



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL**

SHIRLEY FREIRE DE FRANÇA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O ESTUDO DE CORROSÃO ELETROQUÍMICA
PROPOSTA PARA O ENSINO TÉCNICO EM QUÍMICA**

Recife/PE

2021

SHIRLEY FREIRE DE FRANÇA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O ESTUDO DE CORROSÃO ELETROQUÍMICA
PROPOSTA PARA O ENSINO TÉCNICO EM QUÍMICA**

Dissertação de Mestrado apresentado à Coordenação do Programa do Mestrado Profissional de Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFRPE), como requisito a obtenção do título de mestre em Química.

Orientadora: Prof^a. Dra. Kátia Critstina Silva de Freitas

Co-orientadora: Prof^a. Dra. Sandra Rodrigues de Souza.

Recife/PE

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S558 de França, Shirley Freire
SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O ESTUDO DE CORROSÃO ELETROQUÍMICA PROPOSTA PARA O ENSINO TÉCNICO EM QUÍMICA: Sequência didática proposta para o ensino de Química / Shirley Freire de França. - 2021.
175 f.
- Orientadora: Profa Dra Katia Cristina Silva de Freitas.
Coorientadora: Profa Dra Sandra Rodrigues de Souza .
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Química (PROFQUI), Recife, 2021.
1. Corrosão. 2. Curso Técnico em Química. 3. Sequência Didática. 4. Experimentação. I. Freitas, Profa Dra Katia Cristina Silva de, orient. II. Souza, Profa Dra Sandra Rodrigues de, coorient. III. Título

SHIRLEY FREIRE DE FRANÇA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O ESTUDO DE CORROSÃO ELETROQUÍMICA
PROPOSTA PARA O ENSINO TÉCNICO EM QUÍMICA**

Dissertação de Mestrado apresentado à
Coordenação do Programa do Mestrado
Profissional de Química em Rede Nacional
(PROFQUI/UFRPE), como requisito a obtenção
do título de mestre em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Kátia Critstina Silva de
Freitas

Co-orientadora: Profa. Dra. Sandra Rodrigues de
Souza..

Data de aprovação: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Kátia Critstina Silva de Freitas

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

(Orientadora-Presidente)

Profa. Dra. Sandra Rodrigues de Souza

(Co-orientadora)

Prof. Dr. João Rufino de Freitas Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

(Membro Interno)

Profa. Dra. Flávia Christiane Guinhos de Menezes Barreto Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

(Membro Interno)

Profa. Dra. Ivoneide Mendes da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

(Membro Externo)

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Roseane Freire de França, *in memorian*, pelo amor incondicional, por ser a minha referência de ser humano, minha referência de vida, pessoa singular e esplendorosa em todos os aspectos, um exemplo de mãe, mulher, esposa, filha. Minha mãe eterna e minha força propulsora de toda a minha vida. A ti, dedico o meu melhor sempre. És a minha vida e não há um segundo que não pense em ti, és o amor mais pleno e intenso que existe em mim (não há palavras para tal descrição que represente tamanho amor e gratidão).

À professora Kátia Cristina Silva de Freitas, minha orientadora, pela paciência, compreensão, pelo incentivo e apoio de sempre desde a vida acadêmica até a vida profissional. Exemplo de humildade e empatia, meu muito obrigada!

Ao programa, PROFQUI/UFRPE e todos os docentes e discentes que contribuem e contribuíram para a busca do conhecimento e profissionalização.

RESUMO

O estudo da corrosão para estudantes do ensino técnico em Química apresenta uma série de dificuldades, tais quais: conteúdos inerentes, pouca idade dos alunos envolvidos e tecnicidade da unidade curricular. Com o objetivo de estreitar essa relação e promover um estudo de forma interativa, dinâmica e efetiva por parte dos estudantes, propõe-se uma sequência didática composta por momentos de discussão, interação, trabalho de campo e experimentação utilizando as nanopartículas de prata na inibição de corrosão. Sendo um instrumento de caráter mediativo, organizado e articulado, a sequência didática proposta visa ajudar na disseminação de um processo construtivo de ensino e aprendizagem bem como mediar a aprendizagem de forma ativa, uma vez que o planejamento articulado minimiza barreiras no processo e instiga o aluno a ser o protagonista nesse processo, buscando a análise, o senso crítico e analítico. A sequência didática proposta tem quatro momentos: avaliação diagnóstica, apresentação de imagens e situação problema (momento 1), abordagem conceitual da unidade curricular sobre corrosão com aplicação de questionários, situação de aprendizagem e exercício (momento 2), trabalho de campo (momento 3) e no momento 4, são propostas atividades práticas experimentais utilizando nanopartículas de prata como inibidoras de corrosão. A experimentação, o debate e o trabalho de campo são características relevantes na sequência didática proposta. Essa sequência didática não foi aplicada com os alunos devido a pandemia que acarretou a suspensão das aulas presenciais nas escolas. A sequência didática proposta foi avaliada por dez professores de Química que responderam a um questionário com o intuito de validar a sequência didática. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios e os avaliadores evidenciaram que a sequência proposta apresenta situação de aprendizagem, incentivo à reflexão dos alunos por busca de soluções, problematização, experimentação, debates e protagonização dos alunos na construção do conhecimento através de metodologias educacionais. O produto educacional desenvolvido é uma proposta de sequência didática que tem o objetivo de orientar e facilitar as práticas educacionais sobre o ensino da corrosão no curso técnico em Química.

Palavras chave: Corrosão. Curso técnico em química. Sequência didática. Experimentação.

ABSTRACT

The study of corrosion for students of technical education in chemistry presents a series of difficulties, such as: inherent content, young age of the students involved and technicality of the curricular unit. In order to strengthen this relationship and promote an interactive, dynamic and effective study on the part of students, we propose a didactic sequence composed of moments of discussion, interaction, fieldwork and experimentation using silver nanoparticles to inhibit corrosion. Being a meditative, organized and articulated instrument, the proposed didactic sequence aims to help in the dissemination of a constructive teaching and learning process as well as actively mediating learning, since articulated planning minimizes barriers in the process and instigates the student to be the protagonist in this process, seeking analysis, critical and analytical sense. The proposed didactic sequence has four moments: diagnostic evaluation, image presentation and problem situation (moment 1), conceptual approach of the course on corrosion with the application of questionnaires, learning and exercise situation (moment 2), fieldwork (moment 3) and at time 4, practical experimental activities using silver nanoparticles as corrosion inhibitors are proposed. Experimentation, debate and fieldwork are relevant features in the proposed didactic sequence. This didactic sequence was not applied to the students due to the pandemic that led to the suspension of classroom classes in schools. The proposed didactic sequence was evaluated by ten Chemistry teachers who answered a questionnaire in order to validate the didactic sequence. The results obtained were quite satisfactory and the evaluators showed that the populated sequence presents a learning situation, encouraging students to reflect on the search for solutions, problematization, experimentation, debates and the role of students in the construction of knowledge through educational methodologies. The educational product developed is a proposal for a didactic sequence that aims to guide and facilitate educational practices on teaching corrosion in the technical course in Chemistry.

Keywords: Corrosion. Technical course in chemistry. Following teaching. Experimentation.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Corrosão galvânica apresentada em superfície metálica..... | 16 |
| Figura 2 | Corrosão apresentada em superfície metálica | 18 |
| Figura 3 | Tabela de potencial de eletrodo padrão..... | 20 |
| Figura 4 | Corrosão uniforme apresentada em superfície metálica..... | 21 |
| Figura 5 | Corrosão galvânica apresentada em superfície metálica..... | 22 |
| Figura 6 | Representação da exposição de diferentes superfícies em contato com água..... | 24 |
| Figura 7 | Etapas de formação das nanopartículas de prata..... | 26 |
| Figura 8 | Níveis de desenvolvimento proposto por Vygotsky..... | 29 |
| Figura 9 | Mediação da Prática Pedagógica..... | 31 |
| Figura 10 | Diagrama didático para a construção de uma sequência didática..... | 34 |
| Figura 11 | Indicação de graus de liberdade professor/aluno aulas laboratório.... | 38 |
| Figura 12 | Etapas da Elaboração de Minutas de Contextos de Trabalho e de Perfis Profissionais..... | 41 |
| Figura 13 | Pilares da instituição..... | 41 |
| Figura 14 | Componentes Modulares do Curso Técnico em Química..... | 43 |
| Figura 15 | Imagens de diferentes materiais que apresentam algum tipo de corrosão..... | 56 |
| Figura 16 | Nanopartículas de prata sintetizada..... | 69 |
| Figura 17 | Experimentos eletroquímicos: Al, Zn e Cu em meio ácido..... | 70 |
| Figura 18 | Experimentos eletroquímicos: Cu, Al e Fe em meio salino..... | 71 |
| Figura 19 | Experimentos eletroquímicos: Zn e Fe em meio ácido..... | 71 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|------------------|---|----|
| Quadro 1 | Resumo da sequência didática proposta..... | 51 |
| Quadro 2 | Questionário para sondagem do conhecimento prévio dos alunos sobre corrosão..... | 53 |
| Quadro 3 | Objetivos de aprendizagem nas perguntas propostas no momento 1..... | 54 |
| Quadro 4 | Objetivo de aprendizagem das imagens apresentadas no momento 1 | 56 |
| Quadro 5 | Situação problema momento 1..... | 57 |
| Quadro 6 | Questionário para levantamento de hipóteses para a situação problema apresentada..... | 57 |
| Quadro 7 | Objetivos de aprendizagem da situação problema apresentada no momento 1..... | 58 |
| Quadro 8 | Objetivos de aprendizagem do questionário da situação problema | 58 |
| Quadro 9 | Objetivos de aprendizagem nos conteúdos abordados e exercício presentes no momento 2..... | 61 |
| Quadro 10 | Questionário para verificação da fundamentação teórica apresentada no contexto da situação de aprendizagem..... | 62 |
| Quadro 11 | Objetivo de aprendizagem do trabalho de campo do momento 3 | 65 |
| Quadro 12 | Objetivo de aprendizagem do momento 4..... | 67 |
| Quadro 13 | Questionário das atividades práticas experimentais..... | 72 |
| Quadro 14 | Objetivos de aprendizagem do questionário das atividades práticas experimentais do momento 4..... | 72 |
| Quadro 15 | Perfil acadêmico e profissional dos professores avaliadores participantes da validação sequência didática proposta para o ensino de corrosão..... | 76 |
| Quadro 16 | Respostas dos professores Q.1..... | 77 |
| Quadro 17 | Respostas dos professores Q.2..... | 79 |
| Quadro 18 | Respostas dos professores Q.3..... | 80 |
| Quadro 19 | Respostas dos professores Q.4..... | 81 |
| Quadro 20 | Respostas dos professores Q.5..... | 82 |
| Quadro 21 | Respostas dos professores Q.6..... | 84 |
| Quadro 22 | Respostas dos professores Q.7..... | 85 |
| Quadro 23 | Respostas dos professores Q.8..... | 86 |
| Quadro 24 | Respostas dos professores Q.9..... | 87 |
| Quadro 25 | Respostas dos professores Q.10 e Q.12..... | 88 |
| Quadro 26 | Respostas dos professores Q.11..... | 90 |
| Quadro 27 | Respostas dos professores Q.13..... | 91 |

| | | |
|------------------|--|----|
| Quadro 28 | Respostas dos professores Q.14..... | 92 |
| Quadro 29 | Dimensões aplicadas na sequência proposta..... | 95 |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| | INTRODUÇÃO..... | 12 |
| | Objetivo geral..... | 15 |
| | Objetivos específicos..... | 15 |
| 1 | REFERENCIAL TEÓRICO..... | 16 |
| | CAPÍTULO 1: Aspectos relevantes sobre corrosão..... | 16 |
| 1.1 | Conceitos de corrosão..... | 17 |
| 1.2 | Corrosão química e eletroquímica..... | 17 |
| 1.3 | Oxirredução..... | 19 |
| 1.4 | Potencial de eletrodo..... | 19 |
| 1.5 | Formas de corrosão, monitoramento e controle..... | 20 |
| 1.5.1 | Corrosão uniforme..... | 20 |
| 1.5.2 | Corrosão galvânica..... | 21 |
| 1.5.3 | Corrosão localizada..... | 22 |
| 1.5.4 | Formas de proteção..... | 23 |
| 1.6 | Nanotecnologia..... | 23 |
| 1.6.1 | Nanopartículas na inibição de corrosão..... | 24 |
| 1.6.2 | Nanopartículas de Prata..... | 25 |
| 1.6.3 | Síntese das nanopartículas de prata por redução de sais..... | 25 |
| | CAPÍTULO 2: Relevância do processo de ensino e aprendizagem..... | 27 |
| 2.1 | Pressupostos educacionais relevantes para a proposta didática..... | 27 |
| 2.1.1 | Vygotsky e o desenvolvimento da aprendizagem..... | 28 |
| 2.1.2 | Perrenoud e formação por competências..... | 30 |
| 2.1.3 | A importância da experimentação para o processo de ensino e aprendizagem..... | 31 |
| 2.2 | Sequência didática | 33 |
| 2.3 | Ensino por Investigação..... | 35 |
| 2.3.1 | Atividades Investigativas..... | 36 |
| 2.3.2 | Atividades Investigativas nas aulas de práticas experimentais..... | 37 |
| 2.4 | Situação problema..... | 38 |
| 2.5 | Ensino técnico | 40 |
| 2.5.1 | O SENAI - PE | 41 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 2.5.2 | Curso Técnico em Química..... | 42 |
| 2.6 | Revisão das pesquisas sobre o ensino de corrosão..... | 43 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 46 |
| 3.1 | Pesquisa qualitativa..... | 46 |
| 3.2 | Sujeitos da pesquisa..... | 47 |
| 3.3 | Instrumentos metodológicos..... | 48 |
| 3.4 | Contexto da pesquisa..... | 49 |
| 3.5 | Percurso metodológico..... | 50 |
| 3.5.1 | Proposta da sequência didática..... | 50 |
| 3.5.1.1 | Descrição e fundamentação do 1º momento da sequência didática..... | 53 |
| 3.5.1.2 | Descrição e fundamentação do 2º momento da sequência didática..... | 59 |
| 3.5.1.3 | Descrição e fundamentação do 3º momento da sequência didática..... | 64 |
| 3.5.1.4 | Descrição e fundamentação do 4º momento da sequência didática..... | 66 |
| 3.5.1.4.1 | Síntese das nanopartículas..... | 67 |
| 3.5.1.4.2 | Experimentos de eletroquímica..... | 69 |
| 3.5.1.4.3 | Questionário sobre os experimentos realizados..... | 71 |
| 3.6 | Validação da sequência didática..... | 73 |
| 3.6.1 | Validação de sequência didática de acordo com os pressupostos de Méheut..... | 73 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 76 |
| 4.1 | Análise dos resultados da validação da sequência didática sobre ensino da corrosão para o ensino técnico em química..... | 77 |
| 4.1.1 | Análise dos resultados da validação da sequência didática por questão... | 77 |
| 4.1.2 | Discussão dos resultados da validação da sequência didática..... | 95 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 97 |
| | REFERÊNCIAS..... | 100 |
| | APÊNDICE 1 – PRODUTO EDUCACIONAL..... | 106 |
| | APÊNDICE 2 – AULA EXPOSITIVA E DIALOGADA SOBRE FUNDAMENTOS ESSENCIAIS DA CORROSÃO, TIPOS E TRATAMENTOS..... | 126 |
| | APÊNDICE 3 - AULA EXPOSITIVA E DIALOGADA SOBRE GALVANOPLASTIA E GALVANIZAÇÃO..... | 137 |
| | APÊNDICE 4 - ENSAIOS PRÁTICOS DE CORROSÃO | 148 |

| | |
|---|-----|
| ELETROQUÍMICA UTILIZANDO AS NANOPARTÍCULAS DE PRATA COMO INIBIDORAS DE CORROSÃO..... | |
| APÊNDICE 5 - FICHA DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL | 155 |
| APÊNDICE 6 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA..... | 161 |
| APÊNDICE 7 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (SITUAÇÃO PROBLEMA)..... | 162 |
| APÊNDICE 8 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (SITUAÇÃO PROBLEMA)..... | 163 |
| APÊNDICE 9 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 2º MOMENTO DA SEQUÊNCIA – QUESTIONÁRIO PARA VERIFICAÇÃO DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA APRESENTADA NO CONTEXTO DA SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM..... | 164 |
| APÊNDICE 10 – FORMULÁRIOS DE RESPOSTA PARA O 3º MOMENTO DA SEQUÊNCIA..... | 167 |
| APÊNDICE 11 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 4º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (EXPERIMENTOS ELETROQUÍMICOS)..... | 168 |
| APÊNDICE 12 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 4º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (PERGUNTAS EXPERIMENTOS ELETROQUÍMICOS). | 169 |
| ANEXO I - EXERCÍCIO PROPOSTO PARA O 2º MOMENTO..... | 170 |

INTRODUÇÃO

O entendimento de Corrosão é um desafio para os estudantes que inicia com a tabela de potenciais de redução e oxidação que é a fundamentação para discernir o ânodo e cátodo até a aplicação tecnológica deste que abrange o conhecimento das formas de corrosão, meios corrosivos e inibidores de corrosão. Ao encontro disto, há também os aspectos técnicos da corrosão que para estudantes que ainda fazem o ensino médio, o desafio é maior ainda por ser uma unidade curricular muito profissional para estudantes de ensino regular que fazem simultaneamente o ensino técnico. Com o objetivo de diminuir essa dificuldade, propõe-se uma sequência didática integrada onde, em momentos diferentes, os estudantes de forma dinâmica e interativa irão compor os aspectos de ensino e aprendizagem de maneira ativa e serão os protagonistas em todas as etapas do processo.

De acordo com os autores Saviani (1980) e Libâneo (1981) que afirmam que na pedagogia tradicional, que tinha o professor era o como ator principal e o aluno era coadjuvante, um espectador que recebia o conhecimento de forma acumulativa. Atualmente, isso não se aplica mais e ao contrário do que afirmavam os autores acima, o professor é um mediador que permeia a busca incessante do aluno em estabelecer uma relação ativa em todas as fases do processo de aprendizagem. Essa tratativa vai desde o planejamento do plano de aula até a sua execução a depender do perfil, do contexto, do objetivo e da disciplina. Destaca-se a importância do entender o porquê e para quê se está aprendendo, nesse contexto, a sequência didática perpassa por estratégias de aprendizagem que facilitam o processo de ensino como uma das formas para minimizar essa distância entre o querer e o poder fazer, é a utilização de ferramentas educacionais que promovam a integração escola/aluno, aluno/sociedade, professor/aluno.

Diante da necessidade de quebrar paradigmas em vários contextos que estão associados aos conceitos e aplicações de corrosão, que na maioria das vezes, os alunos associam apenas a algo que “prejudica, que faz mal, que simplesmente degrada” e principalmente, não percebe a contribuição tecnológica que a corrosão representa ao crescimento econômico. A busca por novas tecnologias e principalmente, aos efeitos ao meio ambiente em reversão aos benefícios ofertados pela mesma para a Sociedade, tais quais, utilidade de baterias, tratamento de

superfícies anódicas e catódicas e principalmente aos meios eletroquímicos aplicáveis ao tratamento de efluentes em vários segmentos.

É pertinente ressaltar a importância do significado dos conteúdos abordados e, nesse sentido, a escolha por uma sequência didática que requer planejamento articulado com os objetivos desejados, o perfil didático de acordo com o plano de aprendizagem e o aspecto cognitivo a ser trabalhado com os alunos. Destaca-se que o conhecimento prévio dos alunos, a multidisciplinaridade e a contextualização são parte da proposta didática.

De acordo com Pires (2012), as atividades que são planejadas de forma sequencial podem contribuir significativamente para a aprendizagem de diversos conteúdos de ciências. Ao propor uma sequência didática, deve-se atentar para: o conteúdo a ser ensinado, as características cognitivas do aluno, a extensão didática, a significância do aprendizado e ao planejamento educacional da instituição. A compreensão do conhecimento científico requer a quebra de uma série de padrões que vão desde o uso das melhores ferramentas educacionais até o alcance dos objetivos prospectados para a compreensão da Ciência.

Para Oliveira (2013):

[...]uma proposta didático-metodológica que desenvolve uma série de atividades, tendo como ponto de partida a aplicação do círculo hermenêuticodialético para identificação de conceitos/definições, que subsidiam os componentes curriculares (temas), e, que são associados de forma interativa com teoria (s) de aprendizagem e/ou propostas pedagógicas e metodologias, visando à construção de novos conhecimentos e saberes (OLIVEIRA, 2013, p. 43).

Em discernimento ao citado, Méheut (2005) na perspectiva das sequências de ensino e aprendizagem, TLS: *Teaching-learning sequences* têm como objetivo facilitar a compreensão dos alunos para o conhecimento científico. Os componentes na perspectiva de Méheut são: o professor, os alunos, o conhecimento científico e o mundo material. Todos de forma integrada tem um objetivo bem definido que é facilitar o processo de ensino-aprendizagem de maneira ativa em todas as etapas de construção.

Entender os conceitos relacionados à corrosão vem sendo desafiador para o ensino de Química, quando certos conteúdos levam os alunos a discernirem sobre as tabelas de potências e todos os demais conteúdos associados ao uso dessas

tabelas, que não são simples de entendimento e em especial no âmbito prático experimental que a depender da estrutura, pode haver alguma limitação de aplicação. Ao encontro disso, planeja-se desenvolver uma sequência didática que contemple experimentações plausíveis, simples, de baixo custo e de fácil utilização, para tanto, se utilizará boa parte de materiais que podem estar em nosso dia a dia. Fazendo assim a diferença para quebrar as barreiras de aplicação de experimentação que vislumbra estimular o senso crítico dos alunos sobre alguns conceitos que parecem estarem distantes de nosso dia a dia, como os meios corrosivos, formas de corrosão e melhores opções de minimização de corrosão, levantando assim questões do cotidiano e de aplicação industrial já que o público de interesse da sequência proposta são alunos do curso técnico em química. Nesse contexto, entender a fundamentação sobre corrosão de forma debatedora e ativa durante as aulas fará parte da sequência proposta com o auxílio de embasamento técnico conceitual para as demais etapas propostas.

Não distante disso, destaca-se a aplicação da nanotecnologia, com a utilização de nanopartículas de prata em experimentos de eletroquímica. Assim sendo, juntar essa à corrosão de forma a quebrar padrões que parecem distantes de aplicação, será um dos objetos do trabalho proposto que utiliza as nanopartículas de prata como inibidor da corrosão.

Diante disso é feita a seguinte questão de pesquisa: Como professores de Química percebem as possíveis contribuições de uma proposta de sequência didática com experimentos quanto ao processo de ensino e aprendizagem de corrosão?

Objetivo geral

Analisar sob a ótica de professores de Química as possíveis contribuições de uma proposta de sequência didática com experimentos quanto ao processo de ensino e aprendizagem de corrosão eletroquímica.

Objetivos específicos

- ✓ Realizar uma sondagem diagnóstica dos alunos, com relação ao assunto de corrosão eletroquímica;
- ✓ Desenvolver experimentos sobre corrosão eletroquímica e sua inibição com as nanopartículas de prata para serem utilizados em uma proposta de sequência didática;
- ✓ Verificar na perspectiva de professores de química se a sequência didática proposta com experimentos favorece um processo de ensino e aprendizagem com viés investigativo.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico está dividido em dois capítulos. No capítulo 1, tem-se os aspectos relevantes sobre corrosão e no capítulo 2, a relevância do processo de ensino e aprendizagem.

