possíveis sistemas que poderiam ser propostos pelos alunos, os quais apresentam um prego de ferro imerso nas soluções durante o período de 15 dias. A tabela foi organizada de forma que as imagens foram colocadas de dois em dois dias. O primeiro sistema era prego imerso em água potável, retirada da torneira, no segundo sistema um prego mergulhado em uma solução de sal de cozinha (cloreto de sódio) e água, e no terceiro sistema um prego mergulhado em uma solução de vinagre (ácido acético) e sal de cozinha.

**Tabela 5:** Imagens coletadas do experimento realizado com prego de ferro no decorrer de 15 dias.

DIAS	PRIMEIRO SISTEMA	SEGUNDO SISTEMA	TERCEIRO SISTEMA
	Prego + água	Prego + sal + água	Prego + sal + vinagre
Dia zero 28/09			
1º dia 29/09			
3º dia 01/10			
5º dia 03/10			





#### 4.5.2.1. Primeiro Sistema: Ferro imerso em água potável

O primeiro sistema é formado por água potável em temperatura ambiente, simulando um meio neutro ou básico, neste meio o ferro sofre oxidação e a água sofre redução (MERCÇON; GUIMARÃES; MAINIER, 2011; GENTIL, 1996).

Reação anódica:



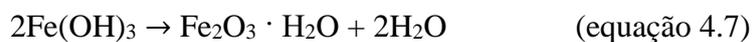
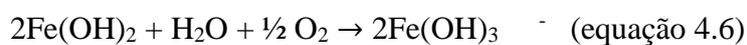
Reação catódica:



Os íons reagem formando hidróxido ferroso.

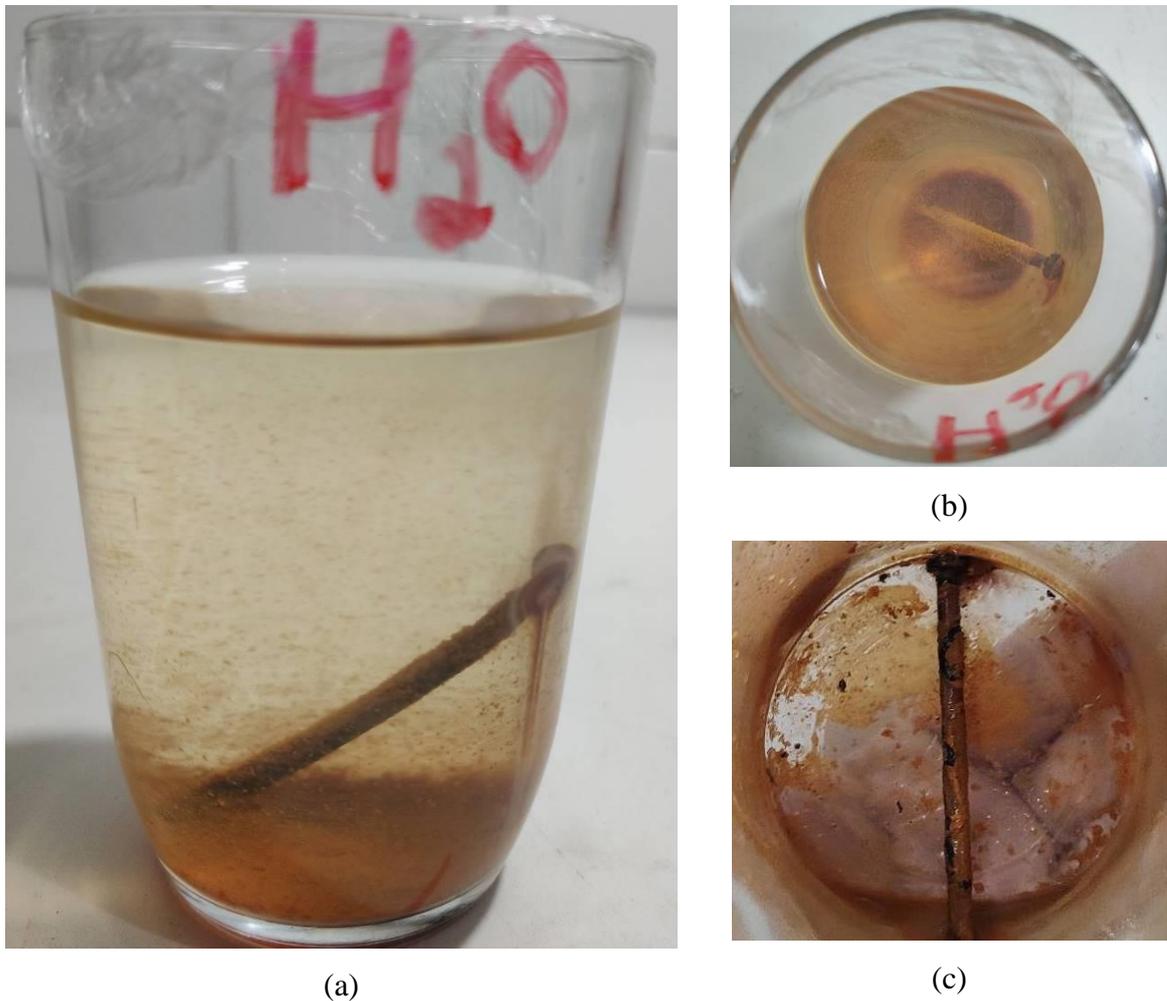


Em meios onde a concentração de oxigênio é elevada, ocorre a formação de:



o óxido férrico monoidratado,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , composto que apresenta coloração castanho-avermelhada, pode ser visualizado na Figura 13 (a),(b) e (c).

**Figura 13:** (a) e (b) Prego de ferro imerso na água potável após 15 dias; (c) Imagem do prego após 20 dias imerso na água potável.

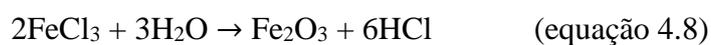


Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.5.2.2. Segundo Sistema: Ferro imerso em solução aquosa de cloreto de sódio

O segundo sistema é formado por uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl), que é um eletrólito forte, originando uma oxidação acentuada, como pode ser visto na Figura 14 (a) e (b). O produto de corrosão do ferro em solução de cloreto de sódio vai conter também cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ), que é muito solúvel em meio aquoso e corrosivo.

Na hidrólise do cloreto férrico ocorre a formação do ácido clorídrico (HCl)



pode-se encontrar também no produto da corrosão, o cloreto básico de ferro,  $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl}$ , que é um sal insolúvel em meio aquoso.

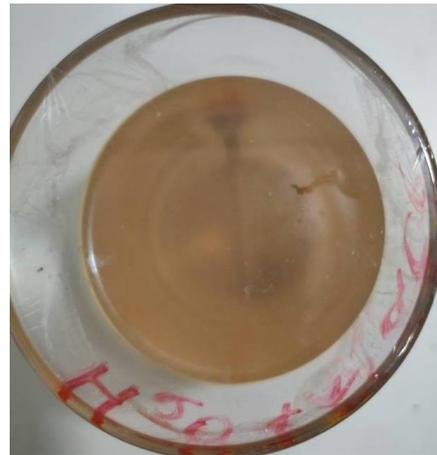


A ferrugem pode ser apresentar composições diferentes, já que depende da composição da atmosfera e da composição do material metálico (GENTIL, 1996, p. 54-55).

**Figura 14:** (a) e (b) Prego de ferro imerso na solução de cloreto de sódio, após 15 dias. (c) Imagem do prego após 20 dias imerso na solução de cloreto de sódio.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.5.2.3. Terceiro Sistema: Ferro imerso em solução de ácido acético com cloreto de sódio

O terceiro sistema é composto por uma solução de ácido acético (vinagre de álcool colorido) com cloreto de sódio (sal de cozinha). Como o procedimento foi feito em casa com o intuito de testar o experimento para ser replicado com os alunos, não calculei o pH, já que os alunos não teriam acesso a esse tipo de ferramenta, como indicadores.

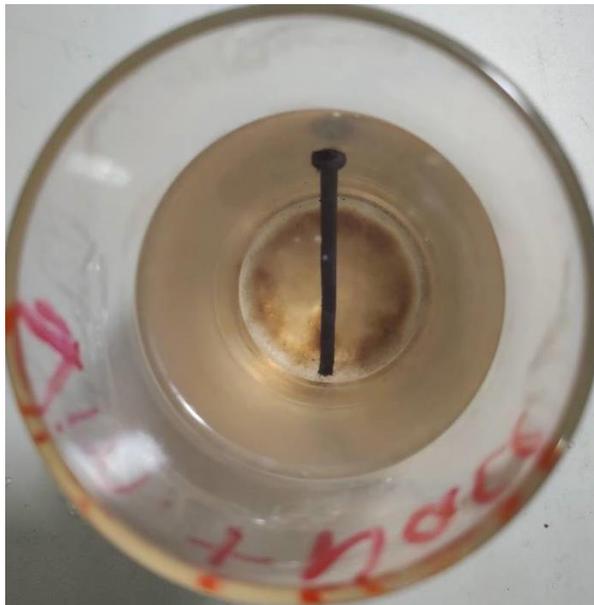
O ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), o principal constituinte do vinagre, é ionizado em água segundo a equação 4.10 e o  $\text{NaCl}$  dissocia-se em água segundo a equação 4.11.



O acetato, proveniente da ionização do ácido acético, pode funcionar como um inibidor de corrosão, ao reagir com o óxido de ferro presente na superfície do prego. Com isso a corrosão ocorre lentamente, e pode ocasionar a formação de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  a partir da redução de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , em presença de umidade e com deficiência de oxigênio. O  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  também é encontrado no minério magnetita, o qual apresenta o  $\text{Fe}^{2+}$  e o  $\text{Fe}^{3+}$  (EVANS *apud* GENTIL, 1996).



**Figura 15:** (a) Pregão de ferro imerso em uma solução de vinagre com cloreto de sódio, após 15 dias. (b) Imagem do prego após 20 dias imerso em solução de vinagre com cloreto de sódio.



(a)



(b)

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração a necessidade de ocorrer uma melhora no desenvolvimento dos alunos em relação aos conteúdos abordados no ensino de Química, foi desenvolvida uma proposta para trabalhar o tema corrosão, que devido a grande utilidade de objetos e estruturas metálicas em nosso cotidiano se torna um fenômeno bastante comum e, com isso, acaba também sendo responsável por despesas relacionadas a restauração de monumentos, manutenção de estruturas metálicas da construção civil e substituição de objetos metálicos que perdem sua função após o processo de corrosão.

Durante a construção da sequência didática abordou-se o tema corrosão utilizando a temática corrosão atmosférica, pois a cidade apresenta um elevado índice de poluição atmosférica provocada pela presença de indústrias e o grande volume de veículos automotivos, dessa forma é comum a ocorrência de chuva ácida o que intensifica e acelera o processo de corrosão. Para trabalhar o tema foi organizado uma atividade experimental, aulas expositivas e dialogadas nas quais o objetivo seria desenvolver uma aprendizagem com mais significado para poder auxiliar na construção de um indivíduo crítico e reflexivo.

Para alcançar os objetivos presentes nos documentos oficiais, como a BNCC e o PCNEM, a sequência didática presente no Produto Educacional foi elaborada levando em consideração algumas características da abordagem CTSA, como o problema central ser um assunto relacionado a questões ambientais que pode ser causada e, também, controlada com o uso de tecnologias, e características do Ensino por Investigação utilizando uma atividade experimental na qual os alunos teriam que analisar e discutir os diferentes resultados, a fim de levantar uma hipótese para o ocorrido.

Devido a pandemia foi decidido em colegiado que o produto não teria necessidade de ser aplicado, além disso, ocorreu uma mudança no calendário escolar diminuindo o tempo para a aplicação do conteúdo programático, sendo assim a sequência didática não foi aplicada, mas foi planejada e adaptada para ser trabalhada de forma presencial ou remota. Para alcançar os objetivos propostos com a sequência didática fez-se a utilização de vídeos que abordam a poluição atmosférica e os efeitos da corrosão em objetos presentes em nosso cotidiano, e para enfatizar essa questão social produziu-se um experimento que pudesse ser manuseado pelos alunos, mesmo sem a presença do professor, e que utiliza materiais de baixo custo e de fácil aquisição. A partir dos testes viu-se que é possível conduzir uma atividade investigativa com o uso da atividade experimental, já que os alunos podem através de duas observações levantar

hipóteses e fazer comparações entre os sistemas, relacionando os diferentes resultados com a reatividades dos metais e o meio em que o metal está inserido, buscando assim soluções para os problemas provocados pela corrosão. O uso de aplicativo trouxe uma proposta dinâmica para a sequência e normalmente desperta o interesse dos alunos em participar da atividade.