CAPÍTULO 1. Aspectos relevantes sobre corrosão

A corrosão conforme mencionado anteriormente, representa na sua dimensão, formas e tratamentos que englobam aspectos a serem entendidos e estudados com o objetivo de minimizar os efeitos diversos sobre as superfícies. A depender do contexto, os efeitos podem apresentar um alto custo operacional. Os efeitos adversos impactam diretamente na funcionalidade e operacionalização de diversos processos. Destacam-se as seguintes perdas que podem ser obtidas a partir da corrosão: paradas de máquinas e equipamentos essenciais ao funcionamento industrial, exemplo, trocador de calor, caldeiras e a depender da severidade, necessidade de substituição de tubulações, perda de produtos e insumos, entupimentos diversos e a perda da capacidade produtiva de uma forma geral. Salienta-se contudo, que o alto custo operacional se dá caso não haja o monitoramento da corrosão e acompanhamento de plano de controle (GENTIL, 2012).

Na figura 1, é possível visualizar uma superfície que apresenta um tipo de corrosão muito comum, a corrosão galvânica.

Figura 1 - Corrosão galvânica apresentada em superfície metálica



Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020).

Contudo, há um aspecto em potencial da corrosão que muitos desconhecem que é o aspecto benéfico, onde ocasiona uma verdadeira contribuição tecnológica para diversos segmentos de aplicação. Nesse contexto, destaca-se que a corrosão diferentemente do que muitos pensam, detém seu aspecto positivo do ponto de vista operacional, pois a partir da determinação das causas e mecanismos, é possível indicar a melhor forma de proteção e tratamento. Nesse perfil, destacam-se os benefícios: tratamento de superfície como forma de inibição de corrosão, acabamento e utilização do princípio eletroquímico para a fabricação de insumos de diversas natureza, como por exemplo, a eletrólise adotada para a fabricação de soda cáustica, gás hidrogênio e outros. De uma forma geral, as superfícies metálicas são as que sofrem maior corrosão (GENTIL, 2012).

1.1 Conceito de corrosão

Corrosão é um fenômeno que ocorre em todos os materiais, sejam eles quais forem. É a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos (GENTIL, 2012). As interações físico-químicas decorrentes do processo corrosivo entre o material e o meio a que se encontra exposto, pode resultar em danos irreversíveis (CASTRO, 2013).

A exposição das superfícies metálicas em determinados meios corrosivos, tais quais: água do mar, altas temperatura, contato direto com o solo, umidade e alta pressão podem acarretar celeridade no processo corrosivo. Estabelecer critérios de controles, monitoramento e conhecer os processos corrosivos são importantes para a promoção do estudo adequado e aplicação de técnicas que conferem combate à corrosão (CASTRO, 2013).

1.2 Corrosão química e eletroquímica

Corrosão química é um processo resultante de uma reação química entre o meio corrosivo e o material metálico que resulta na formação de um produto de corrosão sobre a superfície. Esse tipo de corrosão é conhecida como corrosão seca, para sua ocorrência, não necessita de presença de água e corresponde ao

ataque de um agente químico diretamente sobre o material, sem transferência de elétrons de uma área para outra (GENTIL, 2012). Na figura 2, pode-se verificar a ocorrência da corrosão química em superfícies.

Figura 2 - Corrosão apresentada em superfície metálica



Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020).

Em termos de mecanismo, a corrosão química tem a transferência de cargas ou elétrons, não havendo a formação, portanto, de uma corrente elétrica, ocorrendo o ataque de um agente químico diretamente sobre o material (GENTIL, 2012).

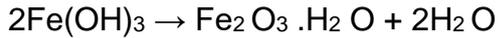
A corrosão eletroquímica é um processo espontâneo e pode ocorrer quando um metal ou liga está em contato com eletrólito. Simultaneamente ocorre reações anódicas (oxidação) e catódicas (redução). Na reação catódica ocorre a redução (ganho de elétrons) e na anódica, oxidação (perda de elétrons). A transferência dos elétrons da região anódica para a catódica é feita por meio de um condutor metálico, e a difusão de ânions e cátions na solução fecha o circuito elétrico (MAINER, 2006).

Nas reações abaixo, é possível visualizar as etapas que perpassam o processo simultâneo de oxirredução até a obtenção da formação da ferrugem: Fe_3O_4 (coloração preta) e $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (coloração alaranjada ou castanho-avermelhada) (MAINER, 2006).

Reação anódica (oxidação): $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$

Reação catódica (redução): $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

$2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3$



1.3 Oxirredução

Processos de oxidação e redução estão envolvidos no estudo da eletroquímica, onde as reações químicas ocorrem com o envolvimento de transferência de elétrons de uma espécie para outra. Os dois processos ocorrem simultaneamente e não podem coexistir independentemente. Redução ocorre quando um reagente ganha elétrons e vai para um estado de oxidação mais negativo. A semirreação que envolve a perda de elétrons, por parte do agente redutor, é denominada reação de oxidação (GENTIL, 2012).



A semi-reação que compreende o ganho de elétrons, por parte do agente oxidante, denominase de redução:



Os processos de oxirredução são comuns em superfície metálicas. Na caso das reações apresentadas abaixo, tem-se um exemplo desse tipo de reação entre o ferro e o cloro.



1.4 Potencial de eletrodo

O Potencial de eletrodo é importante para mensurar e avaliar o potencial de oxidação e redução de um determinado material. De uma forma geral, é determinante para avaliar e projetar a engenharia de material no que concerne à projeção de máquinas e equipamentos. Tendo uma tabela que indica o potencial do eletrodo. Os valores constantes na tabela indicam onde pode iniciar a corrosão. (GENTIL, 2012). A figura 3- apresenta a tabela padrão de eletrodo.

Figura 3- Tabela de potencial de eletrodo padrão

| Potencial de redução (E_{red}^0) | Estado reduzido | Estado oxidado | Potencial de oxidação (E_{oxid}^0) |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| -3,04 | Li | \rightleftharpoons Li ⁺ + e ⁻ | +3,04 |
| -2,92 | K | \rightleftharpoons K ⁺ + e ⁻ | +2,92 |
| -2,90 | Ba | \rightleftharpoons Ba ²⁺ + 2e ⁻ | +2,90 |
| -2,89 | Sr | \rightleftharpoons Sr ²⁺ + 2e ⁻ | +2,89 |
| -2,87 | Ca | \rightleftharpoons Ca ²⁺ + 2e ⁻ | +2,87 |
| -2,71 | Na | \rightleftharpoons Na ⁺ + e ⁻ | +2,71 |
| -2,37 | Mg | \rightleftharpoons Mg ²⁺ + 2e ⁻ | +2,37 |
| -1,66 | Al | \rightleftharpoons Al ³⁺ + 3e ⁻ | +1,66 |
| -1,18 | Mn | \rightleftharpoons Mn ²⁺ + 2e ⁻ | +1,18 |
| -0,83 | H ₂ + 2(OH) ⁻ | \rightleftharpoons 2 H ₂ O + 2e ⁻ | +0,83 |
| -0,76 | Zn | \rightleftharpoons Zn ²⁺ + 2e ⁻ | +0,76 |
| -0,74 | Cr | \rightleftharpoons Cr ³⁺ + 3e ⁻ | +0,74 |
| -0,48 | S ²⁻ | \rightleftharpoons S + 2e ⁻ | +0,48 |
| -0,44 | Fe | \rightleftharpoons Fe ²⁺ + 2e ⁻ | +0,44 |
| -0,28 | Co | \rightleftharpoons Co ²⁺ + 2e ⁻ | +0,28 |
| -0,23 | Ni | \rightleftharpoons Ni ²⁺ + 2e ⁻ | +0,23 |
| -0,13 | Pb | \rightleftharpoons Pb ²⁺ + 2e ⁻ | +0,13 |
| 0,00 | H ₂ | \rightleftharpoons 2H ⁺ + 2e ⁻ | 0,00 |
| +0,15 | Cu ⁺ | \rightleftharpoons Cu ²⁺ + e ⁻ | -0,15 |
| +0,34 | Cu | \rightleftharpoons Cu ²⁺ + 2e ⁻ | -0,34 |
| +0,40 | 2(OH) ⁻ | \rightleftharpoons H ₂ O + 1/2 O ₂ + 2e ⁻ | -0,40 |
| +0,52 | Cu | \rightleftharpoons Cu ⁺ + e ⁻ | -0,52 |
| +0,54 | 2I ⁻ | \rightleftharpoons I ₂ + 2e ⁻ | -0,54 |
| +0,77 | Fe ²⁺ | \rightleftharpoons Fe ³⁺ + e ⁻ | -0,77 |
| +0,80 | Ag | \rightleftharpoons Ag ⁺ + e ⁻ | -0,80 |
| +0,85 | Hg | \rightleftharpoons Hg ²⁺ + 2e ⁻ | -0,85 |
| +1,09 | 2 Br ⁻ | \rightleftharpoons Br ₂ + 2e ⁻ | -1,09 |
| +1,23 | H ₂ O | \rightleftharpoons 2H ⁺ + 1/2 O ₂ + 2e ⁻ | -1,23 |
| +1,36 | 2 Cl ⁻ | \rightleftharpoons Cl ₂ + 2e ⁻ | -1,36 |
| +2,87 | 2 F ⁻ | \rightleftharpoons F ₂ + 2e ⁻ | -2,87 |

Fonte: GOOGLE (2020). Disponível em: <https://www.colegioweb.com.br/eletroquimica-i-pilhas/tabela-de-potenciais-padrao-de-reducao.html>

1.5 Formas de corrosão, monitoramento e controle

A identificação da forma de corrosão é importante porque possibilita formas de monitoramento e prevenção. Abaixo serão destacados alguns tipos de corrosão.

1.5.1 Corrosão uniforme

É a corrosão que apresenta desgaste de toda a superfície em contato com o meio corrosivo. Nesse tipo de corrosão há a perda de espessura e pela forma que se apresenta é impossível verificar o seu início e fim, pois toda superfície fica comprometida e há perda de espessura. Na figura 4, verifica-se a forma da corrosão uniforme (GENTIL, 2012).

Figura 4 - Corrosão uniforme apresentada em superfície metálica



Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020).

1.5.2 Corrosão galvânica

É quando dois materiais metálicos de diferentes potenciais eletroquímicos estão em contato na presença de um eletrólito, resultando na transferência de elétrons em decorrência da diferença de potencial apresentada. Nesse tipo de corrosão, o ânodo se desgasta se depositando na catódo.

Quanto maior for a diferença na tabela de potenciais, maior será o desgaste da superfície corroída, ou seja, quanto maior for a diferença de valores entre os pares galvânicos, maior possibilidade de ocorrer corrosão.

Os elétrons serão transferidos do material metálico com características anódicas para o material com características catódicas, de modo que o anodo irá se desgastar, provocando assim a corrosão galvânica (GENTIL, 2012).

Na figura 5, é possível visualizar a forma apresentada desse tipo de corrosão.

Figura 5 - Corrosão galvânica apresentada em superfície metálica



Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020).

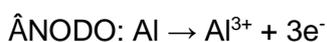
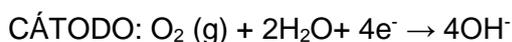
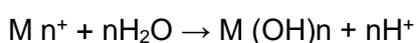
Reações envolvidas na corrosão galvânica quando o ferro metálico entra em contato com água (GENTIL, 2012).



1.5.3 Corrosão localizada

É um processo corrosivo em que a superfície, em contato com meio corrosivo, pode apresentar regiões com desgastes diferentes em relação a uma área maior. Há dois tipos de corrosão localizada: alveolar e por pite. Na alveolar, a corrosão se processa na superfície metálica produzindo sucros ou escavações semelhantes a alvéolos, caracterizando-se por apresentar o fundo arredondado com profundidade geralmente menor que seu diâmetro. Já na por pite, a corrosão se processa em pontos ou em pequenas áreas localizadas na superfície metálica, produzindo pites, caracterizando-se por apresentar cavidades profundas em forma angulosa e a profundidade é maior que seu diâmetro (GENTIL, 2012).

Reações envolvidas na corrosão localizada quando a superfície atacada é composta por alumínio (GENTIL, 2012).





1.5.4 Formas de proteção

A cromatização e a fosfatização são os métodos mais tradicionais de revestimento, são os que melhor exercem barreira protetora ao substrato, contudo, com os avanços tecnológicos, fez-se necessário a busca por novos métodos e tecnologia de tratamento e proteção de superfícies. Nesse contexto, destaca-se a proteção catódica que é uma técnica que transforma a estrutura metálica que se deseja proteger em uma pilha artificial, evitando, assim, que a estrutura se deteriore. A proteção catódica de estruturas metálicas é baseada na injeção de corrente elétrica por meio de duas técnicas: a proteção por anodos galvânicos (espontânea) e a proteção por corrente impressa (não-espontânea) (DUTRA; NUNES, 1987).

A proteção anódica baseia-se na formação de uma película protetora, através da aplicação de corrente anódica externa. Essa corrente possibilita a deposição do material metálico. Nessa fase, é crítico controlar o potencial de corrente, pois a depender da corrente apresentada, sendo alta, pode acelerar o processo corrosivo (acarretando em corrosão localizada), ao invés de inibir. A anodização permite a formação de uma camada de óxido sobre a superfície metálica, impedindo a continuidade da corrosão (DUTRA; NUNES, 1987).

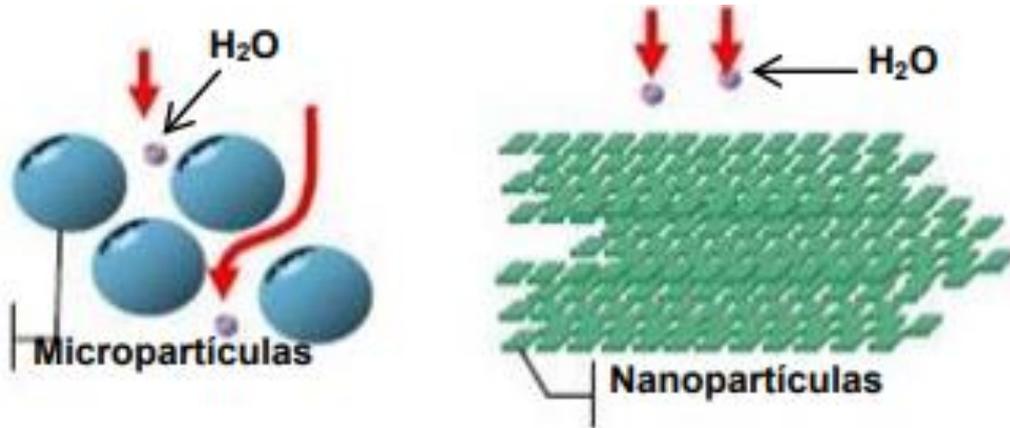
1.6 Nanotecnologia

A nanotecnologia é um campo científico que envolve a multidisciplinaridade de áreas. Nesse campo científico há o controle e a reestruturação dos materiais na escala nanométrica. O termo “nano” refere-se à escala de observação: um nanômetro corresponde a bilionésima parte do metro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). A Nanotecnologia engloba partículas com dimensões que variam entre 1 a 100 nanômetros (nm) e é aplicável em várias áreas, tais quais: medicina, biologia, eletrônica, ciência da computação, química e engenharia de materiais. As modificações dos nanomateriais são estudadas com a finalidade de alterar fundamentalmente suas propriedades e permitir novas funções, nesse perfil, que a nanotecnologia tem colaborado com inúmeras aplicações, inclusive na área de corrosão. (SILVA, 2006; SANCHEZ, 2010).

1.6.1 Nanopartículas na inibição de corrosão

A busca pela inibição de corrosão pode se dá por várias formas, dentre as quais as clássicas já citadas anteriormente, como tratamento de superfícies e as mais atuais e tecnológicas que são representadas pela utilização de nanopartículas. Na figura 6, é possível verificar a proteção ocasionada da superfície uma vez exposta à água, quando se adiciona a proteção anticorrosiva por nanopartículas. As nanopartículas fazem uma barreira de proteção diminuindo a entrada da água, conseqüentemente, não expondo a superfície ao meio corrosivo e resultando na proteção da superfície.

Figura 6 - Representação da exposição de diferentes superfícies em contato com água



Fonte: Adaptada de Kim (2008).

Nesse contexto, a indústria de tintas já é destaque no uso de tintas anticorrosivas com adição de nanopartículas enriquecidas por zinco que protege catodicamente a superfície de aço-carbono. Com o tempo de exposição, as partículas de zinco são oxidadas e formam uma selagem no revestimento protegendo o aço. Esse efeito reduz o efeito elétrico entre as superfícies o que acarreta maior durabilidade, ou seja, inibindo a corrosão.

O uso das nanopartículas como inibidoras de corrosão se deve ao aumento de dureza da superfície com a utilização das mesmas e o aumento da resistência à abrasão. Além das nanopartículas de zinco, utilizam-se também as nanopartículas de sílica, SiO_2 e de Al_2O_3 (MATHIAZHAGAN, 2011).

1.6.2 Nanopartículas de Prata

A prata na forma de nanopartícula apresenta sua superfície de contato aumentada, melhorando suas propriedades finais, logo foram surgindo aplicações em diversos campos de estudo (YOSHIDA, 1999).

As propriedades ópticas, eletrônicas, magnéticas e físico-químicas das nanopartículas de metais nobres, como a prata (Ag), o ouro (Au) e platina (Pt) têm as tornando destaque na inibição de corrosão (ZHANG, 2008).

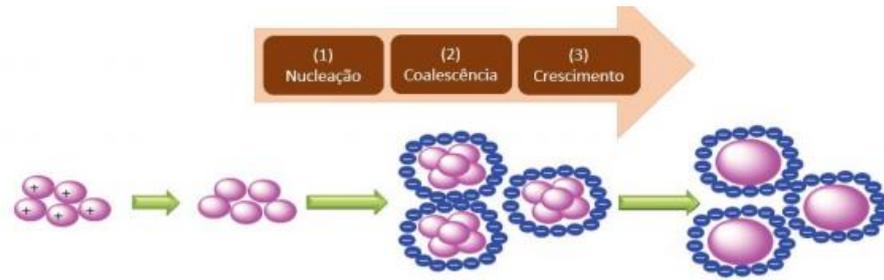
1.6.3 Síntese das nanopartículas de prata por redução de sais

A síntese química para obtenção das nanopartículas de prata é largamente utilizada. Nesse processo ocorre a redução de íons prata através de um agente redutor. Este processo é mais simples e economicamente mais vantajoso. As vantagens dessa síntese de nanopartículas de prata são a facilidade de produção, baixo custo e o alto rendimento (OLIVEIRA, 2005).

Os parâmetros de controles da síntese são determinantes para a obtenção das nanopartículas e dependem do tipo de agente redutor e sua concentração, a temperatura, a velocidade de agitação e o tempo do processo de redução. Para os métodos de redução de sais de prata destaca-se o uso de agentes redutores como borohidreto de sódio, citrato de sódio e o ácido ascórbico (CASANOVA, 2010).

A redução de vários complexos com Ag^+ leva à formação de Ag^0 , a nucleação que é seguida de coalescência e posterior crescimento. Na figura 7, visualiza-se as etapas de formação das nanopartículas de prata por redução. Destacam-se os fatores importantes nesse processo, tais quais: a geometria e a uniformidade de tamanhos pode ser conseguida controlando a nucleação através de parâmetros experimentais como a temperatura da reação, as diferentes concentrações dos agentes redutores, o tempo de reação e o pH (HAIDER; KANG 2015; WILEY et al. 2005).

Figura 7 - Etapas de formação das nanopartículas de prata



Fonte: Adaptada de Heider e Kung (2015).

CAPÍTULO 2. Relevância do processo de ensino e aprendizagem

O processo de desenvolvimento do ensino e aprendizagem em pleno século XXI não é fácil. O mundo digital tomou conta das interfaces da educação, onde construir práticas pedagógicas de forma efetiva, tornou-se uma necessidade cada vez mais presente no dia a dia da educação. A educação mediadora que contemple ação efetiva do aluno na construção de uma identidade e reversão social, tem ganho destaque dentro do contexto educacional, tendo em vista que colocar o aluno como agente ativo nesse processo tem sido muito importante. Nesse contexto, serão levantadas e pontuadas a seguir, algumas fundamentações educacionais que direcionam o objeto de pesquisa proposto. Fundamentação essa, que vai desde de algumas propostas educacionais de natureza relevante como a significância do aprendizado, entendimento da fase transitória desse aprendizado com a utilização de ferramentas que facilitem esse processo de maneira contemplativa, como por exemplo, a sequência didática diante da experimentação.

2.1 Pressupostos educacionais relevantes para a proposta didática

Uma das etapas mais determinantes para a boa prática de ensino é o planejamento. Este por sua vez, perde muitas vezes o seu verdadeiro teor diante da burocratização do ensino. Planejar uma aula ou formatar uma boa ferramenta educacional vai muito além de uma avaliação de material didático, a verificação de uma boa literatura, enfim, é realmente o ato de planejar bem que faz toda a diferença.

Em pleno século XXI, com a velocidade das informações geradas e veiculadas pelo mundo digital, mediar uma aula presencial de maneira relevante e diferenciadora, torna-se cada vez mais desafiador. Alguns questionamentos são indispensáveis:

- a)** Como obter a atenção do aluno?
- b)** Como ministrar uma aula dinâmica?
- c)** Como prover uma situação de ensino e aprendizagem de forma significativa?
- d)** Como contribuir cientificamente para esse aprendizado de forma a estabelecer ocorrências/fatos do dia a dia e tornar isso uma matéria-prima dentro da sala de aula?

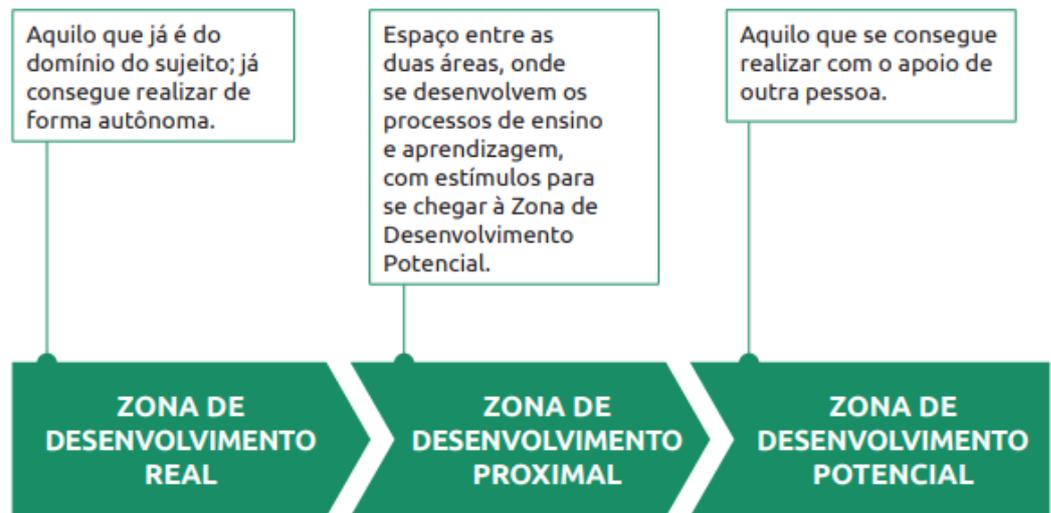
e) Como uma sequência didática pode otimizar esse processo?

Não é fácil e nem simples responder aos questionamentos acima de forma objetiva quando se trata de educação. Sendo assim, alguns referenciais serão de ampla importância para entendimento do papel do educador e do educando nesse processo de intermediação educacional.

2.1.1 Vygotsky e o desenvolvimento da aprendizagem

Para Vygotsk (1984), a aprendizagem é um processo contínuo e a educação é caracterizada por saltos qualitativos de um nível de aprendizagem a outro, daí a importância das relações sociais. Nesse âmbito dois tipos de desenvolvimento foram identificados: o real e o potencial. O desenvolvimento real é caracterizado pelo que já vem como genética e o próprio indivíduo pode desenvolver sozinho, já o potencial precisa da ajuda do outro. A ZDP – zona de desenvolvimento proximal é a fase transitória de apoio que é uma fase que busca que o indivíduo tenha capacidade de desenvolver uma dada atividade sozinho. Essa última é de fundamental importância pois é possível identificar o nível de desenvolvimento individual. Na concepção de Vygotsky, a escola é uma ponte entre o que os alunos já sabem e a partir disso, potencializar os conhecimentos com discernimento de registros e observações para assim, realizar um planejamento pedagógico eficaz. Na figura 8, visualiza-se a relação proposta dos níveis de desenvolvimento de acordo Vygotsky.

Figura 8 - Níveis de desenvolvimento proposto por Vygotsky



Fonte: Metodologia SENAI de Educação Profissional (2019, p. 93).

No centro, a teoria de Vygotsky defende as interações sociais do homem.

Destaca-se a importância da ação compartilhada na construção do conhecimento entre professor e aluno. Para tanto, o diálogo, o compartilhamento de experiências, o senso crítico e a construção coletiva são nortes importantes na perspectiva de Vygotsky. Nesse contexto, dois níveis de desenvolvimento são considerados: o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial. O primeiro relaciona-se com as capacidades já encontrada no sujeito, ou seja, aquilo que ele já pode realizar por si só de forma independente. O segundo refere-se àquilo que o sujeito consegue realizar com apoio de outra pessoa, em uma experiência compartilhada. O caminho a percorrer entre os dois níveis de desenvolvimento denomina-se zona de desenvolvimento proximal, a qual “define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão presentes em estado embrionário” (Vygotsky, 1984, p. 97). De acordo com estudos, a zona de desenvolvimento proximal entre o desenvolvimento e aprendizagem:

A prática se configura não apenas como situações ou a distância entre o nível de desenvolvimento real do indivíduo, determinado pela sua capacidade atual de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (VYGOTSKY, 1984, p. 97).

Destaca-se ainda na teoria de Vygotsky que o processo de aprendizagem não se dá apenas pela concepção cognitiva, a mesma vai muito além e precisa de um conjunto dessas operações, que se dá pelo bem-estar em sala de aula, as interações e assim possa conseguir estabelecer um processo educativo através do sentido. É preciso entender para aprender. É nessa perspectiva que se propõe a sequência didática em questão, uma forma do aluno interagir, refletir e tirar suas próprias conclusões face aos momentos propostos.

2.1.2 Perrenoud e a formação por competências

Na perspectiva de Perrenoud, a formação escolar deve favorecer não apenas a construção de conhecimentos, mas também o desenvolvimento de competências. Competência por sua vez, é a mobilização de conhecimentos, habilidades e atitudes para desempenhar funções ou atividades típicas, segundo padrões de qualidade e produtividade requeridos pela natureza do trabalho (PERRENOUD, 1999).

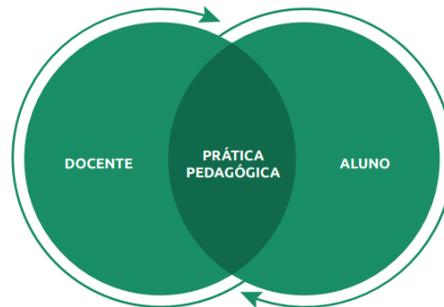
Para contemplar tal objetivo, o autor acredita que o professor precisa estabelecer um novo acordo didático com o aluno, que incentive um posicionamento ativo. Para Perrenoud, a formação com base em competências deve priorizar os processos de ensino e de aprendizagem centrados em estratégias desafiadoras, como por exemplo, resolução de problemas e o desenvolvimento de projetos. Para atendimento, é preciso trabalhar a contextualização. Em consonância com os referenciais teóricos para o desenvolvimento da prática pedagógica, tem-se a mediação como uma importante ferramenta para a construção de aprendizagens significativas (PERRENOUD, 1999).

A mediação da aprendizagem consolida a relação entre mediador e o mediado de forma a contemplar um planejamento articulado do professor diante de um contexto a ser tabalhado com o objetivo interacional entre o conhecimento e o desenvolvimento requerido para o exercício profissional. Capacidade é um tipo especial de interação entre alguém que ensina (mediador) e alguém que aprende (mediado), caracterizando-se como uma interposição intencional e planejada do Docente, que deve fazer intervenções contínuas nos processos de ensino e de aprendizagem, com o objetivo de promover não apenas a construção de conhecimentos, mas o desenvolvimento das capacidades fundamentais para o técnico em química (MEIER, 2007).

A visão do autor contribui significativamente nas práticas pedagógicas requeridas ao ensino técnico como forma de trabalhar situações de aprendizagens aplicáveis para desenvolvimento das habilidades e competências.

Na figura 9, pode-se visualizar a interrelação entre os três elementos: o Docente, o Aluno e a Prática Pedagógica criada para a interação entre eles.

Figura 9 - Mediação da Prática Pedagógica



Fonte: Metodologia SENAI de Educação Profissional (2019, p. 96).

2.1.3 A importância da experimentação para o processo de ensino e aprendizagem

A realização de experimentos traz consigo uma série de questionamentos que se fazem indispensáveis para a potencialização dessa ferramenta que aproxima a teoria de uma realidade mais palpável e materializável. De acordo com Alves Filho (2000) a experimentação possui o objetivo pedagógico de aperfeiçoar o processo de ensino e aprendizagem, tornando-o interativo, proporcionando uma participação ativa dos estudantes durante todo o processo. Ao encontro do que defende Freire (1996), a prática docente deve reforçar a capacidade crítica do educando, sua curiosidade e sua insubmissão. Sendo assim, é muito importante durante as atividades práticas o levantamento de questionamentos que remetam o ato de pensar dos estudantes em todas as etapas experimentais, evidenciando assim, sua participação ativa e fundamental nas atividades realizadas. Destaca-se contudo, a intermediação da fundamentação teórica para visualização/entendimento das etapas executadas e visualizadas na prática.

De acordo com (Viana 2014), o professor numa atividade prática experimental, deve ser o mediador que faz intervenção, tornando a prática dinâmica e interativa. Nesse contexto, se sobrepõe a construção de uma percepção

crítica sobre os experimentos que são norteados pela busca do significado com base na reflexão. Nesse perfil, as intervenções precisam ser estratégicas e instigadoras. Uma verdadeira aula prática faz com o aluno saia com uma série de questionamentos passíveis pela busca incessante do conhecimento através de pesquisas para reflexão e o incentivo de instigar a capacidade da busca pela resolução problemas com base nas respostas associadas.

De acordo com Santos e Schnetzler (2010), não adianta apenas transcrever o que os livros trazem, deixando a Química imutável, engessada, esse não é o objetivo. O professor tem função mediadora, ele é o intermediador da discussão através da intervenção e experimentação, instigando o senso de ação, de criticidade e de atuação no processo de decisão do aluno. Isso faz toda a diferença.

É relevante o que Bizzo (2002) argumenta:

[...] o experimento, por si só não garante a aprendizagem, pois não é suficiente para modificar a forma de pensar dos alunos, o que exige acompanhamento constante do professor, que devem pesquisar quais são as explicações apresentadas pelos alunos para os resultados encontrados e propor se necessário, uma nova situação de desafio (BIZZO, 2002, p. 75).

Os experimentos de corrosão eletroquímica visam a materialização da transcrição das tabelas de potenciais em termos de tempo que a superfície se deteriora, assim como os meios corrosivos e inibidores de corrosão que com base no mesmo princípio de funcionamento, pode agredir ou proteger uma superfície dependente do meio e do objeto de interesse a proteger e ou corroer. A experimentação detém a função de dá significação a coisas e a processos, e a forma mais palpável de materializar um conceito de forma interativa, dinâmica e funcional. De acordo com algumas diretrizes, tem-se:

[...]a prática se configura não apenas como situações ou momentos distintos de um curso, mas como inerente a uma metodologia de ensino que contextualiza e põe em ação todo o aprendizado. Para garantir essa integração, é importante adotar metodologias que a privilegiem e cuidar da definição dos conteúdos e de sua organização nas diferentes etapas de ensino. [...] Propicia-se assim a integração entre os conhecimentos e o desenvolvimento de níveis de raciocínio cada vez mais complexos (BRASIL, 2013, p. 245).

2.2 Sequência didática

De acordo com Zabala (1998) a prática pedagógica requer uma organização metodológica para sua realização, onde o professor precisa propor uma atividade de acordo com os objetivos que se quer alcançar e considerando as relações professor e aluno e instigando o caráter reflexivo.

De acordo com Leal (2011), sequência didática é uma sequência de atividades, estratégias e intervenções planejadas etapa por etapa pelo professor para promoção do ensino e aprendizagem, numa perspectiva de compreensão de um conteúdo ou temática aplicável. Um ponto relevante da sequência didática é que os conhecimentos adquiridos pelos alunos não se detenham apenas aos aspectos avaliativos da unidade curricular e sim que sejam levados para a vida deles. Na proposta de Leal, sugere-se as seguintes etapas: tema, objetivo, justificativa, recursos, público alvo, conteúdo, tempo estimado para a aula e avaliação.

Segundo Oliveira (2013), na elaboração de uma sequência didática, deve-se atentar-se a algumas etapas, tais quais: seleção do tema, problematização através de um questionário, conteúdo, objetivos que devem estar associados e delimitados ao contexto escolar proposto.

A sequência didática pode direcionar o trabalho acerca dos conteúdos ou temas até a formação de um determinado conceito, podendo contribuir para a consolidação do conhecimento a partir da composição da sequência didática, visando a evolução das etapas, considerando os conhecimentos prévios ou através da modulação desse conhecimento (MANTOVANI, 2015).

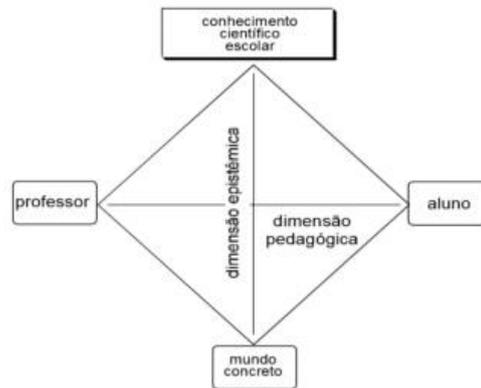
De acordo com Méheut 2005:

A sequência didática está na existência de quatro componentes que irão direcionar os caminhos para sua elaboração, são eles: professor, aluno, mundo material e conhecimento científico. Esses componentes se relacionam em duas dimensões que permeiam toda a sequência: a dimensão epistemológica e a dimensão pedagógica, compondo, junto aos elementos centrais, o losango didático que descreve as relações existentes em uma sequência didática (MÉHEUT, 2005)

Na figura 10, é possível visualizar o que vislumbra Méheut, onde no eixo vertical: dimensão epistêmica representa como o conhecimento científico se relaciona ao mundo material, onde há os métodos científicos, processos de

elaboração e validação do conhecimento científico. No eixo horizontal a dimensão pedagógica estão as escolhas sobre o papel de um professor, tipos de interações entre professor e estudantes, e perto do vértice “estudantes”, podemos colocar o que é esperado sobre as interações entre os próprios estudantes (Méheut, 2005).

Figura 10 - Diagrama didático para a construção de uma sequência didática



Fonte: Adaptada de Méheut (2005).

Os pilares que contemplam a proposta didática de Méheut (2005) são o cognitivo que abrange as concepções, as formas de raciocínio em confronto com o mundo material, essa é direcionada aos estudantes e a segunda é a epistêmica que vai desde o mundo físico à origem histórica. Ao encontro destas, há o construtivismo integrado, onde num dado momento, haverá a integração das partes no processo de ensino e aprendizagem. Cita-se a importância nesse contexto, do papel das analogias e modelagens. As sequências de ensino e aprendizagem possuem uma importância substancial no ensino, de forma a estabelecer caminhos mais eficazes para trabalhar com o processo de ensino e aprendizagem. Na concepção de Méheut há duas dimensões a serem trabalhadas nos 4 elementos acima citados: a epistêmica que foca na elaboração, métodos, validação e significação do conhecimento científico em consonância com o mundo real e a pedagógica que detém no papel do professor e aluno de forma interacional.

De acordo com Méheut (2005), as intervenções pedagógicas realizadas no contexto escolar devem estar associadas a temáticas vivenciadas no conhecimento científico. Na dimensão epistemológica são determinadas as características do conhecimento a ser construído, onde estão inseridos os conteúdos que deverão ser

ensinados e os possíveis problemas que eles podem ajudar a responder (ALVES; CAVALCANTI; SIMÕES NETO, 2018).

Os processos de elaboração, escolha dos métodos e validação do conhecimento científico, relacionados com o mundo material (ALVES; CAVALCANTI; SIMÕES NETO, 2018). A dimensão pedagógica analisa as interações que se estabelecem entre o professor e seus alunos, assim como entre os próprios alunos. No funcionamento das relações de ensino e aprendizagem, em situações que apresentam sempre uma intencionalidade didática (ALVES; CAVALCANTI; SIMÕES NETO, 2018). Nesse contexto, a seguir, será apresentada uma sequência didática considerando os seus elementos constituintes na percepção de Méheut: professor, aluno, mundo material e o conhecimento científico. As sequências didáticas de uma forma geral, são estratégias metodológicas que visam facilitar a prática docente e contribuir para o processo de ensino e aprendizagem.

2.3 Ensino por Investigação

O aluno detém um papel ativo na perspectiva do ensino por investigação. O instigar é necessário para que as questões científicas sejam evidenciadas e a utilização de práticas experimentais é uma estratégia pedagógica que possibilita ao aluno o desenvolvimento das explicações de forma justificada, ou seja, não é o fazer pelo fazer e sim o porquê do fazer. Ao encontro dessa perspectiva, e de acordo com Souza (2013) o ensino por investigação vislumbra o questionamento, o levantamento de hipóteses/planejamento das atividades de análise do fenômeno/processo, o recolhimento de evidências, as explicações com bases nas evidências e a comunicação da análise do processo/fenômeno investigado. Sendo assim, é muito importante criar estratégias de ensino que permitam ao aluno construir caminhos com base nos questionamentos com o objetivo de propor soluções e principalmente, entender que o processo de aprendizagem vai muito além do momento de aula. O professor precisa buscar estratégias pedagógicas que incentivem os alunos a buscarem, a pensarem e a agirem de forma a contemplar o preceitos científicos em prol a soluções práticas e que estabeleçam a relação entre o conhecimento, habilidades, atitudes, valores e emoções, afinal, não se pode dissociar o ser social do ser científico. O processo de ensino e aprendizagem vai além de um conteúdo científico.

Ainda na perspectiva de Souza (2013), as práticas experimentais são aliadas nesse processo construtivo e precisam provocar o raciocínio lógico, a criação de hipóteses que relacionem os conhecimentos teóricos nos experimentos químicos realizados com o objetivos de promover o senso crítico e argumentação sobre os experimentos realizados. O ensino por investigação na concepção de Carvalho (2013), proporciona ao aluno:

- a) A reflexão dos alunos de forma ativa;
- b) A argumentação evidenciando os conhecimentos construídos;
- c) Leitura e escrita de forma crítica acerca do abordado

2.3.1 Atividades Investigativas

As atividades investigativas são instrumentos pedagógicos que colocam os alunos no epicentro do questionamento, da busca e da ação. No contexto atual é extremamente importante tendo em vista que, o processo de ensino e aprendizagem vai além de um espaço físico, como por exemplo, uma sala de aula. O aprender transcende barreiras quando se provoca, se instiga e principalmente, quando o aluno vai em busca das soluções através de questionamentos que direcionem ao raciocínio lógico, ao entendimento do porquê fazer e não simplesmente do fazer por si só (CARVALHO *et al.*, 1998).

As atividades investigativas podem estabelecer um ponto de partida que possibilite o aluno a desenvolver ativamente o processo de aprendizagem. Nesse contexto, o aluno é o protagonista que busca as causas e as relações dos fatos apresentados de forma interacional, resultando no processo do pensar. O confronto entre a observação e a ação desencadeia mecanismos construtivos que levam o aluno a ampliar sua percepção de solucionar problemas com base na observação e na experimentação (CARVALHO *et al.*, 1998).

É relevante ressaltar os aspectos que podem ser explorados nas atividades investigativas:

- a) Favorecer a reflexão dos estudantes e instigar o interesse nas situações propostas;
- b) Acentuar a formulação de perguntas na busca de forma a contemplar a atividade a ser executada;

- c) Atenuar o debate científico de acordo com a atividade realizada de forma a estabelecer o senso crítico requerido para a reflexão e tomada de decisão.

Para Azevedo (2006), as atividades investigativas devem proporcionar ao aluno à reflexão, discussão, explicação e relato. De forma alguma deve ser uma mera replicação de procedimento de forma mecânica. Nesse contexto, a aprendizagem de procedimentos e atitudes são tão importantes quanto à aprendizagem conteúdista.

2.3.2 Atividades investigativas nas aulas de práticas experimentais

A utilização de aulas práticas com objetivos claros dentro de práticas pedagógicas são ferramentas diferenciais no processo de ensino e aprendizagem. Objetiva-se proporcionar ao aluno a busca por questionamentos, reflexões críticas e principalmente, promoção da busca por soluções técnicas aplicáveis.

Para Carrasco (1991), as aulas práticas experimentais devem ser alicerçadas em investigações experimentais que mobilizem o aluno para a solução do problema científico de forma a estabelecer os objetivos desejados, como por exemplo, a reflexão sobre o fenômeno observado.

Para Carvalho (2006), deve-se propor diferentes níveis de envolvimento na atividade investigativa. O interessante é que nessa graduação proposta pelo autor, possa direcionar melhor os objetivos, de acordo com as atividades investigativas propostas e isso para o professor é de extrema importância pois impulsiona as ações mais direcionadas e com planejamento de aulas práticas que contemplem um melhor caminho para a obtenção do processo de ensino e aprendizagem. Na perspectiva do autor, a graduação de níveis é fundamentada de acordo com as atividades propostas e seus objetivos específicos, onde cada grau pode elencar as possibilidades de processo de ensino e aprendizagem que contemple ações necessárias para elucidar a dada atividade, nesse perfil, destaca-se:

Grau I: Não caracteriza um trabalho investigativo no qual os alunos têm a possibilidade de construir seus conhecimentos. A partir do grau II, é possível observar enfoques que são próprios da cultura científica.

Grau II: Há um nível de liberdade, o professor propõe o problema e a elaboração de hipóteses e o plano de trabalho são realizados pelos alunos e o professor mediando.

Nesse grau há uma relevância da enculturação científica, isto é, alguns conceitos pré-determinados que limitam de certa forma o pensamento crítico e de liberdade intelectual. Contudo, o interessante nesse grau é que os alunos ajam de forma ativa no decorrer da atividade e isso cria uma independência na qual resulta para o aluno um papel protagonista e isso é bem válido.

Grau III e IV: possibilitam mais liberdade aos alunos, e o grau V é o que se propõe nos cursos de mestrado e doutorado, em que o aluno pode pensar em um problema e solucioná-lo (CARVALHO, 2006). Os níveis podem ser visualizados na figura 11.

Figura 11 - Indicação de graus de liberdade professor/aluno aulas laboratório

| | GRAU I | GRAU II | GRAU III | GRAU IV | GRAU V |
|---------------------------|--------|------------|------------|------------|---------------|
| PROBLEMA | ... | P | P | P | A/P |
| HIPÓTESES | ... | P/A | P/A | P/A | A |
| PLANO DE TRABALHO | ... | P/A | A/P | A | A |
| OBTENÇÃO DOS DADOS | ... | A/P | A | A | A |
| CONCLUSÃO | ... | A/P/Classe | A/P/Classe | A/P/Classe | A/P/Sociedade |

Fonte: CARVALHO (2006, p. 83).

De acordo com a autora, o quadro acima representa a importância da reflexão, do senso crítico, da observação, enfim, da ação ativa do aluno. A experimentação não é um enfoque meramente procedimental e sim, que pode levar à reflexão, ao questionamento, podendo assim, aos olhos da Ciência, poder elucidar uma resolução de algo, onde não há respostas prontas e certas e sim, levamento de questões obtidas a partir da experimentação e isso faz toda a diferença (CARVALHO, 2006).

2.4 Situação problema

De uma forma geral, criar estratégias que facilitem o processo de ensino e aprendizagem, faz parte do dia a dia do professor que almeja ofertar qualidade nas aulas. Muitas vezes, a falta de tempo para planejar a aula, torna-se um problema para o ensino, contudo, é necessário buscar, estudar, pesquisar e criar situações facilitadoras que tornem o ensino menos mecânico e repetitivo. Nesse contexto, há várias estratégias pedagógicas e no caso mais especificamente da situação

problema que é uma estratégia bastante rica e será utilizada em um dos momentos da sequência didática proposta nesta pesquisa.

No ensino da Química, focar em conteúdos conceituais é muito comum, entretanto, cada vez mais, percebe-se a interrelação do comportamento, valores e procedimentos de forma integrada. Nesse perfil, a situação problema ganha posição de destaque, pois contempla de forma integrada os preceitos inseridos entre conceito, procedimento e atitudes (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009).

Pozo e Gómez Crespo (2009) classificam os problemas em três diferentes tipos, a saber: problemas qualitativos, problemas quantitativos e pequenas pesquisas. O problema qualitativo pode ser apresentado como problemas que possibilitam uma visão subjetiva dos estudantes de acordo com um contexto apresentado, podendo ser interpretado de acordo com uma situação de aprendizagem ou conhecimento prévio. Já um problema quantitativo envolve o uso da linguagem exata e racional, requerendo o manejo de números para resolução. Por fim, as pequenas pesquisas que podem projetar o trabalho científico, tomando como base procedimentos de trabalho em laboratório escolar, ou fora dele.

Na visão de Meirieu (1998) sobre situação problema (SP), que a define como:

Uma situação-didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação problema, se dá ao vencer obstáculos na realização da tarefa (MEIREU, 1998, p.189).

Na visão de Batinga (2014) sobre situação problema (SP), que a define como:

Situação que um sujeito ou um grupo quer ou precisa resolver e para a qual não dispõe de um caminho rápido e direto que leve à solução. Seguindo esse conceito, uma situação somente pode ser concebida como um problema na medida em que os sujeitos atribuam um reconhecimento dela como tal, e quando requer dos que a tentam resolver um processo de reflexão ou uma tomada de decisão sobre a estratégia a ser seguida no processo de resolução de problemas. Um problema é uma situação nova ou diferente do que já foi aprendido, que requer a busca de estratégias ou de conhecimentos, ou de técnicas, ou ambos, para encontrar sua solução (BATINGA; TEIXEIRA, 2014, p.25).