Com os estudos feitos durante a leitura de livros e artigos para a produção da revisão bibliográfica, pode-se concluir que quando os conceitos científicos são trabalhados de forma contextualizada e ligados a questões do cotidiano do aluno, é possível que ocorra uma aprendizagem mais significativa provocando no aluno o interesse por participar mais nas tomadas de decisões relacionadas a questões sociais, ambientais e tecnológicas. Mesmo não tendo a obrigatoriedade, a sequência didática, deve ser aplicada em turmas do segundo ano durante o quarto bimestre do ano letivo de 2021, para assim analisar se será possível trabalhar e desenvolver todas as etapas com os alunos assim como está nas referências bibliográficas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, S.L. Estudo comparativo de ensaios acelerados para simulação da corrosão atmosférica. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Reatores Nucleares de Potência e Tecnologia do Combustível Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo. São Paulo, p.99. 2000.

BEMFEITO, A.P.D. Ondas de rádio no ensino médio com ênfase CTS. Dissertação. (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro, p. 73. 2008.

BOURSCHEID, J.L.W.; FARIAS, M.E. A convergência da educação ambiental, sustentabilidade, ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e ambiente (CTSA) no ensino de ciências. **Revista Thema**, v. 11, n.01, p.24-36, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica: Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2. Brasília, 2006.

CARIOCA, A.C. Caracterização de minério de ferro por espectroscopia de reflectância difusa. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 88. 2010.

CARVALHO, A.M.P. Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, n. 22, p. 89-100, 2003.

DUARTE, H.A. Ferro – um elemento químico estratégico que permeia história, economia e sociedade. **Química Nova**, v. 42, n. 10, p. 1146-1153, 2019.

FERNANDES, L. L. Aplicação didática da corrosão em metais, utilizando ensaio de atmosfera poluída com óxidos de nitrogênio e enxofre. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em

Química) – Departamento Acadêmico de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, p. 48, 2018.

FERNANDES, I.M.B.; PIRES, D.M.; DELGADO-IGLESIAS, J. Perspectiva ciência, tecnologia, sociedade, ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de ciências naturais do 6º ano de escolaridade. **Ciência Educação**, Bauru, v. 4, p.875-890, 2018.

FERREIRA, L.H.; HARTWIG, D.R.; OLIVEIRA, R.C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n.2, p. 101-106, maio. 2010.

FONTINHA, R.; SALTA, M.M. corrosão e conservação de estátuas de liga de cobre. **Corrosão e Protecção de Materiais**, Lisboa, v.27, n.3, p. 87 – 94, 2008.

FRANCISCO JR., W.E.; FERREIRA, L.H.; HARTWIG, D.R. Experimentação Problematicadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.30, p. 34 – 42, nov. 2008.

GALIAZZI, M.C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência e Educação**, v. 7, n.2, p. 249-263, 2001.

GEHLEN, S.T.; MALDANER, O.A.; DELIZOICOV, D. Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: Complementaridades e contribuições para a educação em ciências. **Ciência e Educação**, v. 18, n.1, p. 1-22, 2012.

GENTIL, V. Corrosão. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC. 1996.

KOERICH, M. S. et al. Pesquisa-ação: ferramenta metodológica para a pesquisa qualitativa. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v.11, n.3, p.717-723, 2009.

LANA, R.M. et al. Emergência do novo coronavírus (SARS-CoV-2) e o papel de uma vigilância nacional em saúde oportuna e efetiva. **Cadernos de Saúde Pública**, 36 (3), março 2020.

LEITE, J.C.; RODRIGUES, M.A.; MAGALHÃES JÚNIOR, C.A.O. Ensino por investigação na visão de professores de Ciências em um contexto de formação continuada. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 8, p. 42-56, jan-abr. 2015.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P.I.C., MAINIER, F.B. Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 19, p. 11-14, maio 2004.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P.I.C., MAINIER, F.B. Sistemas experimentais para o estudo da corrosão em metais. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 57-60, fev. 2011.

MONTEIRO, R. et al. “Mestres De Amanhã”: A contribuição de Anísio Teixeira para a abordagem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) na formação docente. **Cadernos de Pesquisa: Pensamento Educacional**, Curitiba, v.7, n.17, p.63-79, set./dez. 2012.

MORAIS, R.O. et al. Reflexão sobre a pesquisa em ensino de química no brasil através do panorama da linha de pesquisa: Linguagem e formação de conceitos. *Holos*, Ano 30, v. 4, p. 473 – 491, 2014.

OLIVEIRA, S.; GUIMARÃES, O.M.; LORENZETTI, L. O ensino de química e a qualidade do ar interior: análise de uma proposta de abordagem temática com enfoque CTS. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.16, n.3, p. 521-553, dezembro 2016.

PALMA, M.H.C.; TIERA, V.A.O. Oxidação de metais. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 18, p. 52 - 54, nov. 2003.

PEREIRA, B.B. Experimentação no ensino de ciências e o papel do professor na construção do conhecimento. < <https://quiprocura.net/w/wp-content/uploads/2016/03/experimentacao-no-ensino.pdf> > Acessado em: 20/05/2021.

PEREZ, D. G.; CASTRO, P. V. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: um ejemplo ilustrativo. **Ensenanza de Las Ciencias**, v.14, n2, p.155-163, 1996.

REGINALDO, C.C.; SHEID, N.J.; GÜLLICH, R.I.C. O ensino de ciências e a experimentação. IX ANPED – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012.

RIO DE JANEIRO. Secretária de Estado de Educação. Currículo mínimo: Química. Rio de Janeiro, 2012.

ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, Florianópolis, SC, 2016.

RODRIGUES, M.A.; SILVA, P.P.; GUERRA, W. Cobre. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 161-162, agosto 2012.

SANJUAN, M. E. C. et al. Maresia: uma proposta para o ensino de eletroquímica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 190-197, agosto 2009.

SILVA, A. M. Proposta para tornar o ensino de química mais atraente. **Revista de Química Industrial**, Ed.731, p. 7-11, 2011.

SILVA, R.M. et al. Conexões entre cinética química e eletroquímica: A experimentação na perspectiva de uma aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 237-243, agosto 2016.

SILVA, R.R.; MACHADO, P.F.L. Experimentação no ensino médio de química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos – Um estudo de caso. **Ciência e Educação**, v.14, n.2, p. 233-249, 2008.

SILVA, C.S.S.; SOUZA, D.S. O enfoque CTSA e uso de metodologias ativas no Ensino Superior: Uma análise baseada na discussão de notícias sobre acidentes ambientais envolvendo produtos químicos. **Ensino Em Re-Vista**, Uberlândia, v.26, n.3, p.919-941, set./dez. 2019.

SOLINO, A.P.; FERRAZ, A.T.; SASSERON, L.H.; Ensino por investigação como abordagem didática: Desenvolvimento de práticas científicas escolares. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2015.

SOUZA, R.B. et al. Influência das variáveis atmosféricas na degradação dos materiais da construção civil. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.13, n.1, 2016.