2.5 Ensino técnico

A educação profissional possibilita uma formação com enfoque prático de jovens e adultos que almejam ingresso no mercado de trabalho. Nesse contexto, a formação técnica traz um diferencial nas possibilidades de atuação em diversas áreas. De uma forma geral, instiga a formação de maneira crítica e consciente dentro de processos de controles e processos produtivos. A formação técnica possibilita a qualificação de profissionais para atuação em áreas multifuncionais. Para tanto, destaca-se abaixo os principais objetivos da educação profissional.

De acordo com o decreto nº 2.208 de 17 de abril de 1997 que indica os objetivos da educação profissional, tem-se:

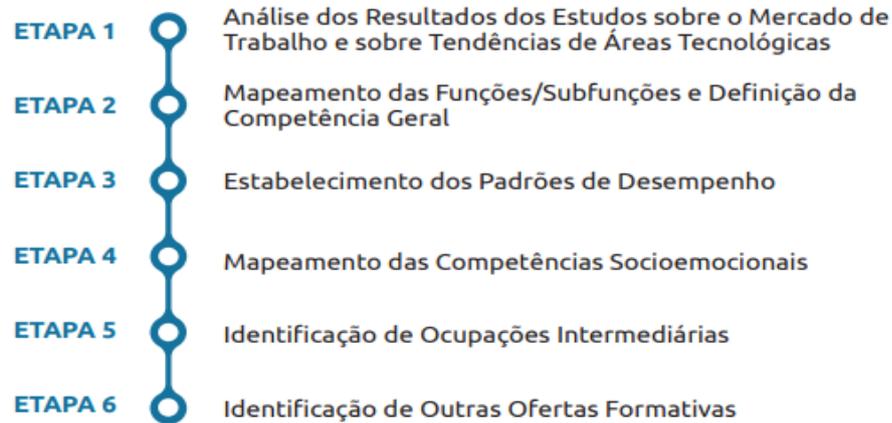
II – proporcionar a formação de profissionais, aptos a exercerem atividades específicas no trabalho, com escolaridade correspondente aos níveis médio, superior e de pós-graduação; III - especializar, aperfeiçoar e atualizar o trabalhador em seus conhecimentos tecnológicos; IV - qualificar, reprofissionalizar e atualizar jovens e adultos trabalhadores, com qualquer nível de escolaridade, visando a sua inserção e melhor desempenho no exercício do trabalho (BRASIL, 1997).

Um curso profissionalizante técnico em Química possibilita a busca por uma formação profissional que pode atuar em vários segmentos e vertentes, tais quais: indústrias, universidades, centros de pesquisas e empreendedorismo. Nessa perspectiva, a formação por competência se faz presente dentro das práticas pedagógicas profissionais utilizadas como ferramentas embasadoras do processo de ensino e aprendizagem. A Competência é versada pela mobilização de conhecimentos, habilidades e atitudes para desempenhar funções ou atividades típicas, segundo padrões de qualidade e produtividade requeridos pela natureza do trabalho (PERRENOULD, 1999).

O curso técnico em Química está fundamentado de acordo com as diretrizes norteadoras da Lei Federal 9394/96 (BRASIL, 1996) de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, com as alterações introduzidas pela Lei 11.741/2008 (BRASIL, 2008), a Resolução CNE/CEB 06/12 (CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2012), que define as diretrizes curriculares nacionais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio e pelo Catálogo Nacional dos Cursos Técnicos do Ministério de Educação e Cultura – MEC, (CNCT/MEC, 2016) (BRASIL, 2012).

Na figura 12, visualiza-se as etapas presentes que atendem as necessidades do contexto profissional.

Figura 12 - Etapas da Elaboração de Minutas de Contextos de Trabalho e de Perfis Profissionais

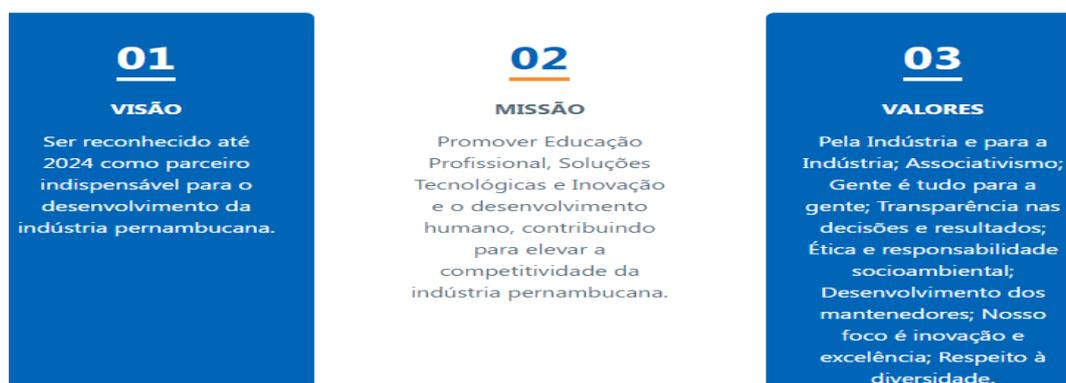


Fonte: Metodologia SENAI de Educação Profissional (2019, p.93).

2.5.1 O SENAI - PE

Em Pernambuco, o SENAI- PE (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial Pernambuco), integra o Sistema FIEPE (da Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco). A sua fundação visou atender o trabalhador da indústria com o objetivo de formar um cidadão com senso crítico, produtivo e reflexivo. Foi fundado em 16 de abril de 1943. Nessa perspectiva há anseios sobre visão, missão e valores da instituição. Na figura 13, pode-se verificar as perspectivas apresentadas (SITE SENAI/PE, 2020).

Figura 13 – Pilares da instituição



Fonte: SENAI (2020).

2.5.2 Curso Técnico em Química

O curso Técnico em Química é ofertado pelo SENAI/PE na unidade de Paulista/PE localizada na BR 101 norte, Km 52,3 S/n, Paratibe. A escola é estruturada com salas de aulas, laboratórios didáticos, biblioteca, quadra e áreas comuns. Com perspectivas no processo de ensino e aprendizagem focada no atendimento de competências, a metodologia SENAI preconiza o ensino com situações problemas reais ou simuladas, estudos de caso, projetos e pesquisas aplicadas.

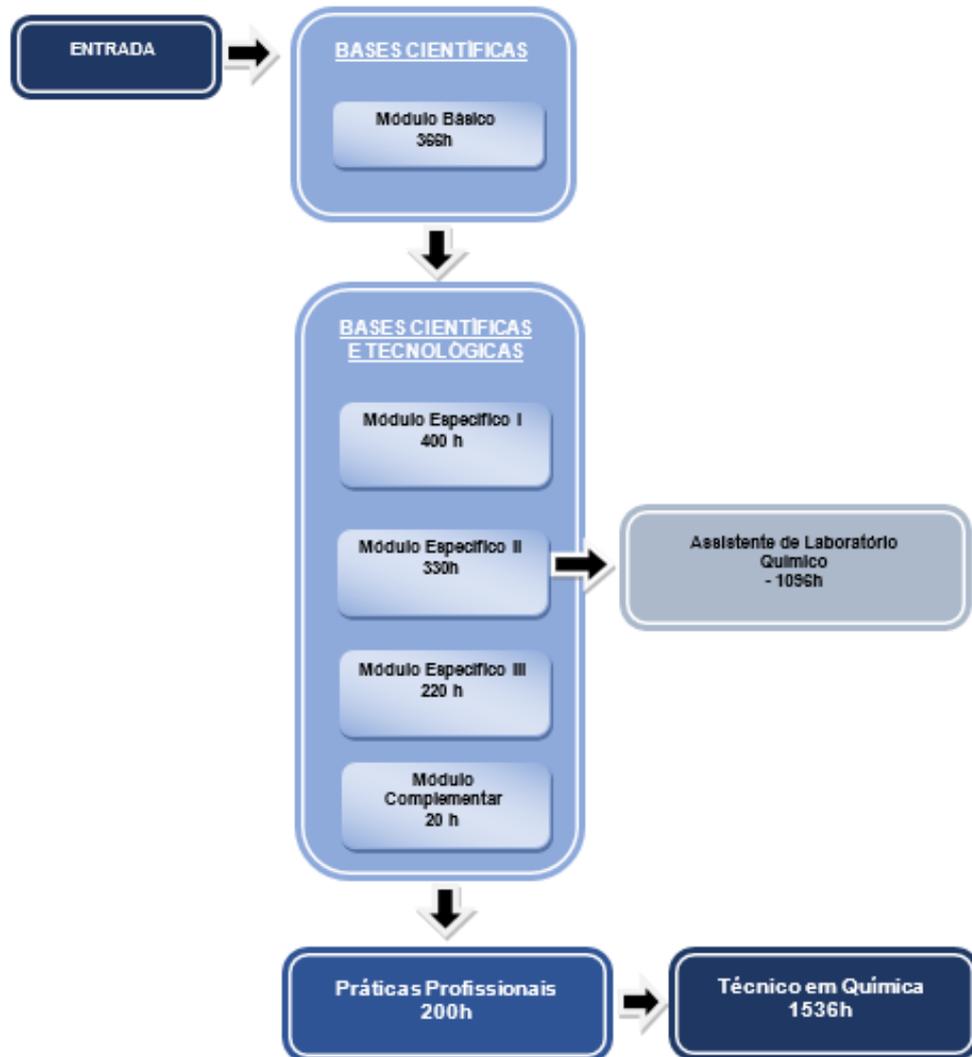
Busca-se a formação de profissionais ativos nesse processo e capazes de resolverem situações desafiadoras que serão presentes e constantes no mercado de trabalho. Ressalta-se o estímulo ao esforço de aprendizagem autônoma, sem esquecer as atividades grupais que estimulem o debate, o confronto de ideias, a socialização de conhecimentos e o exercício da participação madura e solidária.

A área de atuação do técnico em química vai depender do perfil de identificação verificado no decorrer do curso e de acordo com as unidades curriculares ministradas.

Na figura 14, é possível visualizar a composição do perfil curricular do técnico em química. As componentes modulares estão de acordo com as competências requeridas para cada etapa do curso e possibilita ao aluno à certificação intermediária.

Em todas as etapas, o aluno é protagonista no processo de ensino e aprendizagem e o professor media esse processo de acordo com os pressupostos educacionais norteadores citados anteriormente.

Figura 14 - Componentes Modulares do Curso Técnico em Química



Fonte: Plano de Curso Técnico em Químico SENAI (2018, p. 22).

2.6 Revisão das pesquisas sobre ensino da corrosão

Fez-se um levantamento sobre o ensino de corrosão em artigos diversos e também no google acadêmico, entre 2001 e 2017 e abaixo são apresentados os estudos que versam sobre corrosão com diferentes público-alvos.

Mainier e Leta (2001), utilizaram-se de fatos que refletem no cotidiano, como por exemplo, vazamento de gasolina nos postos de combustíveis como ferramenta de discussão das possíveis causas geradoras desse processo em termos de desenvolvimento de corrosão, proteção e meios de minimização da mesma e

inclusive com foco no impacto ambiental gerado. É pertinente destacar que situações que refletem diretamente no cotidiano são ferramentas importantes para estreitar a tecnicidade da corrosão e torná-la mais materializável do ponto de vista científico.

Mainier e Guimarães (2003), abordou o processo de ensino e aprendizagem de forma interativa e ativa, onde se utilizou ferramentas educacionais que instigam o senso crítico, a análise participativa e a investigação. Nessa proposta, o foco foi avaliar a corrosão atmosférica que impactou o mobiliário urbano e os monumentos existentes nas praças públicas. Nessa perspectiva, objetivou-se trazer para o cotidiano dos estudantes os conceitos técnicos estruturados sobre corrosão de forma interativa, ativa e com levantamento de hipóteses em várias etapas de construção. Nessa busca, destaca-se que os principais alicerces trabalhados se referem à relação do conhecimento científico, análise crítica fundamentando a interação entre a Química e as novas percepções observadas em função da construção de um conhecimento.

O estudo apresentado por Velloso (2009) foi a aplicação de situações investigativas em corrosão com o objetivo de direcionar o desenvolvimento de habilidades com argumentação crítica dos estudantes. Os resultados apresentados foram satisfatórios com vistas ao alcance da argumentação, articulação e interpretação, afinal, a técnica não está apenas no fazer ou analisar e sim no saber argumentar. Um ponto pertinente a destacar é a interação e trabalho em grupo.

O artigo apresentado por Silva *et al.* (2015), apresentou uma proposta didática para ser desenvolvida em uma aula experimental de química, uma proposta técnica e quantitativa no ensaio da corrosão que busca avaliar a taxa de corrosão a partir de ensaios analíticos. Alguns objetivos dessa proposta são destacados: a verificação da corrosão do aço-carbono em ácido e a interpretação de conceitos inseridos como por exemplo, a eletroquímica.

Na proposta de Moreira *et al.* (2016), apresentou a reprodução de gota salina em chapas de aço e tampas metálicas de refrigerante com o objetivo de verificar o processo eletroquímico envolvido, ou seja, uma forma de verificar a interferência do meio corrosivo e seus impactos sobre as superfícies diversas. Utiizou-se algumas ferramentas pedagógicas, como questionário, onde se evidenciou um processo educacional versado na motivação e na facilitação do processo de ensino e aprendizagem em corrosão. Um ponto forte foi a contextualização e a

interdisciplinaridade que se fez presente na interação e na busca por conhecimentos visto em outras disciplinas que se fizeram necessários para o desenvolvimento do ensino e aprendizagem.

O artigo apresentado por Teixeira (2017), abordou um ensino construtivista investigativo no ensino de corrosão. Nesse contexto, foi proposta a vivência in loco dos estudantes através de experimentos práticos que foi verificado o desgaste de superfícies em diferentes condições de ensaios, onde, predominou-se a observação e a interpretação dos resultados com base nos conteúdos científicos sobre corrosão. Para tanto, empregou-se a investigação orientada com o objetivo de alcançar através da investigação e experimentação, uma aprendizagem significativa na construção de conhecimento através da prática de corrosão.

Diante da revisão feita sobre o estudo da corrosão, verificou-se a escassez de propostas educacionais direcionadas ao curso técnico em química. Nesse contexto, é apresentada a sequência didática a seguir. Uma metodologia voltada para o ensino técnico em química com o objetivo de facilitar o dia dia do professor e do aluno, tornando a corrosão mais presente em nosso dia a dia e também dimensionando a importância industrial da mesma que interfere no nosso cotidiano de forma direta ou indireta.

A sequência didática apresentada prioriza um processo construtivista, onde o aluno é o protagonista na busca pelo conhecimento através de observações e descobertas e o professor em todas as etapas é o facilitador através da mediação. Estão presentes os instrumentos educacionais que visam facilitar esse processo de ensino da corrosão, tais quais: trabalho de campo, debates, situação problema, situação de aprendizagem, questionários e experimentos de eletroquímica que visam facilitar o processo de ensino e aprendizagem tendo em vista a dificuldade apresentada pelos estudantes do curso técnico em química no entendimento, interpretação e desenvolvimento aplicado decorrente da linguagem e aplicação técnica da corrosão.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada do tipo qualitativa onde de acordo com os momentos propostos, objetiva-se a interação dos alunos, a participação, o debate, o diálogo e as observações feitas durante o percurso metodológico. A pesquisa qualitativa permite que os investigadores reavaliem os métodos e técnicas sem descartar os métodos anteriores aplicados e isso gera possibilidades dinâmicas de melhorias a serem adotadas, afinal, dentro do contexto educacional, cada sujeito de pesquisa apresenta suas particularidades e individualidades. A pesquisa tem os seguintes objetivos:

- a) Fazer uma verificação diagnóstica dos conhecimentos prévios dos alunos acerca de corrosão;
- b) Instigar o debate a partir de uma situação problema e registros de imagens apresentados em sala;
- c) Mediar através de aulas expositivas e dialogadas, os conceitos fundamentais sobre corrosão química e eletroquímica;
- d) Realizar experimentos de eletroquímica com foco na observação e interação das equipes de acordo com o roteiro disponibilizado considerando a participação ativa dos alunos em todas as etapas experimentais.

3.1 Pesquisa qualitativa

A pesquisa qualitativa se fundamenta no aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, a depender do contexto e dos objetivos desejados (GOLDENBERG, 1999). Focando-se na descrição dos fenômenos por palavras em vez de números e medidas (COUTINHO, 2013, p. 28).

A pesquisa qualitativa mostra um universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos. É preciso reconhecer a complexidade do objeto de estudo, rever criticamente as teorias sobre o tema, estabelecer conceitos e teorias relevantes, usar técnicas de coleta de dados adequadas e, por fim, analisar todo o material de forma específica e contextualizada (MINAYO, 2007).

Na perspectiva da pesquisa qualitativa, a ciência é compreendida como área de conhecimento que envolve a interação social no contexto sociocultural que perpassa por vivência, tempo e espaço que reflete em atuação e reflexão por parte dos envolvidos. Nesse perfil, considera-se que o conhecimento humano ganha significância entre o mundo e seus fenômenos. Esse tipo de pesquisa na área de Química é importante porque o processo de interação, a relação professor e aluno em discernimento com os conceitos científicos aplicáveis se estreitam e visam estabelecer uma melhor compreensão por parte dos envolvidos (FLICK, 2009). Ainda na perspectiva do autor, destacam-se alguns aspectos principais da pesquisa qualitativa:

- a) Variedade de métodos e abordagens na pesquisa qualitativa;
- b) Apropriação de teorias e métodos como fontes de embasamento;
- c) Reflexão entre a pesquisa e pesquisador;
- d) Perspectivas dos envolvidos e possibilidades.

3.2 Sujeitos da pesquisa

A sequência didática foi proposta para turma composta por alunos devidamente matriculados no Curso Técnico em Química, SENAI PE, localizado em Paulista, Região Metropolitana do Recife. Os mesmos em outro turno de aula, fazem o 3º ano do ensino médio e se encontram no 3º módulo do curso técnico em Química, faltando apenas 1 módulo para eles obterem a certificação de nível técnico em Química. Em média, a turma é composta por 30 alunos. A educação profissional passa por um divisor no que concerne ao ingresso mais rápido no mercado de trabalho quando comparada ao ensino superior. Contudo, além desse desafio, especificamente esse perfil de público tão jovem (14 a 16 anos), ainda não tem a maturidade da linguagem/perfil técnico requerido para um profissional de Química.

Diante dos desafios apresentados, a sequência didática vem para facilitar esse processo de maneira mais dinâmica e relevante para os jovens envolvidos, objetivando assim um melhor caminho para o processo de ensino e aprendizagem. A unidade curricular é denominada Corrosão que tem uma carga horária de 40 horas, divididas em 10 dias de aulas. As unidades curriculares da escola são contínuas até o término de sua carga horária total. A vantagem das unidades

curriculares serem com carga horária seguidas é que o planejamento temporalmente não sofre interrupções por outras unidades curriculares, propiciando assim uma continuidade didática, assim como a base conteúdista proposta.

Com o intuito de validar a sequência didática proposta, 10 professores de Química (novos sujeitos da pesquisa) da rede municipal, estadual, federal e particular (provenientes do ensino regular e técnico), avaliarão a sequência proposta. Isso é decorrente da impossibilidade de aplicação da sequência didática com os alunos, tendo em vista a suspensão das aulas presenciais por causa da pandemia.

3.3 Instrumentos metodológicos

Ao encontro da pesquisa qualitativa proposta, serão utilizadas quatro ferramentas: questionário, registros de fotos, videogravação e a observação participante.

Considerando que as características apresentadas na pesquisa qualitativa é de fundamental importância para avaliar a sua adequação ao grau da pesquisa (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Nesse contexto, destacam-se as características:

- a) A investigação é descritiva e toma como base imagens e palavras;
- b) O investigador de acordo com a metodologia adotada decorre do tempo para observar e avaliar os fenômenos em estudo;
- c) Os investigadores são o mais interessados no processo em estudo e focando-se no processo metodológico pedagógico, ou seja, o mais importante é foco no processo de ensino e aprendizagem e as interações apresentadas;
- d) O foco é no sentido atribuído e na significância do estudo e não na quantidade;
- e) Projeta-se uma análise indutiva, contextual onde os resultados gerados poderão confirmar ou não as hipóteses levantadas.

Nesse contexto, os instrumentos servirão para a mensuração da proposta apresentada através de questionários e registros de fotos. Para melhor entendimento dos instrumentos citados, abaixo são destacados alguns referenciais aplicáveis.

De acordo com Gil (1999, p. 121), questionário pode ser definido “como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas” . Ao encontro disso e devido aos novos sujeitos de pesquisa, professores de Química, que avaliaram o produto educacional respondendo ao questionário constante no apêndice 5 sob título: “ficha de validação do produto educacional”, onde os professores avaliadores responderam 15 questões a partir da sequência didática apresentada aos professores.

Para sequência didática, propõe-se avaliação processual através dos questionários apresentados (4 questionários no total). Cada questionários tem o objetivo de avaliar processualmente os alunos nos momentos da SD apresentada.

No caso da videogravação e de acordo com Bauer e Gaskell (2002), o registro em vídeo é indispensável, uma vez que, o comportamento humano tem um nível complexo de entendimento, logo para que não haja interpretações subjetivas, que levem a um outro contexto, o registrar é necessário.

Para Marconi e Lakatos (2009, p. 79), “a observação consiste na participação real do pesquisador com a comunidade ou grupo”. Deste modo, é possível o professor se colocar na perspectiva crítica participante, não ficando apenas como mero observador. Avaliar o contexto a partir da experiência em sala de aula, na prática, no exercício e na correlação com o fato, isso é o diferencial.

3.4 Contexto da pesquisa

Escolheu-se o ensino de corrosão utilizando a metodologia de sequência didática a ser aplicada, em decorrência da dificuldade técnica apresentada da unidade curricular e nesse âmbito, a busca por estratégias pedagógicas que facilitem o processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, tornar o processo de ensino e aprendizagem mais próximo do dia a dia dos jovens estudantes e futuros técnicos em química, foi o direcionamento da pesquisa de forma a instigá-los ativamente no processo de construção educacional.

As referências bibliográficas sobre corrosão possuem um perfil elaborado e não são de fácil entendimento, para tanto, criar estratégias pedagógicas que visem facilitar o processo de ensino e aprendizagem através de uma de sequência

didática, mediou o objeto da presente pesquisa em todas as suas etapas propostas, denominadas momentos. Ao encontro disso, destaca-se a participação e interação dos grupos diante de questionamentos, situações e experimentos eletroquímicos com a utilização de nanopartículas de prata.

3.5 Percurso metodológico

Considerando um processo de ensino e aprendizagem dinâmico, onde o aluno exerce o papel ativo em todo o processo, quando o aluno a partir de avaliação *in loco* e experimentação visualiza problemas e propõe com fundamentação científica, a solução, reflete na aprendizagem significativa, pois só se consegue estabelecer uma relação de causa/consequência quando se entende o conceito. As dificuldades de aprendizagem existem e são limitadas quando se utiliza estratégias de aprendizagem como, por exemplo, a sequência didática. De acordo com Moreira (2006), a aprendizagem significativa é o processo por meio do qual novas informações adquirem significado por interação (não associação) com aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva.

De acordo com Alves Filho (2000), utilizar atividades experimentais nas aulas de química tem o objetivo de aperfeiçoar o processo de ensino e aprendizagem, de forma interativa e principalmente, quando os estudantes atuam ativamente no processo.

3.5.1 Proposta da sequência didática

Considera-se as relações aluno/mundo-material estão as concepções espontâneas dos alunos sobre os fenômenos científicos que têm origem em suas experiências diárias dentro de suas concepções prévias. Nesse contexto, tem-se os processos de elaboração e validação do conhecimento científico, como a abordagem e a metodologia escolhida (MÉHEUT, PSILLOS, 2004).

A proposta desta pesquisa é uma sequência didática que detém o principal pilar teórico de identificação estabelecido por Martine Méheut (2005) que defende um modelo de simbologia construtivista de tal metodologia.

A elaboração da sequência didática tem como pressupostos formadores em predominância em cada etapa, chamada de momentos. Cada momento está

planejado de forma integrada. Todos os momentos serão contempladores para a busca do processo de ensino e aprendizagem. Nenhum momento é mais importante que o outro, todos se complementam.

Para tanto, a sequência didática é um recurso metodológico que facilita o planejamento em cada etapa (momento) de forma a contemplar objetivos de aprendizagem direcionados e específicos. Estabelecer uma melhor forma de atingir o processo de ensino e aprendizagem no perfil educacional, se faz essencial.

Para a sequência didática proposta, faz-se no primeiro momento, uma avaliação diagnóstica com o objetivo de avaliar os conhecimentos que os alunos já possuem acerca da temática corrosão, seguida de um debate que possibilite a construção de argumentos, hipóteses e questionamentos, onde foi apresentada uma situação problema. De uma forma geral, buscou-se desenvolver atividades que promovam o estímulo do aluno na construção do seu próprio conhecimento em consonância com o conhecimento científico. Para isso, foram apresentadas aulas expositivas e dialogadas, aula de campo e atividades experimentais investigativas, objetivando que os alunos se tornem ativos no processo de aprendizagem. Em todos os momentos propostos, há uma avaliação das etapas aplicadas, considerando assim que a avaliação é processual.

Destaca-se que devido a suspensão das aulas presenciais em decorrência da pandemia, a sequência didática foi avaliada por professores de Química. As respostas da avaliação dos professores se encontram em resultados e discussões. Para a sequência didática proposta, no quadro 1, tem-se de forma resumida.

Quadro 1 - Resumo da sequência didática proposta

| MOMENTOS | DESCRIÇÃO RESUMIDA |
|--|--|
| <p>1° MOMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (1° dia de aula) – cada dia de aula tem 4 h</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Avaliação diagnóstica com a aplicação de um questionário (10 questões) com tempo previsto de 60 minutos; - Apresentação de imagens como demonstração de diferentes tipos de corrosão e questionamentos sobre cada foto apresentada para mediar um debate com tempo previsto de 60 minutos; - Apresentação da situação problema e disponibilização de um questionário relacionado à situação problema apresentada (100 minutos) |
| <p>2° MOMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (2 ° dia até o 6° dia de aula 19 h)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Conceitos de corrosão, oxirredução, potencial de eletrodo e formas de corrosão, monitoramento e controle (nessa parte de controle será abordado o conceito e aplicação das nanopartículas de prata como inibidoras de corrosão). Serão disponibilizados uma situação de aprendizagem associado a um questionário com 10 questões, além de um exercício com 34 questões. Essa etapa da sequência será realizada em 5 dias, |

| | |
|---|--|
| | totalizando 19 h (cada dia de aula tem 20 minutos de intervalo, portanto, 1h nesses 5 dias, tem-se 1 h de intervalo/semana) |
| 3° MOMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (7 ° dia de aula – 4 h) | - Realização de aula de campo, onde em grupos, os alunos registrarão através de fotos e vídeos na área externa da escola (60 minutos), as superfícies corroídas, em seguida, os mesmos irão discutir e elaborar um plano com o tipo de corrosão, meio corrosivo e melhorias a serem adotadas (90 minutos). No final da aula (70 minutos), cada equipe apresentará e debatará sua proposta. Cada dia de aula tem 20 minutos de intervalo. |
| 4° MOMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (8 ° de aula até o 10° - 12 h) | - Realização de aulas práticas com uma abordagem da tabela de potenciais, mostrando através de experimentos investigativos qual é o meio corrosivo mais agressivo e como os potenciais elétricos interferem nos processos corrosivos (corrosão eletroquímica). Esses experimentos também serão realizados com adição de nanopartículas de prata. Todos os experimentos terão um roteiro previamente disponibilizado e discutido em cada etapa de execução. Os questionamentos e debates durante os ensaios experimentais serão frequentes como forma de instigar a participação ativa dos alunos. Um questionário com 5 questões será aplicado nessa etapa. Essa etapa será composta por 12h de aula, 720 minutos. |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

A estruturação da sequência didática foi influenciada por Méheut, onde o professor, aluno, mundo material e conhecimento científico estão presentes na sequência didática em momentos que serão apresentados a seguir com detalhes. Considerando que a visão epistêmica e a dimensão pedagógica são fatores importantes no direcionamento do planejamento, a sequência didática na sua estruturação, apresenta significado de suma importância para a contribuição na metodologia de ensino.

A dimensão epistêmica e a dimensão pedagógica são fatores determinantes para direcionar o planejamento de uma intervenção. A partir da dimensão epistêmica, os processos de elaboração, métodos e validação do conhecimento científico são considerados para dá significância ao mundo real, enquanto na dimensão pedagógica, tem-se os aspectos referentes ao papel do professor e do aluno, e as interações professor-aluno e aluno-aluno (MÉHEUT, 2005).

Na pesquisa apresentada, a dimensão epistêmica da sequência didática está presente na proposição das discussões, argumentações e debates apresentados em diferentes momentos, direcionando a busca por um mundo científico e material, enquanto a dimensão didática em um dos momentos, destaca-se a experimentação no desenvolvimento da construção do conhecimento. Isso reforça a contribuição da sequência didática como metodologia de grande impacto no processo educacional. Ressalta-se a importância em considerar as limitações, as potencializações e os

contextos presentes para o desenho de sequência didática. Destaca-se nesse perfil, a proposta para utilização de nanopartículas de prata como inibidoras de corrosão nas atividades nas atividades experimentais por serem de fácil síntese e utilização.

3.5.1.1 Descrição e fundamentação do 1º momento da sequência didática

Objetiva-se conhecer o perfil da turma quanto ao assunto de corrosão de forma a direcionar os instrumentos adotados nesse momento. Realizado no 1º dia de aula da disciplina (4 horas, mais especificamente, 220 minutos, pois há 20 minutos de intervalo) e para esse momento da sequência didática serão utilizados o questionário, fotografias e videogravação. A descrição detalhada desse momento está apresentada a seguir nos itens a (avaliação diagnóstica), b (contextualização da corrosão através de imagens) e c (situação problema).

a) Avaliação diagnóstica

Na avaliação diagnóstica, objetivou-se verificar a percepção prévia dos alunos sobre corrosão. No quadro 2, são apresentadas 10 questões (questionário 1). O tempo previsto para essa etapa é de 60 minutos.

Quadro 2 – Questionário para sondagem do conhecimento prévio dos alunos sobre corrosão

| QUESTIONÁRIO 1 |
|--|
| 1. O que você já ouviu falar sobre corrosão? |
| 2. Corrosão é bom ou ruim para você e para a Sociedade? |
| 3. Na sua percepção, qual a relação da Química com a corrosão? |
| 4. Olhando para as imagens apresentadas, remete a alguma coisa? |
| 5. Por que o portão de nossa casa quando não está pintado, enferruja? Quimicamente o que está ocorrendo? |
| 6. Você já ouviu falar em baterias? Se sim, alguma relação com corrosão? |
| 7. A lâ de aço “enferruja” mais rápido quando está em contato com água ou não? Qual a relação da água com a corrosão na sua opinião? |
| 8. Uma geladeira do mesmo lote e mesmo tipo foi comprada na mesma loja no mesmo dia por pessoas diferentes. Uma pessoa que mora em Jardim Paulista Alto e a outra em Itamaracá, beira da praia. Pergunta-se: qual o local que a geladeira ficará mais conservada com o tempo? Por que isso ocorre na sua percepção? Explique |
| 9. O que diferencia uma superfície com corrosão e sem corrosão? Explique |

10. Há relação entre corrosão e oxidação? Explique

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

No quadro 3, é possível visualizar os objetivos de aprendizagem em função das perguntas formuladas para esse momento.

Quadro 3 - Objetivos de aprendizagem nas perguntas propostas no momento 1

| PERGUNTAS | OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM |
|---|--|
| O que você já ouviu falar sobre corrosão? | - Realizar uma sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos de forma a estabelecer a relação técnica da corrosão com aspectos do dia a dia. A sondagem se encontra em todas as perguntas apresentadas. |
| Corrosão é bom ou ruim para você e para a Sociedade? | - Instigar o senso crítico argumentativo dos estudantes de forma a criar uma ponte entre o seu posicionamento e os efeitos da corrosão para a Sociedade. |
| Na sua percepção qual a relação da Química com a corrosão | - Incentivar uma correlação entre o senso comum e o senso científico transcrevendo a corrosão de forma representacional/equacional. |
| Olhando para as imagens apresentadas, remete a alguma coisa | - Estabelecer uma delimitação simbólica além da imagem. Incentivando que os estudantes prospectem a Química que está por trás das superfícies corroídas. |
| Por que o portão de nossa casa quando não está pintado, enferruja? Quimicamente o que está ocorrendo? | -Levantar questões sobre o processo de inibição de corrosão e sua importância. |
| Você já ouviu falar em baterias? Se sim, alguma relação com corrosão | - Relacionar os aspectos socioeconômicos que estão envolvidos no que é consumido pela Sociedade dentro de uma perspectiva Química. Nesse momento, irá se diferenciar corrosão química da eletroquímica. |
| A lâ de aço “enferruja” mais rápido quando está em contato com água ou não? Qual a relação da água com a corrosão na sua opinião? | - Relacionar ocorrências do cotidiano e propor uma análise do ponto de vista corrosão/ reação eletroquímica. |
| Uma geladeira do mesmo lote e mesmo tipo foi comprada na mesma loja no mesmo dia por pessoas diferentes. Uma pessoa que mora em Jardim Paulista Alto e a outra em Itamaracá, beira da praia. Pergunta-se: qual o local que a geladeira ficará mais conservada com o tempo? Por que isso ocorre na sua percepção? Explique | - Instigar e destacar as diferenças climáticas como interferentes nos meios corrosivos de forma a estabelecer uma reflexão das possíveis causas diante de um contexto visualizável. A busca dos porquês diante de tantas ocorrências corriqueiras que passam despercebidas por muitos. |

| | |
|---|---|
| O que diferencia uma superfície com corrosão e sem corrosão? Explique | - Correlacionar os aspectos macroscópicos visualizados nas diferentes formas de corrosão das “invisíveis” do ponto de vista reação eletroquímica. |
| Há relação entre corrosão e oxidação? Explique. | - Introduzir o conceito de oxidação e os efeitos deste sobre a ocorrência de corrosão. |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Nesse momento da avaliação diagnóstica serão avaliados os conhecimentos prévios dos alunos e verificado o nível em que poderá ser abordado o assunto de corrosão de forma a se aproximar da linguagem para entendimento da zona proximal defendida por Vygotsky no processo ensino e aprendizagem. A verificação da percepção prévia dos alunos será muito importante para as próximas etapas da sequência didática proposta.

b) Contextualização da corrosão através de imagens

Na 2ª hora de aula, com um tempo previsto de 60 minutos, após o questionário diagnóstico, serão apresentadas imagens figura 15 com o objetivo de instigar um debate através da discussão e levantamento de possibilidades sobre o assunto de corrosão.

Para o debate, os alunos farão um círculo na sala e cada um colocará sua opinião diante do apresentado. As imagens serão de diferentes contextos industriais locais de forma a instigar os alunos a colocarem o que eles entendem sobre corrosão.

A proposta é de cada aluno convergir ou divergir com as respostas apresentadas e o professor nortear o debate de maneira interativa até levantar aspectos técnicos-conceituais aplicáveis ao momento, como a definição, as formas e os meios corrosivos.

Figura 15 - Imagens de diferentes materiais que apresentam algum tipo de corrosão



Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020).

As imagens apresentadas nesse momento apresentam o objetivo de aprendizagem listados no quadro 4.

Quadro 4 - Objetivo de aprendizagem das imagens apresentadas no momento 1

| FOTOS | OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM |
|---|---|
|  | <p>- Contextualizar através de imagens como pode se apresentar a corrosão em suas diferentes dimensões e formas. Nesse momento, serão trabalhados questionamentos se a corrosão pode ser benéfica e o que quimicamente está acontecendo nas fotos das superfícies apresentadas.</p> |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

O professor será o mediador em todas as etapas até levantar as questões científicas aplicadas à unidade curricular de corrosão. Nessa etapa, evidencia-se a importância de Vygostky, onde defende que a educação é caracterizada por saltos qualitativos e articulados tomando como referencial das relações sociais.

Ao encontro de Pires (2012) que defende que as atividades planejadas, passos e etapas interligadas são importantes para o processo de ensino e aprendizagem. Destaca-se que os momentos estarão interligados entre si e apresentando-se de forma co-dependente e com objetivos definidos. Méheut (2005), estará presente

em todas as etapas da sequência proposta através da sua percepção integrada: professor, aluno, conhecimento científico e mundo material.

c) Apresentação de situação problema

Com um tempo destinado de 100 minutos, será apresentada uma situação problema (quadro 5) e será disponibilizado um questionário (quadro 6) acerca da situação apresentada para levantamento de possibilidades e hipóteses.

Quadro 5 – Situação problema momento 1

| SITUAÇÃO PROBLEMA |
|---|
| <p>Uma empresa em Pernambuco situada na Zona Rural de Igarassu produtora de gás cloro, soda cáustica, hipoclorito de sódio e outros insumos para diversos segmentos, periodicamente, no máximo a cada um mês tem que fazer as revisões de suas tubulações e no máximo a cada dois meses tem que refazer a pintura altamente desgastada com a fabricação dos produtos citados. Pergunta-se: Qual o principal motivo na sua opinião que leva a necessidade de revisão e pintura das tubulações? Há alguma relação com a corrosão? Explique.</p> |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

No quadro 6, é apresentado questionário (questionário 2) a ser aplicado com o objetivo de levantar hipóteses para a condução da situação problema apresentada.

Quadro 6 – Questionário para levantamento de hipóteses para a situação problema apresentada.

| QUESTIONÁRIO 2 |
|---|
| 1. Qual a relação entre a corrosão existente nas máquinas, equipamentos e tubulações com a produção de soda cáustica, gás cloro e hipoclorito de sódio? Explique. |
| 2. Por que as revisões e pinturas nesse segmento produtivo recomenda-se ser periodicamente? |
| 3. Na sua percepção, é possível não desenvolver corrosão em segmento industrial de produção de soda cáustica, gás cloro e hipoclorito de sódio? Explique. |
| 4. Qual a relação entre pintura e a corrosão? |
| 5. Na sua opinião, o fato da empresa ser localizada na zona rural de Igarassu contribui no desenvolvimento de corrosão? Explique. |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

No quadro 7, tem-se destacado o objetivo de aprendizagem prospectado acerca da situação problema apresentada.

Quadro 7 - Objetivos de aprendizagem da situação problema apresentada no momento 1

| SITUAÇÃO PROBLEMA | OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM |
|---|---|
| <p>Uma empresa em Pernambuco situada na Zona Rural de Igarassu produtora de gás cloro, soda cáustica, hipoclorito de sódio e outros insumos para diversos segmentos, periodicamente, no máximo a cada um mês tem que fazer as revisões de suas tubulações e no máximo a cada dois meses tem que refazer a pintura altamente desgastada com a fabricação dos produtos citados. Pergunta-se: Qual o principal motivo na sua opinião que leva a necessidade de revisão e pintura das tubulações? Há alguma relação com a corrosão? Explique.</p> | <p>- Contextualizar esses alunos na dinâmica industrial local, fazendo com que eles pensem de maneira crítica sobre as possíveis causas que levam a essa troca dinâmica de tubulação, assim como necessidade de pintura. Os aspectos questionados levantarão hipóteses que poderão ser abordados os meios de corrosão e formas de tratamento.</p> |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

No quadro 8, são apresentados os objetivos de aprendizagem das perguntas em relação à situação problema como forma de direcionamento.

Quadro 8 - Objetivos de aprendizagem do questionário da situação problema

| PERGUNTAS | OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM DO QUESTIONÁRIO DA SITUAÇÃO PROBLEMA |
|---|---|
| <p>Qual a relação entre a corrosão existente nas máquinas, equipamentos e tubulações com a produção de soda cáustica, gás cloro e hipoclorito de sódio? Explique.</p> | <p>Contextualizar o dia a dia industrial na avaliação de meios corrosivos que podem dá celeridade à corrosão nas máquinas, equipamentos e tubulações.</p> |
| <p>Por que as revisões e pinturas nesse segmento produtivo recomenda-se ser periodicamente?</p> | <p>Instigar a interpretação dos meios de prevenção de corrosão na fabricação de produtos e insumos.</p> |

| | |
|---|--|
| <p>Na sua percepção, é possível não desenvolver corrosão em segmento industrial de produção de soda cáustica, gás cloro e hipoclorito de sódio? Explique.</p> | <p>Correlacionar os conteúdos técnicos e científicos dentro da percepção da influência de meios corrosivos diversos e seus efeitos sobre a corrosão.</p> |
| <p>Qual a relação entre pintura e a corrosão?</p> | <p>Correlacionar os conteúdos técnicos e científicos dentro da percepção da proteção de superfícies com o objetivo de prevenir a corrosão.</p> |
| <p>Na sua opinião, o fato da empresa ser localizada na zona rural de Igarassu contribui no desenvolvimento de corrosão? Explique.</p> | <p>Correlacionar os conteúdos técnicos e científicos dentro da percepção dos diferentes meios corrosivos que podem afetar em comportamento diferentes na apresentação da corrosão.</p> |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

3.5.1.2 Descrição e fundamentação do 2º momento da sequência

Nesse momento será abordada a parte mais técnica da unidade curricular em questão, corrosão, onde através de aulas expositivas e dialogadas os alunos irão percorrer as etapas teóricas para entendimento técnico da disciplina de corrosão. Nessa etapa, serão trabalhados contextos referentes à temática, onde tomará por base as discussões do 1º momento. Conforme mencionado anteriormente, Méheut (2005), está presente em todas as etapas com seus preceitos epistemológicos e pedagógicos. Nos apêndices 2 e 3 (aulas expositivas e dialogadas) se encontram os conteúdos abordados como base conceitual deste momento proposto. De acordo com Anastasiou e Alves:

A aula expositiva dialogada é uma estratégia que vem sendo proposta para superar a tradicional palestra docente. Há grandes diferenças entre elas, sendo que a principal é a participação do estudante, que terá suas observações consideradas, analisadas, respeitadas, independentemente da procedência e da pertinência das mesmas, em relação ao assunto tratado. O clima de cordialidade, parceria, respeito e troca são essenciais. (ANASTASIOU; ALVES 2009, p. 86).

O segundo momento da sequência será iniciado com uma revisão de eletroquímica e abordagem de corrosão: formas, monitoramento e controle. Será feita uma abordagem sobre as nanopartículas de prata como inibidoras de corrosão.

Essa é a etapa mais técnica da disciplina e será desenvolvida em 20 aulas, cada uma com duração de 60 minutos e considerando em cada dia, 20 minutos de intervalo, terá no total aproximado de 18 horas. As aulas serão expositivas e dialogadas, onde serão levantados os aspectos relacionais do 1º dia de aula, fazendo com que os alunos percebam que o conhecimento prévio está associado aos aspectos técnicos-científicos inseridos nos conceitos, aplicações e tratamentos da corrosão. Nessa etapa os aspectos conceituais e técnicos serão abordados e se baseará nos seguintes conteúdos para fundamentação:

- Definição e diferenciação de corrosão Química e da Eletroquímica
- Fatores que afetam diretamente a corrosão
- Princípios de oxirredução em termos de oxigênio e elétrons
- Equação geral de oxidação e redução
- Diferenciação de ânodo e cátodo
- Apresentação e explicação da tabela de potencial
- Enfoque para pilhas e seus componentes e o processo esquemático de uma célula eletroquímica
- Cálculo da ddp da pilha
- Requisitos para ocorrência de corrosão
- Passividade em aços inoxidáveis
- Formas, monitoramento e controle da corrosão
- Galvanização e galvanoplastia

Numa abordagem mais aplicada, haverá a revisão de corrosão em termos de formas, monitoramento e controle. Será focada a morfologia da corrosão para assim definir o tipo de corrosão, estudo do meio corrosivo e tipos de tratamento de corrosão. Os mecanismos da causa da corrosão será objeto destaque por proporcionar a melhor avaliação para o devido tratamento e prevenção da mesma.

Como o foco principal da referida unidade curricular é a inibição de corrosão, apresenta-se o seguinte enfoque conceitual abordado em aula expositiva e dialogada acerca de galvanização e galvanoplastia. Abaixo encontram-se os aspectos técnicos e conceituais que serão abordados sobre a temática em uma das etapas, esse enfoque deve-se à importância e aplicação deste processo em diversos segmentos locais. Nesse momento, se destacará os aspectos tecnológicos que estão envolvidos na corrosão. Além da aula expositiva e dialogada desse 2º

momento, serão disponibilizados: situação de aprendizagem e um questionário e um exercício geral dos tópicos abordados na referida unidade curricular.

No quadro 9, verifica-se os objetivos de aprendizagem na abordagem de conteúdos técnico do 2º momento da sequência didática proposta.

Quadro 9 - Objetivos de aprendizagem nos conteúdos abordados em exercícios presentes no momento 2

| CONTEÚDOS ABORDADOS | OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Definição e diferenciação de corrosão Química e Eletroquímica - Fatores que afetam diretamente a corrosão - Princípios de oxirredução em termos de oxigênio e elétrons - Equação geral de oxidação e redução - Diferenciação de ânodo e cátodo - Apresentação e explicação da tabela de potencial - Enfoque para pilhas e seus componentes e o processo esquemático de uma célula eletroquímica - Cálculo ddp da pilha - Requisitos para ocorrência de corrosão - Passividade em aços inoxidáveis - Galvanização e galvanoplastia - Formas, monitoramento e controle da corrosão - Situação de aprendizagem associada ao questionário com 9 perguntas. - Exercício 1º ao 34º | <ul style="list-style-type: none"> - Mediar os aspectos científicos-conceituais de forma provocativa e correlacionando ao 1º momento, fazendo com que diminua a ponte entre o senso comum e senso científico. Nessa etapa a fundamentação conceitual técnica será decisiva para provimento teórico e melhor desenvolvimento do processo ensino e aprendizagem requerido em todas as etapas da sequência didática proposta. |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Será apresentada um situação de aprendizagem associada a um questionário apresentado no quadro 10. No anexo I, se encontra o exercício sobre a base conceitual de corrosão abordada nessa etapa.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM

“A corrosão equivocadamente é vista como “negativa” pois remete ao desgaste da superfície de uma forma geral e na verdade, em termos de industrialização, tecnologia e inovação, a mesma é essencial para auxiliar no tratamento das superfícies de forma a estabelecer uma durabilidade e conservação do material.