SUART, R.C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciência e Cognição**, v. 14, n.1, p. 50-74, março 2009.

TEIXEIRA, P.M.M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítico e do movimento C.T.S. no ensino de ciências. **Ciência e Educação**, v. 9, n.2, p. 177-190, 2003.

THIOLLENT, M. J. M.; COLETTE, M. M. Pesquisa-ação, formação de professores e diversidade. *Acta Scientiarum*, v.36, n.2, p.207-216, jul.-dez. 2014.

TOLEDO, R. F.; JACOBI, P. R. Pesquisa-ação e educação: compartilhando princípios na construção de conhecimentos e no fortalecimento comunitário para o enfrentamento de problemas. **Educação e Sociedade**, Campinas, v.34, n. 122, p. 155-173, jan-mar. 2013.

VAZ, E.L.S.; ASSIS, A.; CODARO, E.N. Análise experimental da resistência à corrosão e da velocidade de corrosão: Uma proposta pedagógica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 61-64, fev. 2011.

VAZ, E.L.S.; CODARO, E.N.; ACCIARI, H.A. Efeito dos óxidos de nitrogênio e de enxofre na corrosão de cobre e zinco: um experimento para o ensino da corrosão. **Revista Virtual de Química**, v.5, n.4, p. 713-723, 2013.

VIANNA, D.M. et al. Temas para o ensino de física com abordagem CTS (ciência, tecnologia e sociedade). 1 ed. – Rio de Janeiro : Bookmakers, 2012.

## APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

PRODUTO EDUCACIONAL

VIVIAN TEDESCO DORNELES

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE PROCESSOS ELETROQUÍMICOS  
DE CORROSÃO NO ENSINO MÉDIO.



VOLTA REDONDA  
2021



PRODUTO EDUCACIONAL

VIVIAN TEDESCO DORNELES

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE PROCESSOS ELETROQUÍMICOS  
DE CORROSÃO NO ENSINO MÉDIO.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador:

Elivelton Alves Ferreira

Coorientador:

Ladário da Silva

Volta Redonda

2021

## **Introdução**

Este manual é fruto de uma dissertação desenvolvida durante o Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, PROFQUI - UFF, no qual será apresentado uma sequência didática para trabalhar corrosão em turmas do Ensino Médio (DORNELES, 2021).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), o ensino de Química deve facilitar o desenvolvimento de competências e habilidades a partir de problemas contextualizados, permitindo que o aluno desenvolva a capacidade de interpretar e analisar dados, argumentar, tirar conclusões, avaliar e tomar decisões (BRASIL, 2006, p. 117-119). A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), reconhece que a educação tem como compromisso a formação e o desenvolvimento humano global, relacionado a questões intelectuais, físicas, afetivas, sociais, éticas, morais e simbólicas (BRASIL, 2017).

Como a corrosão é um fenômeno muito presente no dia a dia dos alunos, torna-se um tema importante para ser abordado em sala de aula, possibilitando aos professores a abordagem de diversos conteúdos de Química, tais como reações químicas, oxirredução, cinética química, concentração e eletroquímica. Com isso o Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro (2012, p. 9), propõe que o aluno deva desenvolver a habilidade de: “Prever a espontaneidade ou não de uma reação de óxido-redução a partir de uma série de reatividade; entender o fenômeno da corrosão e de proteção da corrosão a partir da série de reatividade óxido-redução.”

Para a construção do material buscou-se metodologias que tivessem como objetivo uma aprendizagem significativa e ativa por parte dos alunos. Com isso o material foi influenciado por algumas propostas de ensino, destacando-se o Ensino por Investigação (EI) (CARVALHO, 2013; SOLINO, FERRAZ, SASSERON, 2015) e a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente).

Visando um material que represente avanços, conquistas e desafios para o professor durante o processo de ensino e aprendizagem, desenvolveu-se um material com aspectos da abordagem CTSA e do Ensino por Investigação, contemplando aulas experimentais, expositivas e dialogadas, buscando assim gerar proposições que mostram as relações existentes entre conceitos percebidos por um indivíduo e seus conhecimentos prévios.

É importante que o professor conduza o debate, de maneira que durante a aplicação da sequência didática, seja prestigiada a observação fenomenológica, principalmente durante a execução dos experimentos, de forma que possa desenvolver um raciocínio lógico que permita a possibilidade de inter-relações que auxiliarão aos estudantes construírem conceitos a partir de suas conexões (SILVA et al., 2015).

A sequência didática foi planejada para ser aplicada em uma turma do segundo ano do Ensino Médio, que tem três horas/aula de química por semana, onde cada hora/aula tem a duração de cinquenta minutos. As aulas são divididas em dois dias, um dia com duas horas/aula e um dia com uma hora/aula. Para que o tema pudesse ser trabalhado de forma contextualizado e assim promover uma aprendizagem significativa, a sequência foi dividida em cinco encontros.

## 1º ENCONTRO

O primeiro encontro é o momento no qual deverá ocorrer a problematização e contextualização do conteúdo programático. Com isso é necessário um tempo maior, sendo programado para ocorrer no dia de duas horas/aula. Esse momento foi dividido em três etapas. Na primeira etapa, propôs-se a utilização de vídeos e/ou imagens que ilustrem os problemas ambientais e as consequências que pode causar aos materiais metálicos. Na segunda etapa, sugere-se a utilização de uma ferramenta digital para que os alunos possam expor conceitos relacionados com os vídeos assistidos na primeira etapa. Na terceira e última etapa é o momento da organização do conceito científico utilizando de pesquisas auxiliadas pelo professor e debates entre os alunos.

Segue o roteiro proposto para o primeiro encontro.

### 1ª etapa:

Utilizar uma sequência de vídeos e/ou imagens para ilustrar problemas relacionados à poluição atmosférica e os danos que os objetos metálicos podem sofrer ao longo do tempo.

- ❖ Primeiro vídeo: uma reportagem que fala sobre o problema que uma cidade pode enfrentar devido ao grande índice de poluição atmosférica.

Vídeo: BBC - A batalha de Cubatão contra a poluição atmosférica

Encontrado no link: <https://www.youtube.com/watch?v=LvkkMjB0-AM>

- ❖ Segundo vídeo: uma montagem/vídeo com imagens que mostrem o antes e o depois de alguns monumentos, carros, objetos metálicos, acessórios de prata...

Montagem das imagens

Encontrado no link: <https://youtu.be/zL15EJcpffA>

2ª etapa:

Nesse momento será realizada uma atividade com o objetivo de coletar os conceitos formulados pelos alunos após assistirem os vídeos. A atividade consiste na construção de uma nuvem de palavras, representada na Figura 1, que é uma ferramenta na qual as palavras são agrupadas de maneira a evidenciar as mais mencionadas pelos alunos.