Esse tratamento pode ser uma aplicação metálica e até mesmo uma pintura, isso vai depender dos objetivos, vai depender da finalidade requerida.

Uma coisa é certa: O que seria da humanidade sem o aço, sem o ferro, sem a borracha, sem o concreto e especialmente sem as baterias? Nesse contexto, fica evidente a importância única da corrosão na evolução da indústria e da Sociedade, pois, sem os benefícios gerados por essa área, ficaríamos tecnologicamente e industrialmente para trás, isso é fato. Considerando agora que você enquanto **TÉCNICO EM QUÍMICA** de uma renomada indústria no segmento metálico, mais especificamente, empresa de **GALVANIZAÇÃO**, empresa que faz tratamento de superfície utilizando metais de inferior qualidade para servir como metal de sacrifício com o objetivo de aumentar a durabilidade do metal do mais seletivo.

Você enquanto Técnico em Química faz controle de processo Químico nas etapas críticas de produção, tais quais:

- Inspeção das aplicações metálicas;
- Concentração dos banhos de eletrodeposição;
- Controle físico das superfícies;
- Controle químico das superfícies nas etapas de operações”.

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Para direcionamento das atividades acima especificadas, você terá que responder as seguintes questões presentes no quadro 10 (questionário 3).

Quadro 10 – Questionário para verificação da fundamentação teórica apresentada no contexto da situação de aprendizagem

| QUESTIONÁRIO 3 |
|--|
| <p>Q.1 A corrosão química e eletroquímica são decisivas para o desenvolvimento de processos industriais no segmento de metalurgia e na produção de baterias de carro, por exemplo. O estudo de corrosão é fundamental para a promoção de prevenção de desgastes de várias superfícies e o entendimento da fundamentação básica inserida nesta é fundamental. Nesse contexto, comente sobre a relação do potencial de redução padrão dos metais com o desenvolvimento ou não da corrosão. Explique a diferença entre ânodo e cátodo, agente redutor e oxidante.</p> |
| <p>Q.2 A corrosão muitas vezes é vista como algo prejudicial e que basicamente vem em mente “a ferrugem”. Ao contrário dessa falsa impressão, a corrosão é responsável por impactos positivos decisivos para a economia e principalmente pelos efeitos benéficos que a corrosão proporciona protegendo inúmeras superfícies através de tecnologias aplicáveis. Explique o porquê o aço inox pode sofrer corrosão e comente quais as principais possibilidades de tratamento e inibição de</p> |

corrosão.

Q.3 A corrosão além de servir na sua grande maioria como superfícies de tratamento, é também responsável por produzir insumos e produtos em diversos segmentos industriais. **Dê exemplos e explique o princípio básico da fundamentação da corrosão inserida no exemplo dado por você.** **Observação: considere se é um exemplo que usa o princípio da corrosão química ou eletroquímica.**

Q.4 Identificar o tipo de corrosão é uma etapa decisiva para caracterizar o meio, estabelecer os mecanismos de controle e de tratamento. **De acordo com o exposto e considerando a figura abaixo, qual é tipo de corrosão apresentada e quais os procedimentos indicados para reduzir esse tipo de corrosão?**



Q.5 Entender esquematicamente a representação de uma pilha é muito importante para os participantes desse processo. Considerando a reação



Dados o potencial de redução padrão: (Cr = - 0,74 V, Ag= 0,80 V). Desenhe esquematicamente a pilha e responda ao que se pede:

Semi-reações parciais

Reação global

Cátodo

Ânodo

Quem sofre redução

Quem sofre oxidação

Quem é o agente oxidante

Quem é o agente redutor

Q.6 O meio corrosivo é determinante para o desenvolvimento da corrosão podendo dá celeridade à mesma, a depender de suas características. Nesse contexto, conhecer os principais meios corrosivos responsáveis por causarem corrosão é essencial para a sua prevenção. **Nesse contexto, comente e explique os principais meios corrosivos e qual a sua interferência no desenvolvimento de corrosão em diferentes superfícies. Relacione formas de prevenção de corrosão.**

Q.7 A prevenção da corrosão é indispensável para evitar problemas, principalmente em processos

industriais, pois além de reduzir custo, oferta uma estabilidade de processo necessária para seu melhor rendimento do ponto de vista operacional. Nesse perfil, conhecer como a corrosão pode ocorrer é o caminho para a sua prevenção, pois uma vez apresentada, a corrosão gera riscos e um aumento significativo de custo para seu possível reparo, quando possível, pois muitas vezes, a peça tem que ser substituída pelo grau de desgaste apresentado. **Comente sobre os principais requisitos para haver corrosão e a melhor forma de minimizar os efeitos da corrosão no contexto apresentado.**

Q.8 Avaliar as condições inerentes e os fatores que podem interferir no desenvolvimento da corrosão são indispensáveis para estabelecer o possível tratamento. De acordo com a informação apresentada e considerando que dois equipamentos iguais estão instalados em duas empresas diferentes e que os equipamentos produzem o mesmo material. Observou-se nessa condição, desgaste completamente diferente destes equipamentos. Considere também que as manutenções foram as mesmas nas empresas. **Faça uma análise das causas na diferença de desgaste apresentado.**

Q.9 A corrosão pode se apresentar de diferentes formas e a depender do meio corrosivo, pode resultar em uma maior aceleração da degradação da superfície. Conhecer as causas do processo corrosivo é importante porque ajuda a estabelecer a melhor forma de tratamento e prevenção. Considerando que você é o técnico responsável pela inspeção de chapas de alumínio em uma empresa que está localizada em Suape, Pernambuco, próximo de praia, onde frequentemente há um desgaste visualizado nas chapas, em especial as que ficam expostas por muito tempo. A quem você atribui esse desgastes? O que pode ser feito na sua opinião para minimizar os efeitos?

Q.10 Você é um Técnico em Química que está participando de uma seleção para compor o quadro de Analista de Processos de uma renomada empresa que tem seu portfolio em GALVANIZAÇÃO E GALVANOPLASTIA . De acordo com o apresentado e considerando que a empresa contratante pede uma avaliação técnica sua sobre a seguinte situação abaixo: Para otimizar o custo de processo, o supervisor de produção ordenou que fosse passada a etapa de desengraxe da superfície. E para ganhar tempo, propôs que a concentração dos banhos não fosse verificada por hora, assim como “liberou” o controle de verificação da espessura da galvanização aplicada .

Pede-se: Sua avaliação técnica sobre a seguinte situação e o que você faria numa situação como essa? Argumente e explique detalhadamente todas as suas respostas.

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

3.5.1.3 Descrição e fundamentação do 3º momento da sequência didática

O 3º momento é marcado por atividades em grupo, onde os alunos terão que compor uma busca e defesa argumentativa acerca do trabalho de campo realizado.

No terceiro momento, será realizada aula de campo, onde em grupos, os alunos registrarão através de fotos e vídeos na área externa da escola (60 minutos),

as superfícies corroídas, em seguida, os mesmos irão discutir e elaborar um plano com o tipo de corrosão, meio corrosivo e melhorias a serem adotadas (90 minutos). No final da aula (70 minutos), cada equipe apresentará e debatará sua proposta. Cada dia de aula tem 20 minutos de intervalo.

Os alunos deverão se dividir em diferentes áreas internas e externas da escola, incluindo, laboratórios, corredores, passarelas, carretas e oficinas. Após verificação e registro, os alunos deverão retornar para a biblioteca, sala de informática ou de sala de aula, onde deverão no tempo máximo de 90 minutos, preparar uma apresentação constando o tipo de corrosão visualizada com justificativa, os meios de corrosão e as formas de inibição//tratamento da mesma. Pede-se também a explanação/argumentação de pontos de melhorias visualizados no trabalho de campo, assim como os principais mecanismos da corrosão encontrados quando aplicável. Cada equipe, após essa construção terá um tempo máximo de 14 minutos para a apresentação para a turma com possibilidade dinâmica de intervenção por parte dos mesmos em todo o processo, caso se faça necessário. Para essa etapa da sequência didática proposta tem-se no quadro 11, o objetivo proposto de aprendizagem.

Quadro 11 - Objetivo de aprendizagem do trabalho de campo do momento 3

| TRABALHO DE CAMPO | OBJETIVO DA APRENDIZAGEM |
|---|--|
| <p>- Após as fotos/filmagem, eles fazem uma discussão e elaboram um plano de discussão, incluindo as causas, tratamentos e sugestões de melhorias</p> | <p>- Mediar de forma interativa os aspectos visualizados da corrosão no ambiente escolar, incluindo ambientes internos e externos. Esse momento é de muita desconcentração e os alunos fazem o papel de um “inspetor”, onde através de sua avaliação e análise crítica conceitual, apresentarão ações de melhorias. Ou seja, o aluno como protagonista do processo ensino e aprendizagem e a reversão do conhecimento para tratativas Sociais.</p> |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

3.5.1.4 Descrição e fundamentação do 4º momento da sequência didática

Para a referenciação teórica, tem-se Santos (2007) com suas colocações sobre as atividades experimentais e destacam-se: Alves Filho (2000) e Viana (2014), onde o primeiro, instiga a interação proporcionada pelas atividades práticas e o segundo, se refere ao professor como mediador nas atividades experimentais.

De acordo com Santos e Schnetzler (1996), as atividades experimentais são importantes quanto ao papel investigativo e sua função pedagógica ajuda na compreensão dos fenômenos e na construção de conceitos. Na sequência didática apresentada, optou-se por reforçar a teoria que foi explicada previamente e instigar a investigação comparativa com a utilização das nanopartículas de prata como inibidoras de corrosão nos experimentos de eletroquímica. Destaca-se que independente do objetivo prospectado, o professor deve planejar coerentemente as atividades para que sejam criadas situações favorecedoras de aprendizagem.

Esse momento será realizado em 12 h/aula, 3 dias, totalizando, 720 minutos. As atividades práticas serão propostas com tempo contínuo sem intervalos (as atividades se encontram no apêndice 4). A turma será dividida em 7 equipes, cada uma composta por 4 alunos. Inicialmente serão feitos os seguintes direcionamentos para discussão prévia (cerca de 40 minutos):

- 1) Objetivo da aula prática;
- 2) Relação da mesma com o potencial padrão de redução dos metais;
- 3) A interferência dos diferentes meios corrosivos;
- 4) Os efeitos da inibição de corrosão. Nesse momento, fala-se da nanopartículas de prata e os efeitos esperados para a corrosão;
- 5) Explana-se detalhadamente os experimentos a serem realizados;
- 6) Pede-se ao término dos experimentos, discutir entre os componentes dos grupos e responder as questões que serão disponibilizadas no roteiro.

Nesse contexto, no quadro 12, se encontra o objetivo de aprendizagem da fase inicial experimental.

Quadro 12 - Objetivo de aprendizagem do momento 4

| ATIVIDADES PRÁTICAS EXPERIMENTAIS: | OBJETIVO DA APRENDIZAGEM |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1) Objetivo da aula prática 2) Relação da mesma com o potencial padrão de redução dos metais 3) A interferência dos diferentes meios corrosivos 4) Os efeitos da inibição de corrosão. Nesse momento, fala-se da nanopartículas de prata e os efeitos esperados para a corrosão 5) Explana-se detalhadamente os experimentos a serem realizados 6) Pede-se ao término dos experimentos, discutir entre os componentes dos grupos e responder as questões que serão disponibilizadas no roteiro. 7) Experimentos de 1 a 6 | <p>- Mediar de forma interativa os aspectos constatados, estudados e discutidos da corrosão em todas as etapas anteriores e nesse momento através de experimentos simples e com a adição de nanopartículas de prata será possível visualizar a partir das observações, o processo corrosivo como forma de identificar quais superfícies poderiam ser usadas como ativadoras e inibidoras de corrosão em comparação com os potenciais de redução padrões.</p> |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

As práticas experimentais propostas terão um caráter investigativo que leve o aluno à reflexão, à observação e ao levantamento de hipóteses na perspectiva de questionamentos que serão elencados da tabela de potencial versus o estudo da corrosão eletroquímica face a diferentes características a serem observadas em diferentes meios corrosivos. Associado a isso, a interrelação com a nanotecnologia se fará pertinente, pois, os alunos sintetizarão as nanopartículas de prata de acordo com o procedimento apresentado.

3.5.1.4.1 Síntese das nanopartículas

A síntese das nanopartículas de prata será realizada em grupos, onde serão observados os pontos críticos de sua preparação. O objetivo da adição das nanopartículas de prata aos experimentos de corrosão eletroquímica será para verificar o efeito inibidor de corrosão. Nesse momento, correlaciona-se com a inibição de corrosão através de uso de nanopartículas. Será adotado um método alternativo simples de síntese das nanopartículas. Esse método consiste na preparação a partir de uma solução de nitrato de prata com ácido ascórbico sob condições específicas de síntese.

O ácido ascórbico (vitamina C) é conhecido por sua propriedade antioxidante, bem como pela biodegradabilidade, biocompatibilidade, baixa toxicidade e alta solubilidade em água. Devido a essas características, o ácido ascórbico foi utilizado para sintetizar as nanopartículas metálicas. Um estudo recente avaliou a síntese e estabilização de nanopartículas à temperatura ambiente, verificando que as partículas apresentaram formatos esféricos, com uma estreita faixa de distribuição de diâmetros médios (31 ± 5 , 36 ± 6 e 40 ± 5 nm) (NADAGOUDA, 2008).

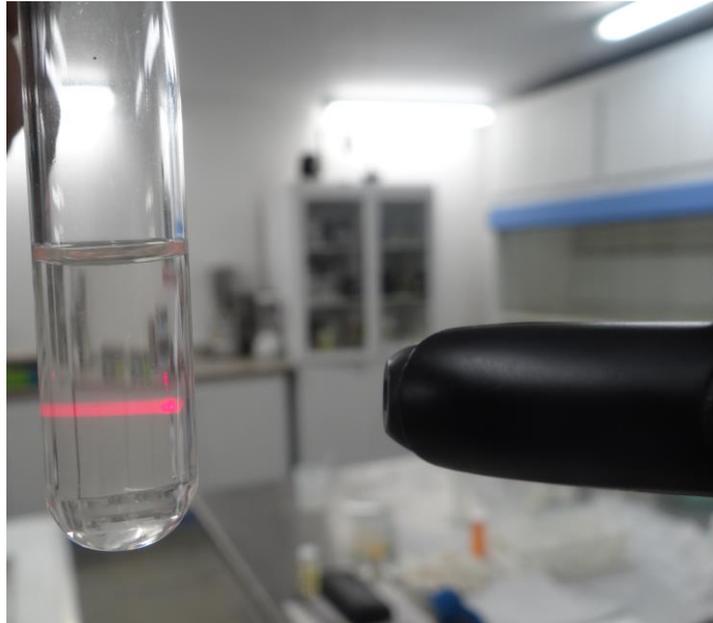
No apêndice 5, se encontra o procedimento detalhado das atividades experimentais da síntese das nanopartículas e ensaios de eletroquímica.

Tomas e Gomes (2016) propôs um método para sintetizar as nanopartículas de prata a partir de uso de ácido ascórbico e solução de nitrato de prata. O mesmo foi adaptado para assegurar que a prata não sofresse oxidação sendo ajustada a concentração da solução.

- a)** Em béquer de 250 mL colocar cerca de 200 mL de água destilada e dissolver 1 comprimido efervescente de vitamina C (sem zinco) até completa dissolução;
- b)** Levar ao aquecimento a solução de nitrato de prata (AgNO_3) 0,0001 mol/L. Deve-se garantir um leve aquecimento com o objetivo de dá celeridade à síntese;
- c)** Em um tubo de ensaio, colocar cerca de 5 mL de solução de AgNO_3 0,0001 mol/L e vagorosamente colocar 5 gotas (medir com conta-gotas) da solução de vitamina C, fonte de ácido ascórbico que servirá como redutor da reação. Homogeneizar e aguardar por cerca de 1 a 2 minutos pela mudança de coloração.

A coloração da solução que apresenta a formação das nanopartículas de prata é levemente amarelada. Para a comprovação da obtenção das nanopartículas, projeta-se um feixe de laser proveniente de caneta passadora de slides. O feixe passará de forma linear transpassando na solução nanoparticulada. A concentração da solução de nitrato de prata foi ajustada para formar as nanopartículas. Em soluções com concentrações maiores, a prata formada oxida resultando em coloração cinza da prata, ou seja, a oxidando. É extremamente importante adotar a concentração correta de solução de nitrato de prata para não oxidar a prata (a cor fica escura) e isso é evidenciado a partir da coloração obtida ao realizar a síntese com vitamina C. Na figura 16, apresenta-se as nanopartículas de prata sintetizadas.

Figura 16 - Nanopartículas de prata sintetizada



Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020).

3.5.1.4.2 Experimentos de eletroquímica

Após a síntese das nanopartículas de prata, cada equipe iniciará os experimentos em eletroquímica com o objetivo de avaliar o comportamento de diferentes metais em diferentes meios corrosivos com e sem nanopartículas de prata. Nessa fase, serão trabalhados experimentos que contemplem materiais de fácil obtenção e que possam ser reaproveitados, como, por exemplo, fontes de metais de uso no cotidiano, fonte de ferro (lã de aço), clips (fonte de zinco), papel alumínio (fonte de alumínio).

Nos testes a serem realizados para a proposta de experimentação, optou-se como forma alternativa e de baixo custo, a utilização de materiais de fácil acesso. Esses materiais podem ser fios de cobre de fiação elétrica em desuso, zinco provenientes de resto de latões de construção civil e outros materiais metálicos reaproveitados.

E também nesse contexto, em alguns experimentos, utilizou-se materiais que representassem os meios corrosivos, tais quais água santária (projeção de uma solução alcalina e eletrolítica) e vinagre (meio levemente ácido).

Os experimentos em si, tem o objetivo de avaliar os diferentes comportamentos de metais sob condições e meios corrosivos diversos, com e sem

nanopartículas de prata. As condições experimentais serão desenvolvidas de acordo com o procedimento fornecido e previamente testados dentro desta perspectiva.

Para todos os experimentos, deve-se realizar o procedimento em duplicata, onde no 1° tubo estará sem a solução de nanopartícula de prata preparada pelos grupos e no 2° tubo, deverá adicionar 5 mL de solução de nanopartículas de prata. Após adição das nanopartículas, de prata no 2° tubo anotar as observações e comparar o tempo de reação do 1° com o 2° tubo.

Em um dos experimentos, onde se tem a verificação da corrosão de metais como com Al, Zn e Cu em meio ácido com a utilização do ácido sulfúrico em solução e concentrado. O meio corrosivo é decisivo no desenvolvimento da corrosão.

Na figura 17, pode-se observar o comportamento do metal de acordo com o seu potencial de eletrodo.

Figura 17 - Experimentos eletroquímicos: Al, Zn e Cu em meio ácido



Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020).

Já na figura 18, tem-se o experimento em meio salino utilizando uma solução saturada de sulfato cúprico, (CuSO_4) com a imersão de superfície metálica de: fio de cobre, zinco, Ferro. A ocorrência da corrosão vai depender do tipo de metal colocado em teste, conforme imagens verificadas abaixo.

Figura 18 - Experimentos eletroquímicos: Cu, Al e Fe em meio salino



Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020).

Na figura 19, tem-se o experimento utilizando uma solução de ácido clorídrico (HCl) com imersão de superfície metálica (cilps), zinco, ferro (lã de aço). A corrosão é observada a partir da ocorrência da reação visualizada a partir da formação de bolhas (gás e mudança de coloração da superfície imersa).

Figura 19 - Experimentos eletroquímicos: Zn e Fe em meio ácido



Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020).

3.5.1.4.3 Questionário sobre os experimentos realizados

Após realização de todas as etapas experimentais (síntese das nanopartículas e avaliação do comportamento dos metais em diferentes meios eletroquímicos), serão apresentadas as seguintes perguntas (questionário 4), presente no quadro 13 e que tem os objetivos de aprendizagem listados no quadro 14.

Quadro 13 – Questionário das atividades práticas experimentais.

| QUESTIONÁRIO 4 |
|---|
| <p>Questões da aula prática</p> <p>1º) Apresente para todos os experimentos, as reações eletroquímicas envolvidas. Na resposta, deve-se ter as reações parciais e a total, especificando a reação de ânodo e do cátodo.</p> <p>2º) A quem se deve o diferente comportamento das reações observadas ? Justifique sua resposta.</p> <p>3º) Qual a razão para se usar em determinados experimentos, um metal envolvido em outro?</p> <p>4º) Por que no 5º experimento o zinco sofreu um leve ataque, enquanto o cobre permaneceu praticamente inalterado? Justifique sua resposta.</p> <p>5º) Comparando os tempos de reação eletroquímica (quando visualizado), qual o papel das nanopartículas de prata? Justifique sua resposta.</p> |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Quadro 14 – Objetivos de aprendizagem do questionário das atividades práticas experimentais do momento 4.

| QUESTÕES DAS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS | OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM |
|---|--|
| <p>Questões da aula prática</p> <p>1º) Apresente para todos os experimentos, as reações eletroquímicas envolvidas. Na resposta, deve-se ter as reações parciais e a total, especificando a reação de ânodo e do cátodo.</p> <p>2º) A quem se deve o diferente comportamento das reações observadas ? Justifique sua resposta.</p> <p>3º) Qual a razão para se usar em determinados experimentos, um metal envolvido em outro?</p> <p>4º) Por que no 5º experimento o zinco sofreu um leve ataque, enquanto o cobre permaneceu praticamente inalterado? Justifique sua resposta.</p> <p>5º) Comparando os tempos de reação eletroquímica (quando visualizado), qual o papel das nanopartículas de prata? Justifique sua resposta.</p> | <p>- Avaliar cientificamente se os experimentos realizados de forma comparativa a partir das ocorrências observadas estão condizentes com a literatura e se as nanopartículas de prata serviram como inibidoras de corrosão quando avaliadas com os experimentos ausentes de nanopartículas.</p> |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Nota de observação: Os formulários para auxílio na coleta das respostas dos estudantes, se encontram nos apêndices (6 à 12) para facilitação das etapas a serem aplicadas.

3.6 Validação da sequência didática

A pandemia devido à COVID-19, acarretou na suspensão de aulas presenciais em todas as escolas de Pernambuco, não sendo possível a aplicação da sequência didática proposta nesta dissertação.

Com o objetivo de validar a sequência didática proposta, convidou-se professores da área de química de redes diversas de ensino para avaliar o produto educacional elaborado (10 professores participaram da pesquisa), onde junto com o produto educacional proposto, disponibilizou-se o TLCE (termo livre de consentimento e esclarecido) e um questionário (ficha de validação de produto educacional), presente no apêndice 5 (todos os documentos foram enviados para o email dos professores). Os participantes responderam 15 questões semi-abertas (a questão 15 é totalmente aberta) com resposta sim ou não e ao responderem, justificaram o porquê de suas respostas. O questionário fornecido, objetivou avaliar o produto educacional que tem como foco principal facilitar o processo de ensino e aprendizagem no ensino de corrosão para o curso técnico em química, instigando a participação ativa dos alunos, buscando a proposição de soluções através da investigação, reflexão, dinamicismo e experimentação. Destaca-se que em todo o processo, busca-se a mediação do professor e a ação dos alunos, colocando-o como protagonista do processo.