Para a construção da nuvem de palavras, pode ser utilizado o aplicativo Mentimeter (<https://www.mentimeter.com/app>), no qual o professor irá criar um link para que os alunos acessem e respondam com duas palavras que estejam relacionadas ao assunto abordado na etapa anterior. Pelo aplicativo é possível ir acompanhando a formação da nuvem de palavras, ela ficará disponível para download. É importante que os alunos só vejam a nuvem de palavras após todos terem respondido, para que não ocorra interferência nas respostas individuais.

Figura 1: Representação para uma nuvem de palavras



Fonte: Elaborada pelo autor.

*Observação:*

Caso exista algum impedimento para o uso do aplicativo, pois é necessário o uso da internet, o professor pode construir com os alunos um mapa mental utilizando o próprio quadro da sala de aula.

3ª parte

O professor deverá organizar uma discussão em cima dos assuntos que foram apontados na nuvem de palavras, e com o auxílio de pesquisa, organizar o conceito científico. É importante que nesse momento o professor mostre aos alunos como utilizar as ferramentas de busca em sites que fornecerão materiais com referências confiáveis. Abaixo estão alguns sites que podem ser utilizados pelos alunos, que resultará em uma pesquisa confiável.

- <https://scielo.org/pt>
- <https://www.periodicos.capes.gov.br/>
- <https://www5.usp.br/keywords-s/periodicos/>
- <https://revistas.ufri.br/>

## 2º ENCONTRO

No segundo encontro, que foi planejado para ser aplicado em uma hora/aula, ocorrerá a atividade experimental, no qual os alunos divididos em grupos ou individualmente deverão montar o experimento, dependendo da disponibilidade de tempo e espaço que o professor possui. Como a problemática em questão é a corrosão, escolheu-se analisar alguns aspectos do efeito corrosivo ocasionado pela poluição atmosférica e a chuva ácida por ela provocada. Esses efeitos podem ser explorados no dia a dia, mediante a observação de monumentos, estatuas, construções civis e etc. Haja vista serem comumente feitas de ferro, cobre, zinco e/ou ligas desses metais.

Para caracterizar a atividade experimental como uma atividade investigativa, utilizou-se questionamentos para orientar os alunos na montagem dos sistemas a partir dos materiais citados acima. Utilizou-se os seguintes questionamentos:

- a) *O ferro e o cobre irão sofrer o mesmo tipo de corrosão em um determinado meio?*
- b) *Como será que o processo de corrosão do ferro e do cobre em meio neutro e meio ácido? Será que se comportam do mesmo modo? E em meio Salino?*

Para a realização desse experimento serão necessários o uso de alguns materiais que estão listados no roteiro a seguir.

*Roteiro: Observando o comportamento do Cobre e do Ferro em meio aquoso*

### **Materiais**

6 copos transparentes de vidro (pode ser copo de requeijão ou conserva, ou copo descartável transparente e liso);

Plástico filme PVC;

3 pedaços de fio de cobre com aproximadamente 7cm; (fio elétrico semirrígido desencapado)

3 pregos de ferro;

Água potável;

Vinagre de álcool (aproximadamente 4% de acidez);

Sal de cozinha (NaCl);

Colher de sopa;

Medidor de volume (copo de liquidificador);

Caneta permanente ou uma fita crepe.

**Figura 2:** Materiais necessários para a realização do experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### **Procedimento para o Preparo do Material**

1º: Corte o fio elétrico de cobre em três pedaços com 7 cm cada, e em seguida desencape-os. Separe-os com os três pregos de ferro.

2º: Preparação das soluções que serão usadas no experimento.

- Solução 1: Solução aquosa saturada de cloreto de sódio

Adicione uma colher de sopa de sal (aproximadamente 20g) em 500 mL de água. Para medir a água use um recipiente graduado (copo de liquidificador, medidor culinário). Mexa até que todo sal dissolva, formando uma solução homogênea.

- Solução 2: Solução de vinagre com cloreto de sódio

Adicione uma colher de sopa de sal em 500 mL de vinagre de álcool. Para medir a solução de vinagre use um recipiente graduado (copo de liquidificador, medidor culinário). Mexa até que todo sal dissolva, formando uma solução homogênea.

### 3º: Montagem dos sistemas

#### Primeiro Sistema – Água potável

Pegue dois copos de vidro e, utilizando a caneta permanente, escreva no copo algo para indicar que é água. Caso não tenha a caneta use a fita crepe com caneta comum. Em seguida coloque em cada copo 250 mL de água potável e reserve, como representado na Figura 3.

#### Segundo Sistema – Solução 1

Pegue dois copos de vidro e, utilizando a caneta permanente, escreva no copo algo para indicar que é a solução aquosa de cloreto de sódio. Caso não tenha a caneta use a fita crepe com caneta comum. Em seguida coloque em cada copo 250 mL da solução que já estava preparada e reserve, como representado na Figura 4.

#### Terceiro Sistema – Solução 2

Pegue dois copos de vidro e, utilizando a caneta permanente, escreva no copo algo para indicar que é a solução de vinagre com cloreto de sódio. Caso não tenha a caneta use a fita crepe com caneta comum. Em seguida coloque em cada copo 250 mL da solução que já estava preparada e reserve, como representado na Figura 5.



Figura 3: Água potável



Figura 4: Solução aquosa de NaCl



Figura 5: Solução de vinagre com NaCl

Fonte: Elaborada pelo autor.

4º: Coloque os metais dentro dos copos de maneira que fique um pedaço de fio de cobre em cada tipo de solução e um prego em cada tipo de solução, como representado na Figura 6. Em seguida, tampe cada copo com plástico filme PVC, para que o sistema não sofra nenhuma alteração devido o contato com o meio externo.

Figura 6: Sistemas montados para serem observados.



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### Observação e levantamento de dados:

Os sistemas descritos acima, são as possibilidades que os alunos podem propor a partir dos questionamentos iniciais. Após a montagem dos sistemas, os alunos deverão tomar nota do que estão observando. Para que no final possa ser feita uma comparação sobre o que ocorreu com os sistemas durante o processo é necessário que sejam tomados alguns cuidados, como:

- O experimento deve ficar em repouso, em um local com sombra e fresco, que não tenha a necessidade de ser retirado, durante o período de 15 dias.
- Se for possível, montar uma iluminação fixa (abajur, luminária...), para auxiliar na captura das imagens.
- Uma vez ao dia tirar fotos, sempre no mesmo horário.
- Anotar as observações relacionadas a cada sistema, indicando se ocorreu alguma alteração no metal e na solução. No Apêndice I está o modelo de uma tabela que pode ser utilizada pelos alunos para fazer as anotações.

### **3° ENCONTRO:**

O terceiro encontro foi programado para ser no dia em que a turma tem duas horas/aula, pois é o momento em que o professor irá trabalhar os conceitos que fazem parte do conteúdo programático da escola.

Como será o primeiro contato do professor com a turma após a montagem do experimento, é importante reservar os 20 primeiros minutos da aula para conversar com os alunos sobre o que eles já observaram, e analisar os dados e fotografias coletadas até o momento, para caso haja necessidade de alguma orientação.

Após o primeiro momento da aula, o professor deverá introduzir o conteúdo que será trabalhado, e assim construir com os alunos o conceito científico relacionado à corrosão, seguindo o plano de aula que está no apêndice II deste material. É importante que a problemática que foi exposta no primeiro encontro, seja trabalhada nesse momento também, pois assim a aprendizagem ocorrerá de forma significativa.

### **4° ENCONTRO:**

No quarto encontro deverá ser trabalhado a aplicação do conhecimento, a partir da realização de atividades de fixação (Apêndice III), essas atividades podem ser discursivas ou objetivas, o importante é que os exercícios utilizados nesse momento, sejam exercícios contextualizados envolvendo situações e problemáticas presentes no cotidiano do aluno, podendo assim, gerar uma discussão sobre o assunto e os alunos poderão utilizar seus conhecimentos para resolvê-los.

**5º ENCONTRO:**

O quinto e último encontro é o momento no qual o professor deve organizar um debate, no qual os alunos deverão mostrar o que observaram do experimento, durante os quinze dias. O papel do professor nesse momento é fundamental, já que ele deve mediar os conceitos teóricos trabalhados durante os encontros, com o resultado do experimento observado pelos alunos.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

BOURSCHEID, J.L.W.; FARIAS, M.E. A convergência da educação ambiental, sustentabilidade, ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e ambiente (CTSA) no ensino de ciências. **Revista Thema**, v. 11, n.01, p.24-36, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica: Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2. Brasília, 2006.

DORNELES, V.T. *Construção de uma sequência didática para o ensino de processos eletroquímicos de corrosão no ensino médio*. Volta Redonda, 2021, 89 f. Dissertação (Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) – Instituto de Ciência Exatas, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2021.

FERNANDES, I.M.B.; PIRES, D.M.; DELGADO-IGLESIAS, J. Perspectiva ciência, tecnologia, sociedade, ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de ciências naturais do 6º ano de escolaridade. **Ciência Educação**, Bauru, v. 4, p.875-890, 2018.

RIO DE JANEIRO. Secretária de Estado de Educação. Currículo mínimo: Química. Rio de Janeiro, 2012.

SILVA, R.M. et al. Conexões entre cinética química e eletroquímica: A experimentação na perspectiva de uma aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 237-243, agosto 2016.

**Apêndice I – MODELO DE TABELA PARA OS ALUNOS ANOTAREM AS  
OBSERVAÇÕES**

A tabela para impressão encontra-se na próxima página.

SISTEMAS	1º SISTEMA		2º SISTEMA		3º SISTEMA	
	COBRE	FERRO	COBRE	FERRO	COBRE	FERRO
COMPONENTES	AGUA		AGUA + SAL		VINAGRE + SAL	
METAIS						
	1º dia					
	2º dia					
	3º dia					
	4º dia					
	5º dia					
	6º dia					
	7º dia					
	8º dia					
	9º dia					
	10º dia					
	11º dia					
	12º dia					
	13º dia					
	14º dia					
	15º dia					
OBSERVAÇÕES						

**Apêndice II - PLANO DE AULA DE QUÍMICA**

*Cidade, data.*

**1. DADOS DE IDENTIFICAÇÃO:**

ESCOLA: \_\_\_\_\_

PROFESSORA: \_\_\_\_\_

SÉRIE: 2º ano do Ensino Médio

TURMA: \_\_\_\_\_

PERÍODO: \_\_\_\_\_

DURAÇÃO DA AULA: 2 horas/aula (1h e 40min).

TEMA: Processos eletroquímicos de corrosão

**2. OBJETIVO GERAL:**

- ✓ Compreender o aspecto da corrosão dos metais.

**3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ✓ Conceituar o processo de corrosão;
- ✓ Identificar um processo de corrosão;
- ✓ Relacionar a corrosão com o processo de oxirredução;
- ✓ Relacionar a reatividade dos metais com o potencial de redução;
- ✓ Comparar o comportamento dos diferentes metais.

**4. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:**

- ✓ Potencial de redução;
- ✓ Semirreações de redução;
- ✓ Corrosão.

**5. DESENVOLVIMENTO DO TEMA:**

20' – (Observação): neste momento os alunos serão questionados sobre o experimento que já deve estar em andamento. O professor deve questioná-los sobre o que eles já começaram a observar, e incentivá-los com perguntas que possam provocar a curiosidade no resultado.

10' – (Introdução): O professor deve dar uma breve introdução oral sobre o que será abordado durante a aula, falando sobre os processos eletroquímicos e o que eles envolvem.

40' – (Exposição): Nesse momento será abordado o conteúdo programático, trabalhando os conceitos científicos de eletroquímica relacionados aos potenciais padrão de redução dos metais, aos processos de oxirredução e como ocorre a corrosão.

5' – (Exposição): Apresentação de recortes de uma animação sobre a corrosão dos metais.

25' – (Discussão): Momento para relacionar o fenômeno de corrosão com fatos observados no cotidiano, retomando assim os assuntos abordados no primeiro encontro.

## 6. RECURSOS DIDÁTICOS:

**Levando em consideração as aulas em regime remoto.**

- ✓ Computador;
- ✓ Material para a aula (PowerPoint, vídeo de animação);

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

**Livro adotado pela escola:**

USBERCO, João. Conecte Química, Volume Único/ João Usberco, Edgard Salvador. – 1.ed. – São Paulo : Saraiva, 2014.

Video: Corrosão < <https://www.youtube.com/watch?v=mD7QcTjGZCU> > Acessado em: 06/01/2021 às 11:57.

### **Bibliografia Complementar:**

ATKINS, Peter. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente/ Peter Atkins, Loretta Jones; tradução técnica: Ricardo Bicca de Alencastro. – 5. ed. – Porto Alegre : Bookman, 2012.

SANJUAN, M.E.C. et al. Maresia: Uma proposta para o ensino de eletroquímica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n.3, agosto 2009.