O dia a dia do professor, não é tarefa fácil, principalmente quando se trata da pesquisa, do planejamento de sua aula e da busca por melhores estratégias pedagógicas. Sendo assim, apresentar uma sequência didática que facilite esse processo e que possa servir como material de apoio pedagógico, é essencial.

3.6.1 Validação de sequência didática de acordo com os pressupostos de Méheut

De acordo com Méheut (2005), uma sequência didática pode ser validada, de acordo com os critérios de justificação a priori e de validação a posteriori ou empírica. Os critérios de justificação a priori objetiva tornar a sequência transparente e que tem três dimensões para análise:

a) dimensão epistemológica, relacionada aos conteúdos a serem aprendidos, aos problemas que eles podem resolver, e à origem histórica;

- b)** dimensão psicocognitiva, que analisa as características cognitivas dos estudantes;
- c)** dimensão didática, que analisa as restrições do próprio funcionamento da instituição de ensino de acordo com a sua limitação de aplicação.

Os critérios de validação a posteriori de uma sequência didática consideram dois pontos de vista que se complementam: avaliação externa ou comparativa, realizada através de pré- e pós-testes, a fim de comparar os efeitos da sequência didática, em relação ao ensino tradicional, enquanto a validação interna, realizada através da análise dos efeitos da sequência didática em relação aos seus objetivos em comparação às possibilidades de aprendizagem de acordo com as caracterizações prévias delimitadas.

A ficha de validação do produto educacional (apêndice 5) buscou analisar a SD proposta numa perspectiva de Méheut, por validação interna, onde através das respostas dos professores avaliadores a partir da avaliação do produto educacional, gerando uma análise comparativa dos efeitos da sequência didática proposta consonantes com os objetivos inseridos da SD versus a possibilidade de aprendizagem ofertada pela metodologia apresentada. Os professores com realidades diferentes analisaram a sequência didática proposta com perguntas semi-abertas estruturadas dentro dos preceitos epistêmicos e pedagógicos defendidos por Méheur através de sua composição em momentos: avaliação diagnóstica, apresentação de imagens e situação problema (momento 1), abordagem conceitual da unidade curricular sobre corrosão com aplicação de questionários, situação de aprendizagem e exercício (momento 2), trabalho de campo (momento 3) e momento 4 são propostas atividades práticas experimentais utilizando as nanopartículas de prata como inibidoras de corrosão.

As questões levantadas na ficha de validação levou em consideração os seguintes elementos:

- a)** a aplicabilidade da sequência didática no ensino de corrosão;
- b)** a estruturação da SD (sequência didática);
- c)** Avaliação do conhecimento prévio;
- d)** Presença de situação de aprendizagem;
- e)** a reflexão dos alunos na busca por soluções;
- f)** Presença de problematização;
- g)** Correlação e interdependência dos momentos;

- h)** Técnica do conteúdo proposto de acordo com os preceitos de conhecimento científico;
- i)** Protagonização dos alunos nas etapas;
- j)** Experimentação e debates;
- k)** Avaliação da sequência didática na prática pedagógica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em decorrência da suspensão das aulas presenciais por causa da pandemia, impossibilitando a aplicação da SD com os alunos, convidou-se professores de Química para avaliar a sequência didática proposta com objetivo de validar a mesma. Para tanto, será avaliado o resultado da validação da sequência didática proposta, onde para dimensionar e avaliar de uma forma mais ampla, os participantes da pesquisa possuem experiência em sala de aula de 6 meses à 38 anos, e vivem realidades estruturais distintas em rede municipal, estadual, federal e particular, além de suas formações acadêmicas em áreas de ensino de Química ou tecnológica. A grande maioria, atua ou atuou no ensino técnico.

Ter a possibilidade de ter um público participante heterogêneo, com percepções e condições de trabalho diferentes, é de extrema importância para a metodologia apresentada tendo em vista que é uma proposta didática para o ensino de corrosão na área técnica em química. Isso reforça a missão das boas práticas pedagógicas que é diminuir barreiras, potencializar e facilitar o processo de ensino e aprendizagem. No quadro 15, é apresentado o perfil acadêmico e profissional dos participantes da pesquisa. PQ1 refere-se a professores de química participantes da pesquisa e Q.1 à Q.15, questão 1 à questão 15.

Quadro 15 – Perfil acadêmico e profissional dos professores avaliadores participantes da validação sequência didática proposta para o ensino de corrosão

| Professor | Graduação | Pós-graduação | Rede de ensino | Tempo de experiência |
|-----------|-----------------------------------|--|---------------------------------------|----------------------|
| PQ 1 | Bacharelado em Engenharia Química | Especialização em Gestão da Qualidade e Produtividade e docência a ensino superior | Particular (ensino técnico) | 6 meses |
| PQ 2 | Bacharelado em Engenharia Química | Mestrado em engenharia química | Particular (ensino regular e técnico) | 4 anos |
| PQ 3 | Bacharelado em Engenharia Química | Especialização em Educação Tecnológica | Particular (ensino técnico) | 6 anos |
| PQ 4 | Licenciatura Plena em Química | Especialização em Gestão Ambiental | Particular (ensino regular e técnico) | 10 anos |
| PQ 5 | Licenciatura Plena em Química | Especialização em Gestão da Qualidade e Segurança dos Alimentos | Particular (ensino regular e técnico) | 11 anos |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Os 10 (dez) professores avaliadores da sequência didática visualizaram que a problematização e os argumentos estão presentes na proposta, após avaliação das respostas dos envolvidos (quadro 16). Para evidenciar o afirmado pelos professores, seguem algumas respostas dos participantes:

PQ1: “A sequência didática está bem descrita para a tratativa da problematização. No qual envolve momentos com os alunos desde de uma avaliação prévia, para verificação do nível de conhecimento dos alunos sobre corrosão, até a utilização de nanopartículas de prata como inibidora de corrosão”;

PQ2: “O aluno é convidado a obter suas próprias conclusões e reflexões a respeito dos temas propostos. O aluno não é mero ouvinte, mas protagonista em sala de aula”;

PQ4: “Sim, são verificados, questionados e evidenciados em toda a sequência didática”

PQ8: “É possível visualizar a problematização desde o 1º momento. Em toda a sequência didática é possível verificar a presença dos argumentos”;

PQ10: “Sim. Observa-se que não só a problematização, mas também seus argumentos, é uma preocupação constante do pesquisador durante toda sequência didática”.

Os resultados obtidos na pesquisa sobre a problematização presente na SD, reforçam a visão de Batinga (2014), que destaca que a resposta não deve ter um caminho curto e direto. É preciso problematizar, questionar e buscar, para assim solucionar. Ter isso consolidado na metodologia proposta, enriquece os objetivos de aprendizagem almejados em diversos momentos da SD. Os professores responderam que há evidências através de questionamentos, debates, trabalho de campo e situação problema apresentada.

Q.2) Referente aos conteúdos da sequência didática

Q.2: Os conteúdos apresentados na sequência didática são dependentes dos momentos apresentados?

Quadro 17 – Respostas dos professores Q.2

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| SIM | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| NÃO | | | | | | | | | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Os 10 (dez) professores avaliadores da sequência didática afirmam que os conteúdos presentes são dependentes em cada momento apresentado (quadro 17). Destacam-se algumas respostas dos avaliadores:

PQ2: “Percebo que existe uma sequência lógica, e que para o aluno avançar nas etapas subsequentes precisa ter obtido o conhecimento na etapa anterior, para melhor entendimento do que se pede”;

PQ3: “Sim. De acordo com os conteúdos apresentados, existe uma relação de dependência entre os tópicos apresentados, estando de forma coerente e coesa com as situações apresentadas”;

PQ5: “Notamos que cada conteúdo apresentado no seu devido momento dá base para consolidar as informações que serão utilizadas no momento posterior”;

PQ10: “Sim. Inicialmente é realizada uma avaliação diagnóstica para se ter o conhecimento prévio dos alunos, posteriormente feita é uma contextualização do assunto e novamente com o passar da sequência, novos questionários são aplicados para observar o desenvolvimento dos alunos e dessa maneira a sequência em cada momento desenvolvido está atrelado ao conteúdo apresentado”.

Tendo em vista as respostas unânimes dos professores que avaliaram a SD e responderam sobre os conteúdos e sua interrelação, ficou evidenciado o defendido por Mantovani (2015), que menciona que a sequência didática pode direcionar o trabalho acerca dos conteúdos até a formação de um determinado conceito, visando a evolução das etapas e contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem.

Q.3) Referente ao incentivo do professor na participação ativa dos alunos

Q.3: O professor instiga o envolvimento e a participação dos alunos nos momentos apresentados?

Quadro 18 – Respostas dos professores Q.3

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| SIM | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| NÃO | | | | | | | | | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Todos os professores afirmaram que há incentivo à participação ativa dos alunos nos momentos da sequência didática (quadro 18). Seguem algumas respostas que reforçam essa avaliação:

PQ3: “Sim. Isto é evidenciado desde o primeiro momento com os questionários, as práticas laboratoriais, os debates e as situações problemas baseadas em situações reais da indústria”;

PQ4: “Não só há instiga pelo envolvimento e participação ativa dos alunos, como isso de fato é uma das propostas da aplicação das atividades”;

PQ5: “Encontramos em cada momento do processo de ensino o professor instigando o aluno ao envolvimento e participação por meio de exercícios, situações de aprendizagem, discussão e elaboração de plano de melhoria, entre outras ações”;

PQ10: “Sim. Durante toda a sequência o aluno é instigado a participar diretamente do processo do ensino aprendizagem sobre os conceitos e influências da corrosão no seu cotidiano, bem como no das indústrias, ou seja, o aluno participa do processo de construção do conhecimento ativamente durante toda a sequência”.

Os resultados obtidos sobre o incentivo de professor na participação dos alunos, corroboram com a teoria de Vigotsky acerca da ação compartilhada na construção do conhecimento entre professor e aluno, onde o diálogo, o compartilhamento de experiências e o senso crítico, contribuem para o processo de aprendizagem através de saltos qualitativos e perpassando pelos níveis de desenvolvimento propostos: zona de desenvolvimento real, zona de desenvolvimento proximal e zona de desenvolvimento potencial.

Q.4) Referente às metodologias de ensino apresentadas na sequência

Q.4: As metodologias de ensino apresentadas na sequência didática favorecem situação de aprendizagem?

Quadro 19 – Respostas dos professores Q.4

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| SIM | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| NÃO | | | | | | | | | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Todos os professores participantes da pesquisa afirmam que as metodologias adotadas de ensino favorecem situação de aprendizagem (quadro 19). Alguns destaques das resposta dos envolvidos na pesquisa:

PQ1: “Porque os conceitos apresentados sobre corrosão estão associados a aulas práticas e a situações reais. Além do incentivo da professora para debates e resolução dos problemas apresentados, tornando o aluno protagonista no processo de aprendizagem;

PQ2: “Com certeza, pois foge do ensino clássico onde o aluno é um mero ouvinte. Desde os debates iniciais propostos até a concretização do assunto mediante aula de campo e prática favorecem o entendimento do conteúdo proposto”;

PQ4: “Sim, pois para que uma situação de aprendizagem seja desenvolvida e solucionada, faz-se necessário a contextualização do assunto e aplicação de conceitos, para que daí possa-se aplicar e explicar o conteúdo através das situações de aprendizagens”;

PQ7: “**SIM** – Em todos os momentos são feitos questionamentos que leva o estudante a refletir, pesquisar e conseqüentemente, agregar novos conhecimentos e/ou aprimorar/consolidar os conhecimentos que já possui”;

PQ6: “Partir de um diagnóstico favorece sanar desde início as possíveis lacunas que poderão vir a interferir na aprendizagem do aluno, os estímulos visuais é um grande aliado na compreensão, do assunto abordado, seguido de situações problemas onde estimula o desenvolvimento do aluno na busca de soluções e sua aplicação em campo e as atividades práticas experimentais vai possibilitar o seu desenvolvimento no campo da pesquisa metodológica”

Utilizou-se várias estratégias como metodologia de ensino na sequência didática proposta, e isso vai ao encontro do que defende vários autores na busca por facilitar o processo de ensino e aprendizagem de forma reflexiva. Os resultados da pesquisa nessa questão, foram satisfatórios desde o planejamento das etapas até a experimentação proposta e destaca-se alguns autores que foram referenciados e que contribuem: Carvalho (2013) que aponta o ensino por investigação como fator

importante para instigar a participação dos alunos em todas as etapas, assim como Oliveira (2013) que defende a que a elaboração da SD deve conter tema definido, conteúdo, problematização e tudo deve estar de acordo com o contexto escolar.

Q.5) Referente à replicação da sequência didática

Q.5: Tomando como base que sequência didática promove as ações e operações da prática docente em sala de aula e que parte de um planejamento articulado entre as atividades propostas, os objetivos de aprendizagem e o contexto em que o aluno está inserido, na sua avaliação, **o produto proposto no ensino de corrosão é adequado para replicação nas suas aulas?**

Quadro 20 – Respostas dos professores Q.5

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| SIM | X | X | X | X | X | X | | | X | X |
| NÃO | | | | | | | X | X | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Como um dos objetivos da sequência didática é a sua adequabilidade quanto à realidade de ensino de cada aula, ementa, professor, instituição de ensino e perfil dos alunos, todos os professores que atuam ou atuaram no ensino técnico afirmam que replicaria a sequência didática proposta em suas aulas. No caso dos professores, PQ7 e PQ8 por atuarem em ensino regular e que não tem esse conteúdo de corrosão no ensino médio, além da carga horária da disciplina de Química em suas escolas, disseram que não teriam possibilidade de replicação, diante desse contexto (quadro 20) e com justificativas. Abaixo, seguem as respostas desses dois professores que não replicariam e algumas respostas dos professores que replicariam a sequência didática em suas aulas:

PQ7: “NÃO – Na escola regular, onde as aulas de química são 3 (três) h/a semanais e que uma unidade didática compreende 40 h/a por unidade, seria impossível aplicar a Sequencia Didática na íntegra, pois a mesma foi desenvolvida em 4 Momentos totalizando 40 (quarenta) h/aulas para um curso técnico de Química. Neste caso, as atividades e os Momentos da Sequência seriam reduzidos para se adequar a realidade da escola regular”;

PQ8: “Infelizmente na escola em que ensino o planejamento anual já vem pronto e não é possível modificar (retirar ou acrescentar) conteúdos e as datas das aulas. O assunto de corrosão não é abordado em eletroquímica”.

PQ3: “Sim. O produto de ensino é totalmente aplicável nas aulas práticas do curso técnico em química, levando em consideração o tempo das aulas que são 4 horas por dia, sendo o tempo total da disciplina 40 horas”;

PQ4: “Sim, pois o produto proposto é totalmente aplicável e fundamentado nas necessidades conceituais e práticas que os alunos precisam ter. O produto proposto vem embargado de aulas teóricas, contextualização através das aulas em campo (como a exploração de áreas e superfícies com corrosão) e aplicação prática dos assuntos abordados”;

PQ5: “Sim, pois o contexto em que esta pesquisa está sendo aplicada é ensino técnico, gerando assim, um produto muito rico em questionamentos práticos e discussões relevantes que favorecem as competências e habilidades exigidas nas indústrias”;

PQ6: “A sequência apresentada se encontra precisa, contendo os elementos necessários para o alcance da compreensão de forma a possibilitar o aluno a compreender a interdependência e sua importância para ser o protagonista de sua aprendizagem. Desta forma é perfeitamente aplicável nas aulas a nível técnico, onde requer uma postura proativa do aluno em relação a sua área de trabalho”;

PQ10: “Sim. A sequência segue uma coerência das atividades que serão aplicadas, tornando-se dessa forma adequado para aplicação em sala de aula”.

Os resultados mostram que a adequabilidade requerida pela SD, depende do contexto, da estrutura, dos objetivos e do planejamento. Sendo assim, para a possibilidade de replicação no curso técnico, os professores avaliadores, foram unânimes, reforçando o defendido por Pires (2012), que menciona que uma SD permeia por atividades planejadas de forma sequencial, que pode contribuir para a aprendizagem significativa e deve-se atentar-se para o conteúdo a ser ensinado, as características cognitivas dos alunos, a extensão didática, a significância do aprendizado e ao planejamento educacional da instituição.

Q.6) Referente à avaliação diagnóstica e elementos que facilitem o processo de ensino e aprendizagem

Q.6: A avaliação diagnóstica proposta no 1º momento, há presente alguma pergunta que chamou mais a sua atenção para que facilite o processo de ensino e aprendizagem na perspectiva do ensino da corrosão?

Quadro 21 – Respostas dos professores Q.6

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| SIM | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| NÃO | | | | | | | | | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Os professores participantes afirmaram nas suas respostas (quadro 21), que as perguntas da avaliação diagnóstica, chamaram a atenção para favorecimento do processo de ensino e aprendizagem. Seguem as respostas dos participantes que reforçam suas observações:

PQ4: “As perguntas que me fazem acreditar facilitar o entendimento do aluno com o ensino de corrosão foram as 5, 7 e 8. Pois são perguntas questionadoras e que estão dentro do dia a dia do aluno, que despertam o interesse e curiosidade de saber e entender o que de fato acontece nessas situações. Além do aluno conseguir aplicar e comparar o que lhe foi questionado por estar dentro da sua própria casa”;

PQ5: “ No questionário 1, também encontramos um questionário onde a pergunta 3, me chama a atenção”;

PQ8: O que chamou mais a minha atenção foi a pergunta: “Por que o portão de nossa casa quando não está pintado, enferruja? Quimicamente o que está ocorrendo?”. Achei que estava totalmente dentro da realidade de muitos alunos e que muitas vez eles veem mas não relacionam com a corrosão. Esta pergunta desperta a curiosidade”;

PQ10: “Sim. A questão de número oito, pois para o dia a dia dos estudantes é importante que eles saibam o porquê dos locais próximos a praia, a corrosão se faz presente e é mais rápida em função do fenômeno da maresia, situação que eles convivem, mas não sabem explicar”.

Considerando as respostas unânimes dos professores avaliadores acerca da avaliação diagnóstica no processo de ensino e aprendizagem, reforça-se as

ponderações apontadas por Méheut (2004), que fala sobre as relações aluno/mundo-material estão as concepções espontâneas dos alunos sobre os fenômenos científicos que têm origem em suas experiências diárias dentro de suas concepções prévias, fortalecendo a contribuição da avaliação diagnóstica no desenho da sequência didática proposta.

Q.7) Avaliação dos recursos metodológicos utilizados nos momentos

Q.7: As imagens e a situação problema apresentadas na sequência didática são condizentes com o momento proposto (1º)?

Quadro 22 – Respostas dos professores Q.7

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| SIM | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| NÃO | | | | | | | | | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Todos os professores foram unânimes em sua resposta e afirmam que as imagens e situação problema são aplicáveis ao momento proposto da sequência didática (quadro 22). Há algumas respostas dos pesquisados sobre essa questão:

PQ2: “Pois vai despertar no aluno, já nos momentos iniciais da aula, a curiosidade sobre o tema proposto, além de fazer o mesmo perceber o quão presente é a corrosão no nosso dia a dia, que a química na verdade não é algo intangível”;

PQ5: “Visto que se trata de um momento de apropriação do tema, com mediação do docente, vejo como muito apropriados as imagens e situação problema, como ferramentas do processo de aprendizagem”;

PQ7: “**SIM** – As imagens apresentadas são adequadas para subsidiar o questionamento proposto na situação problema, uma vez que as imagens demonstram os efeitos da corrosão em diferentes materiais.

PQ8: As imagem e a situação problema provocam a curiosidade dos alunos, levando ao questionamento do que aconteceu com aqueles metais, o motivo de ter que pintar e revisar as tubulações com tanta frequência, o que causou a estes problemas”.

Q.8) Das aulas expositivas e dialogadas propostas para o 2º momento

Q.8: As aulas expositivas e dialogadas apresentadas no 2º momento estão condizentes com a metodologia didática apresentada? Caso esse momento fosse invertido com as aulas práticas experimentais (4º momento), na sua opinião teria mais sentido? **Obs:** Há nos apêndices, o material de apoio didático proposto para todos os momentos da sequência didática.

Quadro 23 – Respostas dos professores Q.8

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| SIM | X | X | X | X | X | | X | X | X | X |
| NÃO | | | | X | | X | | | X | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

A maior parte dos professores pesquisados (quadro 23), afirmaram que as aulas expositivas e dialogadas são condizentes com o momento proposto, contudo, como foram 2 perguntas na mesma questão, e a segunda pergunta menciona a possibilidade de inversão em dois momentos, onde na sua grande maioria, (9 dos 10) participantes afirmaram que não inverteriam o momento 2 com o 4. Abaixo, se encontram as respostas dos participantes, PQ4, PQ6 e PQ9 para melhor entendimento:

PQ4: “Na minha opinião, a realização da aula prática é a concretização dos conteúdos vistos. Desenvolver uma aula prática sem a realização das aulas expositivas se torna desgastante ao aluno pois ele não saberá o que está acontecendo e não poderá desenvolver um olhar crítico diante do que está sendo praticado”;

PQ6: “Acredito que o 2º momento proporciona conhecimentos que irão facilitar uma melhor compreensão e aprendizado ao 4º momento”;

PQ9: “Sim para a primeira pergunta. Não para a segunda, pois acho que as aulas práticas experimentais tem que ser no final para que os alunos consigam entender toda a teoria aprendida”.

A seguir, algumas respostas dos participantes acerca desta questão que reforça a aplicabilidade dos conteúdos e da ordem proposta na sequência didática:

PQ8: “As aulas estão condizentes com a metodologia. Não faz sentido colocar as aulas práticas experimentais no 2º momento, pois o aluno não tem

conhecimento dos tipos e de como ocorre a corrosão e faria as práticas sem ter aproveitamento. Na minha opinião é necessário que o aluno tenha um embasamento teórico para que possa compreender o que está ocorrendo no experimento e relacionar com o cotidiano”;

PQ10: “Sim. Acredito que a sequência didática em questão está colocada de forma correta, pois se fosse invertido o quarto momento com o segundo, nos experimentos eles praticamente não teriam nenhum conhecimento teórico, o que iria dificultar de sobremaneira o desenvolvimento desse conteúdo na aplicação prática”.

Os resultados obtidos sobre os conteúdos presentes na SD, mostram que quando os conteúdos possuem uma interrelação, ajudam no entendimento de um dado contexto, reforçando o que embasa a aula expositiva e dialogada na visão de Anastasiou (2009), que destaca a importância das observações, considerações e pertinência acerca do abordado e desconstrói o pensamento com “respostas prontas e sem reflexão”, colocando o aluno como participante do processo de construção do conhecimento.

Q.9) Evidência sobre a participação ativa dos alunos nos momentos da sequência

Q.9: Há evidências sobre elementos que instiguem a participação ativa dos alunos em todos os momentos propostos?