SOUZA, E.T. et al. Corrosão de metais por produtos de limpeza. **Química Nova na Escola**, n. 26, p. 44-46, nov. 2007.

### Apêndice III – ATIVIDADES DE FIXAÇÃO

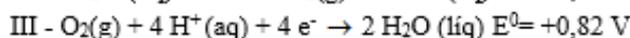
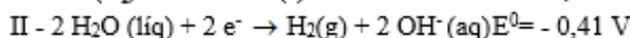
1. (UECE 2017) Para preservar o casco de ferro dos navios contra os efeitos danosos da corrosão, além da pintura são introduzidas placas ou cravos de certo material conhecido como “metal de sacrifício”. A função do metal de sacrifício é sofrer oxidação no lugar do ferro. Considerando seus conhecimentos de química e a tabela de potenciais de redução impressa abaixo, assinale a opção que apresenta o metal mais adequado para esse fim.

Metal	Potencial de redução em volts
Cobre	$\text{Cu}^{2+} + 2 e^{-} \rightarrow \text{Cu}^0$ $E^0 = +0,34$
Ferro	$\text{Fe}^{2+} + 2 e^{-} \rightarrow \text{Fe}^0$ $E^0 = -0,44$
Magnésio	$\text{Mg}^{2+} + 2 e^{-} \rightarrow \text{Mg}^0$ $E^0 = -2,37$
Potássio	$\text{K}^{+} + 1 e^{-} \rightarrow \text{K}^0$ $E^0 = -2,93$
Cádmio	$\text{Cd}^{2+} + 2 e^{-} \rightarrow \text{Cd}^0$ $E^0 = -0,40$

- a) Potássio.
- b) Cádmio.
- c) Cobre.
- d) Magnésio.

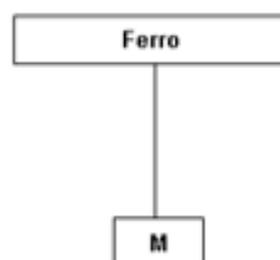
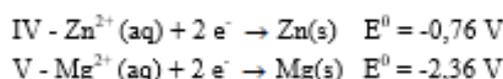
2. (UFPR 2004 / adaptada) A corrosão dos metais é um processo de considerável importância econômica porque diminui a vida útil dos produtos metálicos, cuja substituição é de custo elevado.

Durante o processo de corrosão, os metais sofrem oxidação. O ferro, por exemplo, oxida-se, resultando na ferrugem ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). A transformação de ferro metálico em ferrugem só ocorrerá na presença de um agente oxidante. As semirreações a seguir estão envolvidas no processo de corrosão do ferro.



Uma maneira simples de prevenir a corrosão consiste em proteger a superfície metálica pela pintura. Outra forma de proteção é a galvanização, que consiste na aplicação de uma camada de zinco à superfície do ferro.

Grandes estruturas podem ser protegidas pela sua conexão a um bloco de zinco ou magnésio (ver figura), onde M representa Mg ou Zn). Conforme o caso, as semirreações envolvidas são:



Com base no texto acima, julgue as afirmativas em verdadeiras ou falsas.

- ( ) As semirreações I e II indicam que uma película de água pura sobre a superfície do ferro é um poderoso oxidante desse metal, resultando na ferrugem.
- ( ) A semirreação III revela que o gás oxigênio favorece o processo de corrosão.
- ( ) Uma película de tinta previne a corrosão por impedir o contato do metal com o agente oxidante.
- ( ) Na galvanização, o zinco protege o ferro por ceder elétrons mais facilmente que este último.
- ( ) O zinco é um melhor redutor que o magnésio.
- a) F, F, V, V, F.  
 b) V, V, F, V, F.  
 c) F, V, V, V, F.  
 d) V, F, V, F, V.

3. (MACKENZIE 2016) Em instalações industriais sujeitas à corrosão, é muito comum a utilização de um metal de sacrifício, o qual sofre oxidação mais facilmente que o metal principal que compõe essa instalação, diminuindo eventuais desgastes dessa estrutura. Quando o metal de sacrifício se encontra deteriorado, é providenciada sua troca, garantindo-se a eficácia do processo denominado proteção catódica.

Considerando uma estrutura formada predominantemente por ferro e analisando a tabela abaixo que indica os potenciais-padrão de redução ( $E^{\circ}_{\text{red}}$ ) de alguns outros metais, ao ser eleito um metal de sacrifício, a melhor escolha seria

Metal	Equação da semirreação	Potenciais-padrão de redução ( $E^{\circ}_{\text{red}}$ )
Magnésio	$\text{Mg}^{+2}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{s})$	-2,38 V
Zinco	$\text{Zn}^{+2}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76 V
Ferro	$\text{Fe}^{+2}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,44 V
Chumbo	$\text{Pb}^{+2}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Pb}(\text{s})$	-0,13 V
Cobre	$\text{Cu}^{+2}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+0,34 V

- a) o magnésio.  
 b) o cobre.  
 c) o ferro.  
 d) o chumbo.

4. (G1 - cps 2010) A durabilidade dos materiais empregados em construções está relacionada à região em que se encontram. Para que ocorra a corrosão do ferro (com formação de ferrugem) são necessárias as presenças de oxigênio e de umidade. Além disso, o sal e poluentes atmosféricos aceleram o processo. Uma forma de proteção contra a corrosão, por exemplo, é a pintura com tinta esmaltada.

Em relação ao processo de corrosão, analise as seguintes situações sobre quatro residências cujos portões são de ferro.

- A residência 1 tem portões pintados e se localiza em região industrial de clima seco.
- A residência 2 tem portões pintados e se localiza em região residencial de clima seco.
- A residência 3 tem portões sem pintura e se localiza em região litorânea de clima úmido.
- A residência 4 tem portões com pintura descascada e se localiza em região industrial de clima úmido.

As duas residências cujos portões estão mais protegidos da corrosão são

- a) 1 e 3.
- b) 1 e 2.
- c) 2 e 3
- d) 2 e 4.

5. Nas regiões úmidas do litoral brasileiro, a corrosão é muito mais intensa do que em atmosfera de baixa umidade, como a do sertão nordestino. A corrosão é sempre uma deterioração dos metais, provocada por processos eletroquímicos (processos redox), causando sérios prejuízos financeiros.



Imagem disponível em: <http://www.brasileirosia.com/quimica/materia-corrosao-dos-metais.htm> Acesso: 10 out. 2013.

Levando em consideração os conceitos envolvidos em uma reação de corrosão, dê o somatório das afirmativas corretas.

- 01) Em uma reação de oxirredução, o agente oxidante recebe elétrons do agente redutor.
- 02) De acordo com o meio, o processo de corrosão ocorre, normalmente, com os metais que apresentam um menor potencial de redução.
- 04) O processo de corrosão é mais lento em uma região úmida e industrial.
- 08) O processo de corrosão ocorre de forma espontânea.
- 16) O ouro tem um elevado potencial de redução, o que significa que ele é um bom agente redutor.

6. (UFJF-pism – 2017/ adaptada) O alumínio é um excelente agente redutor e, portanto, não pode ser utilizado na confecção de tanques para transporte e armazenagem de ácido clorídrico. Por outro lado, pode ser usado no transporte de ácido nítrico, uma vez que o alumínio é rapidamente oxidado formando uma camada protetora de óxido de alumínio que protege o metal de outros ataques.

Semirreações:	$E^\circ$
$Al_{(aq)}^{3+} + 3 e^- \rightleftharpoons Al_{(s)}$	-1,66 V
$2 H_{(aq)}^+ + 2 e^- \rightleftharpoons H_2$	+0,00 V
$4 H_{(aq)}^+ + 2 NO_3^-_{(aq)} + 2 e^- \rightleftharpoons 2 NO_{2(g)} + 2 H_2O_{(l)}$	+0,80 V
$Cu_{(aq)}^{2+} + 2 e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$	+0,34 V
$O_{2(g)} + 2 H_2O_{(l)} + 4 e^- \rightleftharpoons 4 OH^-_{(aq)}$	+0,40 V

- Por que o alumínio não pode ser usado no transporte de ácido clorídrico? .
- Com base nos potenciais-padrão discuta a possibilidade de substituição do alumínio pelo cobre no transporte de ácido clorídrico.
- O uso de tanques de cobre está sujeito ao processo de corrosão pelo oxigênio do ar formando uma camada esverdeada (mistura de óxidos e hidróxidos de cobre), com base nos potenciais-padrão explique esse processo.

**GABARITO**

- 1- A
- 2- C
- 3- A
- 4- B
- 5-  $01+02+08=11$
- 6- A) analisando os potenciais de redução do alumínio e do  $H^+$ , o alumínio tem menor potencial de redução, logo em contato com o ácido clorídrico irá sofrer oxidação, impossibilitando o transporte.  
B) O cobre apresenta um potencial de redução maior que do ácido clorídrico, não ocorrendo a reação não sendo, portanto, oxidado pelo ácido. Assim, o cobre poderá substituir o alumínio no transporte do ácido clorídrico.  
C) Como o cobre apresenta um menor potencial de redução que o oxigênio, quando entra em contato com ele sofre oxidação, o processo responsável por sua corrosão.

## Apêndice IV- ROTEIRO PARA USO DO ALUNO

### *Roteiro: Observando o comportamento do Cobre e do Ferro em meio aquoso*

#### **Materiais**

6 copos transparentes de vidro ou plástico liso;  
Plástico filme PVC;  
3 pedaços de fio de cobre com aproximadamente 7cm; (fio elétrico semirrigido desencapado)  
3 pregos de ferro;  
Água potável;  
Vinagre de álcool;  
Sal de cozinha (NaCl);  
Colher de sopa;  
Medidor graduado para volume;  
Caneta permanente ou uma fita crepe.

#### **Procedimento**

1º: Separe os três pedaços de fio de cobre e os três pregos.

2º: Preparação das soluções que serão usadas no experimento.

- Solução 1: Solução aquosa saturada de cloreto de sódio

Adicione uma colher de sopa de sal em 500 mL de água. Para medir a água use um recipiente graduado (copo de liquidificador, medidor culinário). Mexa até que todo sal dissolva, formando uma solução homogênea.

- Solução 2: Solução de vinagre com cloreto de sódio

Adicione uma colher de sopa de sal em 500 mL de vinagre de álcool. Para medir a solução de vinagre use um recipiente graduado (copo de liquidificador, medidor culinário). Mexa até que todo sal dissolva, formando uma solução homogênea.

3º: Montagem dos sistemas

Primeiro Sistema – Água potável

Pegue dois copos de vidro e, utilizando a caneta permanente, escreva no copo algo para indicar que é água. Em seguida coloque em cada copo 250 mL de água potável e reserve.

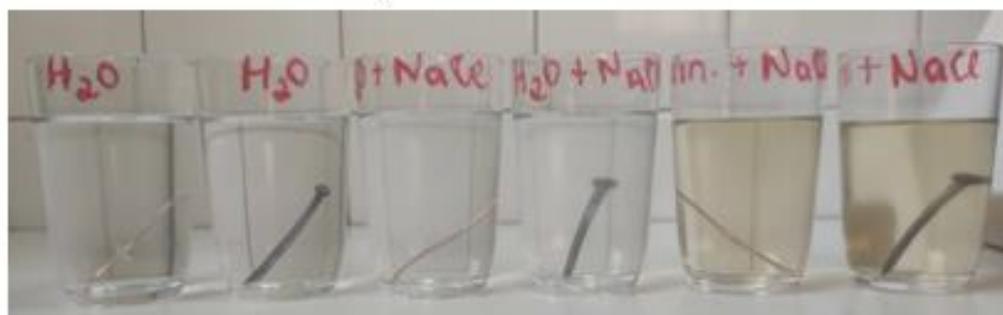
#### Segundo Sistema – Solução 1

Pegue dois copos de vidro e, utilizando a caneta permanente, escreva no copo algo para indicar que é a solução aquosa de cloreto de sódio. Em seguida coloque em cada copo 250 mL da solução que já estava preparada e reserve.

#### Terceiro Sistema – Solução 2

Pegue dois copos de vidro e utilizando a caneta permanente e escreva no copo algo para indicar que é a solução de vinagre com cloreto de sódio. Em seguida coloque em cada copo 250 mL da solução que já estava preparada e reserve.

4º: Coloque os metais dentro dos copos de maneira que fique um pedaço de fio de cobre em cada tipo de solução e um prego em cada tipo de solução, como representado na imagem abaixo. E em seguida tampar cada copo com plástico filme PVC, para que o sistema não sofra nenhuma alteração devido o contato com o meio externo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### Observação e levantamento de dados:

- O experimento deve ficar em repouso em um local com sombra e fresco, que não tenha a necessidade de ser retirado, durante o período de 15 dias.
- Se for possível montar uma iluminação fixa (abajur, luminária...), para auxiliar na captura das imagens.
- Uma vez ao dia tirar fotos, sempre no mesmo horário.
- Anotar as observações relacionadas a cada sistema, indicando se ocorreu alguma alteração no metal e na solução. No Apêndice I está o modelo de uma tabela que pode ser utilizada pelos alunos para fazer as anotações.