Quadro 24 – Respostas dos professores Q.9

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| SIM | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| NÃO | | | | | | | | | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Todos os professores afirmaram (quadro 24), que há evidências sobre a instigação da participação ativa dos alunos nos momentos da sequência didática. Estão destacada abaixo algumas respostas dos participantes:

PQ2: “Sim. Trazer o conteúdo para a prática diária é sempre atrativo. Você aprender algo que você tem certeza que faz e fará parte de sua vida pessoal e profissional e isso acaba sendo mais atrativo e prazeroso”;

PQ4: “Sim, na análise que fiz do produto educacional, pude evidenciar que todas as sequencias didáticas propostas e que todas as atividades desenvolvidas, instigam os alunos a uma participação ativa e cooperativa”;

PQ5: “Sim, podemos observar ao que se propõe em cada momento. Pois o mediador (docente), está sempre pronto para promover esta participação, com questionários, com experimento e até mesmo com debates”.

As respostas dos professores sobre a participação ativa dos alunos nos momentos propostos da SD foram muito satisfatórias e vai ao encontro da teoria de Vygotsky que defende que o processo de aprendizagem não se dá apenas pela concepção cognitiva e sim pelo bem-estar em sala de aula e pelas interações através do sentido. É preciso entender para aprender.

Q.10) Interdependência e correlação nos momentos da sequência

Q.10: Há evidências sobre a correlação e interdependência de todos os momentos apresentados na sequência didática?

Q.12) Interrelação dos momentos na evolução da sequência didática

Q.12: A atividade de campo proposta (momento 3) requer que o aluno inter-relacione as etapas anteriores para análise e resposta?

Quadro 25 – Respostas dos professores Q.10 e Q.12

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| SIM | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| NÃO | | | | | | | | | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Todos os participantes afirmaram a visualização da correlação (quadro 25), interrelação e interdependência dos momentos apresentados na sequência didática, conforme perguntados nas **Q.10 e Q.12**. Alguns destaques que reforçam as respostas dos participantes da pesquisas se encontram abaixo:

PQ2: “Primeiro o aluno é convidado a expor o que sabe a respeito do tema, depois é apresentado a ele um embasamento teórico que vai ajudá-lo nessa

compreensão, posteriormente ele vai a campo identificar tudo o quanto aprendeu e por último pôr em prática”;

PQ4: “Ao meu entendimento, a sequência didática proposta tem total coesão com a correlação entre os momentos apresentados. Todas as etapas são interdependentes, o que reforça a proposta do produto educacional”;

PQ5: “Sim, podemos perceber pelas estratégias utilizadas em cada momento, por exemplo no 1º momento a situação problema apresentada fornece elementos que ajudam ao entendimento dos conceitos fundamentais da corrosão detalhadas no 2º momento. Neste momento o aluno se mune de informações que o ajudarão na aula de campo proposta do 3º momento, daí ao apresentar o que encontraram e discutirem um plano de ação, lançam mão de informações para realizarem práticas investigativas no 4º momento. Desta forma podemos, sim que fortes evidências de correlação entre os momentos”;

PQ7: "**SIM** – A aula de campo em minha opinião oportuniza aos estudantes “*in locus*” observar os efeitos da corrosão fundamentados à luz dos momentos anteriores”;

PQ6: “As imagens, os questionamentos, as situações problemas, favorecem a atuar de forma mais eficaz no trabalho em campo”.

As questões 10 e 12 sobre a interrelação e evolução da SD no decorrer dos momentos apresentados, na percepção dos professores avaliadores, se mostrou muito coerente e está de acordo com o que defende Méheut (2005), que fala sobre as intervenções pedagógicas realizadas no contexto escolar, devem estar associadas a temáticas vivenciadas no conhecimento científico. Na dimensão epistemológica são determinadas as características do conhecimento a ser construído, onde estão inseridos os conteúdos que deverão ser ensinados e os possíveis problemas que eles podem ajudar a responder (ALVES; CAVALCANTI; SIMÕES NETO, 2018). Nesse perfil, os momentos da SD se complementam.

Q.11) Referente à busca por reflexões e hipóteses por parte dos alunos

Q.11: Os questionários propostos instigam os alunos à busca pela reflexão e hipóteses?

Quadro 26 – Respostas dos professores Q.11

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| SIM | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| NÃO | | | | | | | | | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Todos os professores constataram a presença do incentivo às reflexões e hipóteses (quadro 26) por parte dos alunos na sequência didática avaliada. Seguem algumas respostas dos professores:

PQ2: “Pelos mesmos motivos já citados. Aprender algo que faz parte do nosso dia a dia acaba fazendo mais sentido. Os questionários buscam a todo tempo trazer questões aplicadas e contextualizadas com fatos concretos do dia a dia”;

PQ3: “Sim. As perguntas propostas no questionário instiga e motiva os alunos a possuírem diferentes níveis de aprendizagem a cada etapa concluída”;

PQ4: “Sim, pois há nos questionários muitas situações cotidianas e contextualizações que fazem com que os alunos despertem um olhar investigativos e reflexivos”;

PQ5: “Sim, por apresentarem questões que instigam a apresentar opinião e percepção, sendo esse um dos meios de propor inquietações que levam a reflexão e hipóteses”;

PQ6: “Por serem elaborados com questionamentos onde o aluno terá que explicar baseado em fundamentações teóricas e práticas”;

A busca por reflexões e hipóteses na sequência didática avaliada pelos professores, apresentou um resultado muito satisfatório e todos os professores avaliadores disseram identifica-las nos momentos da SD. Isso reforça o abordado por Azevedo (2006), que defende que as atividades investigativas devem proporcionar ao aluno à reflexão, discussão, explicação e relato.

Q.13) Atividades experimentais e a nanotecnologia presentes na sequência didática

Q.13: As atividades experimentais apresentadas no momento 4 são relevantes do ponto de vista consolidação científica sobre corrosão eletroquímica versus nanotecnologia?

Quadro 27 – Respostas dos professores Q.13

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| SIM | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| NÃO | | | | | | | | | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Todos os pesquisados participantes (quadro 27) afirmaram que na sequência apresentada, há a o favorecimento da consolidação científica através das atividades experimentais e da nanotecnologia. Há destaque abaixo, para algumas das respostas:

PQ3: “O estudo de nanotecnologia para corrosão mostra a interdisciplinaridade na aplicação dos alunos e, sobretudo, os avanços da ciência em diferentes áreas;

PQ5: “Sim, por meio destes podemos ver na prática os fundamentos das nanotecnologia para o combate à corrosão”;

PQ6: “Porque promove na prática a aplicação de uma tecnologia científica na solução de um problema que era solucionado de outra forma, mostrando que estamos sempre em desenvolvimento, bem como a importância das pesquisas científicas para melhoramento de várias áreas e processos”;

PQ7: “**SIM** – A utilização das substâncias nos experimentos propostos no 4º momento visa proporcionar na prática um melhor entendimento do processo investigativo”;

PQ8: “Vai ser na atividade experimental que o aluno vai consolidar a aplicação da nanotecnologia como prevenção da corrosão”;

PQ10: “Sim. O uso de experimentos, em geral, favorece o desenvolvimento da aprendizagem e a consolidação dos conhecimentos científicos”;

A avaliação dos professores nesse item, reforça o destacado por Viana (2014), que menciona que o professor numa atividade prática experimental, deve mediar e intervir de forma a estabelecer uma reflexão crítica sobre os experimentos

realizados. Destaca-se ainda que, a elaboração desses experimentos deve permitir motivação e aprendizagem, possibilitando aos alunos um desenvolvimento conceitual (FRANCISCO JR.; FERREIRA; HARTWING, 2008). Nesse contexto, utilizar a nanotecnologia através das nanopartículas de prata com o objetivo de observar a inibição da corrosão, provoca o aluno a refletir sobre a transversalidade do tema e a contribuição de várias áreas na inovação tecnológica.

Q.14) Ferramentas utilizadas na sequência didática versus os objetivos

Q.14: As avaliações propostas através dos questionários, situação problema e aulas experimentais estão condizentes com o objetivo geral e específicos da sequência didática?

Quadro 28 – Respostas dos professores Q.14

| Resposta | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PQ5 | PQ6 | PQ7 | PQ8 | PQ9 | PQ10 |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| SIM | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| NÃO | | | | | | | | | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Todos os professores (quadro 28) afirmaram que os recursos metodológicos condizem com os objetivos da sequência didática proposta. A seguir, destacam-se algumas respostas dos participantes que reforçam essa totalidade nas respostas:

PQ2: “Aluno protagonista, que vai em busca de resolução de problemas. É convidado a pesquisar, buscar e compreender mediante explanação lógica proposta pela sequência didática em questão”;

PQ4: “Todas as atividades propostas, questionários, aulas práticas e situações problemas, estão coerentes e atendem a sequência didática proposta e aplicada. Tudo muito coerente, aplicável e consolidado”;

PQ5: “Sim, completamente, pois o aluno chegará apenas com conhecimento do senso comum a respeito do tema e a forma como está estruturada a abordagem do tema o aluno se apropriará como protagonista do processo”;

PQ10: “Sim. Todo o processo para realização da sequência didática está sendo coerente e relaciona todos os objetivos propostos por essa pesquisa”;

Considerando as respostas dos professores avaliadores que evidenciaram na SD, a presença de estratégias pedagógicas que podem facilitar o processo de

ensino e aprendizagem no ensino de corrosão, tais quais, as aulas experimentais, situação problema e os questionários apresentados nos momentos, reforça-se a visão de Pozo (2009), que menciona que no ensino da Química, focar em conteúdos conceituais é muito comum, entretanto, cada vez mais, percebe-se a interrelação do comportamento, valores e procedimentos de forma integrada. Nesse perfil, a situação problema ganha posição de destaque, pois contempla de forma integrada os preceitos inseridos entre conceito, procedimento e atitudes. Ao encontro dessa percepção, tem-se o que diz Carrasco (1991), sobre as aulas práticas experimentais que devem ser alicerçadas em investigações experimentais que mobilizem o aluno para a solução do problema científico de forma a estabelecer os objetivos desejados, como por exemplo, a reflexão sobre o fenômeno observado. Associado aos autores citados, em cada etapa para a verificação dos momentos em termos de avaliação, serão utilizados os questionários.

Q.15) Contribuições da sequência didática na prática docente

Q.15: Como a sequência didática apresentada pode contribuir para a prática docente?

Por se tratar de uma pergunta aberta, abaixo, estão as prespostas de todos os 10 professores participantes da pesquisa:

PQ1: “A sequência didática serve como um norte para que o docente faça o planejamento da sua aula utilizando uma metodologia que irá favorecer no processo de aprendizagem do aluno. A sequência didática apresentada envolve o aluno durante todo o processo de aprendizado, colocando-o como protagonista”;

PQ2: “Permite que o aluno não seja um mero ouvinte, mas pessoa ativa e participativa em aula, proporcionando debates que são fundamentais para construção individual e coletiva do conhecimento”;

PQ3: “Apresentando uma forma técnica e dinâmica da apresentação da disciplina corrosão tão usada nas indústrias e de grande utilidade na prática docente o produto educacional com a aplicação específica do uso de nanopartículas de prata como inibidor de corrosão”;

PQ4: “A sequência didática apresentada auxilia o docente não só na construção de um planejamento muito bem estruturado e embasado, mas na aplicação de fato. A sequência didática proposta consegue mostrar a aplicação,

correlação e interdependência de cada etapa, fazendo com que o aluno não aprenda por aprender, mas que consiga criar um embasamento teórico, aplicado e prático muito bem firmado. Todas as etapas da sequência didática proposta tem sua importância e especificidade dentro do processo de aprendizado do aluno, fazendo com que ao final de cada execução, o aluno consiga ter seu conhecimento muito bem consolidado”;

PQ5: “Mais de que nunca o docente deve trazer os temas para sala de aula de uma forma que instigue o aluno à apropriação do conhecimento e inquietação diante dos problemas apresentados. Levando-o a um nível de não só de observar os problemas, mas entender e propor soluções. A forma como está apresentada a sequência didática norteia bastante o docente no processo de ensino aprendizagem”

PQ6: “Sairmos das aulas puramente expositivas, através de metodologias que instiguem os alunos e os tornam capazes de interagir de forma atuante nas pesquisas e desenvolvimento de produtos”;

PQ7: “Em minha opinião, logicamente adequando os momentos propostos à realidade da escola regular, as atividades delineadas na sequência didática, podem contribuir significativamente na construção dos conhecimentos do estudante sobre a importância de compreender o que é, quais as consequências e quais ações podem ser executadas para reduzir ou minimizar os efeitos da corrosão no dia a dia da sociedade”;

PQ8: “A sequência didática contribui para a prática docente, pois em todos os momentos o aluno é instigado a desenvolver a curiosidade, a refletir e participar da construção do conhecimento. Também facilita o aluno compreender que corrosão faz parte do seu cotidiano e que não é algo que só está nos livros”;

PQ9: “Essa sequência didática faz com que as aulas sejam mais proveitosas e menos cansativas para os alunos. Tendo assim um rendimento maior do conteúdo abordado”;

PQ10: “Essa sequência é desenvolvida de forma clara e compreensível o que facilita a sua aplicação. Portanto, é bastante plausível a sua execução pelo docente, pois apresenta informações bem esclarecedoras sobre a corrosão, principalmente no aspecto positivo, destaca-se também a riqueza de detalhes sobre esse assunto. A abordagem que é vista nessa sequência irá colaborar muito na prática docente”.

4.1.2 Discussão dos resultados da validação da sequência didática

Os resultados da avaliação de validação da sequência didática foram satisfatórios de acordo com o objetivo proposto fundamentado em Méheut e de acordo com a tabela abaixo, onde a totalidade dos professores avaliadores, afirmaram que os elementos constituintes da sequência didática proposta são percebidos durante os momentos e favorecedores a situações de aprendizagem que facilitem o processo educacional nas suas práticas pedagógicas de maneira a colocar o aluno como protagonista e o professor, um mediador do processo. E para isso, nas respostas analisadas, verificou-se que a busca por metodologias que facilitem esse processo colabora bastante com o dia a dia de professores e alunos.

A partir da avaliação dos professores participantes da pesquisa, evidenciou-se a interdependência dos momentos, da problematização, da experimentação e da participação ativa dos alunos em todos os momentos propostos, além da busca da reflexão e participação ativa dos envolvidos. No quadro 29, há as dimensões aplicadas na sequência didática de acordo com a percepção de Méheut.

Quadro 29 - Dimensões aplicadas na sequência proposta

| DIMENSÕES | MOMENTOS |
|------------|--|
| Epistêmica | <ul style="list-style-type: none"> - Relação entre o conhecimento dos aspectos da corrosão no dia a dia e a partir de imagens, situação problema e questionários (1º momento); - Relação entre a parte conceitual de corrosão em discernimento com os aspectos multidisciplinares ocasionados pela mesma e sua relação com a Sociedade (2º momento); - Atividades realizadas em grupos heterogêneos em campo e de acordo com experimentações de forma a correlacionar os aspectos positivos e negativos da corrosão quando comparadas com a base conceitual (3º e 4º momentos). |
| Pedagógica | <ul style="list-style-type: none"> - Interação alunos/alunos e alunos/professor em todas as atividades propostas (1º, 2º, 3º e 4º momento). |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

A dimensão pedagógica da sequência didática proposta foi visualizada nas atividades presentes, no incentivo às discussões (todos os momentos), além da avaliação diagnóstica aplicada (momento 1), colaborando assim para o que foi proposto, pois, o aluno está inserido em contexto social que precisa construir a busca pelo seu próprio conhecimento numa perspectiva científica. A interação dos alunos nas situações apresentadas é evidenciada e destacada nas respostas dos

professores que participaram da pesquisa. A construção do conhecimento com participação ativa dos alunos e professores se dá em todos os momentos de acordo com as respostas dadas pelos professores, e o momento 2, com as aulas expositivas e dialogadas, conjuntamente com situação de aprendizagem, questionário e exercício, o que é reforçado com as atividades experimentais (momento 4), trabalho de campo (momento 3), debates (todos os momentos) e elaboração de plano de trabalho (momento 3) sobre o estudo da corrosão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto educacional criado é um manual de sequência didática (MSD) que tem o objetivo de orientar e facilitar as práticas educacionais sobre o ensino de corrosão no curso técnico em Química. O produto foi fundamentado de acordo com preceitos metodológicos de Méheut: epistêmicos e pedagógicos. O mesmo pode ser utilizado por professores de Química em suas aulas se não na sua totalidade, adequando-o à sua realidade de ensino, perfil e estrutura.

Os professores participantes da pesquisa na etapa de validação da sequência didática, evidenciaram a presença de situação de aprendizagem, incentivo à reflexão dos alunos por busca de soluções, problematização, experimentação, debates e protagonização dos alunos nos momentos propostos na busca pela construção do conhecimento através de metodologias educacionais. Destaca-se que os professores são sujeitos participantes validadores da pesquisa, uma vez que a SD, não foi aplicada com os alunos, devido a suspensão de aulas presenciais por causa da pandemia.

Auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de jovens estudantes no ensino técnico requer foco, criação de estratégias pedagógicas atrativas e objetivos bem direcionados. Ao encontro desse desafio, a busca por estratégias pedagógicas efetivas, é indispensável. Nesse contexto, a proposição de uma sequência didática como produto educacional, busca promover essa mediação de forma a facilitar o ensino de corrosão e para solucionar essa equação, foi apresentada uma sequência didática que possui pilares pedagógicos que buscam facilitar o processo de ensino e aprendizagem no ensino de corrosão para o curso técnico em Química.

Obteve-se resultados bastante satisfatórios a partir da avaliação dos professores participantes da pesquisa, que evidenciaram a presença das dimensões epistêmicas e pedagógicas sugeridas por Méheut, prospectando a construção de conhecimento científico por parte dos alunos no decorrer dos momentos da sequência, onde no mundo concreto, o consenso prévio não é descartado, e sim servirá como aporte para construir conhecimento. É partir da avaliação diagnóstica que tudo se inicia, ou seja, os conhecimentos prévios dos alunos no desenho da sequência didática, é muito importante na evolução das situações de aprendizagem.

A problematização (destaque para os momentos 1 e 3 da SD) sobre corrosão e seus efeitos diversos no dia a dia, na indústria e a busca por soluções e melhorias

desafiadoras que são reforçadas nas atividades experimentais. Estas características mostram que a efetividade das atividades elencadas nesta proposta, pode ser investigada através de sua relação com o conteúdo trabalhado. Portanto, a análise desta sequência didática corrobora quanto à estruturação e planejamento, o que está presente na literatura (GIORDAN, 2013; MÉHEUT, 2010).

O momento 4 da sequência didática é versado pelas atividades experimentais de corrosão eletroquímica com a utilização das nanopartículas de prata como inibidora de corrosão, onde nas respostas dos professores participantes, esse momento da sequência deve ser mantido nessa ordem, tendo em vista que o aluno precisa de uma base conceitual para que durante a atividade experimental apresentada, possa observar, questionar e argumentar de maneira investigativa e consciente. A experimentação investigativa está dentro da dimensão epistemológica e pedagógica pois possibilita a contextualização para a compreensão do conhecimento científico, estabelecendo a relação mundo material e conhecimento científico (epistemológico) e reflexo na formação cidadã (pedagógico) (MARCONDES *et al.*, 2009). Destaca-se a importância da instigação por questionamentos durante as atividades experimentais de modo que haja o envolvimento dos alunos em pequenas pesquisas (POZO, 1998). Isso é reforçado no momento que as nanopartículas de prata serão sintetizadas pelos grupos e avaliadas quanto à inibição da corrosão nos experimentos eletroquímicos propostos. Nesse momento, a partir das observações, serão levantadas hipóteses para que essa pequena pesquisa proposta por Pozo seja validada, onde através do questionário das atividades experimentais, será possível ter essa percepção na construção do conhecimento científico a partir da investigação.

Baseado nisso, é que os experimentos foram pensados e testados com materiais alternativos e de fácil obtenção e que possibilitasse o estabelecimento de uma relação tecnológica na corrosão eletroquímica avaliada. Nesse contexto, os professores da pesquisa, na avaliação do produto educacional, foram unânimes em destacar a experimentação nesse viés investigativo e tecnológico com a utilização das nanopartículas de prata.

Os quatro momentos propostos visam facilitar o aprendizado no ensino de corrosão no curso técnico em Química, onde na busca realizada no ensino de corrosão, verificou-se uma escassez de propostas para o curso técnico em química, sendo assim, para auxiliar professores e alunos no processo de ensino e

aprendizagem na área de corrosão, foi proposta a metodologia pedagógica apresentada na pesquisa.

Um futuro técnico em Química precisa fazer, experimentar, testar e elucidar uma dada problemática através de hipóteses, levamentos e situações de aprendizagens, para se apresentarem ao mercado de trabalho de forma efetiva. Saber lidar com estratégias que requerem atenção, foco e participação é necessário no mundo de trabalho, afinal, formar profissional com senso crítico, analítico e ativo em todas as etapas de formação faz-se indispensável.

Nesse cenário, as estratégias de ensino adotadas para compor a sequência didática apresentada, se fundamenta em um processo educacional que busca a mediação, a interação, a investigação, a experimentação e a observação para chegar ao caminho desejado que é a construção de um processo de ensino e aprendizagem interativo e dinâmico.

Os resultados obtidos a partir da percepção dos professores participantes da pesquisa que avaliaram a sequência didática proposta, mostram uma metodologia em potencial para o ensino de corrosão no curso técnico em Química, de forma a facilitar o processo de ensino e aprendizagem, corroborando com maior influência, pelos preceitos metodológicos defendidos por Méheut (2005), na perspectiva epistêmica e pedagógica e também há a contribuição de Carvalho (2013) através do ensino por investigação, além da influência de Vigotsky (1984) na perspectiva da construção do conhecimento com saltos qualitativos e de forma interacional.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. T. S.; CAVALCANTI, J. G. S.; SIMÕES NETO, J. E. Uma sequência didática para abordagem do tema lixo eletrônico no ensino de Química. **EDUCAÇÃO QUÍMICA EN PUNTO DE VISTA**, [Colômbia], ano 2018, v. 2, p. 125 - 143. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/1101>. Acesso em: 10 out. 2020.

ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/79015>. Acesso em: 17 set. 2019.

ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. (org.) **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. 8. ed. Joinville, SC: UNIVILLE, 2009.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: CARVALHO, A. M. P. (org). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Thomson, 2006.

BATINGA, V. T. S.; TEIXEIRA, F. M. A Abordagem de Resolução de Problemas por uma professora de Química: análise de um problema sobre a combustão do álcool envolvendo o conteúdo de Estequiometria. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, PR, v. 7, n. 1, p. 25, 2014.

BAUER, M. W. e GASKEL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. 3. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2002.

BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil**. São Paulo: Ática, 2002.

BODGAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BRASIL. **Ministério da Educação**. Secretaria da Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica. Brasília: MEC, 2013.

BRASIL. **Ministério da Educação**. Resolução nº 6, de 20 de setembro de 2012, que define as diretrizes curriculares nacionais para a educação profissional técnica de nível médio. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=11663-rceb006-12-pdf&category_slug=setembro-2012-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 20 nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 11.741 de 16 de Julho de 2008**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para redimensionar, institucionalizar e integrar as ações da educação profissional técnica de nível médio, da educação de jovens e adultos e da educação profissional e tecnológica, 2008.

BRASIL. **Casa Civil**. Decreto nº 2.208, de 17 de abril de 1997, que regulamenta o § 2º do art. 36 e os arts. 39 a 42 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2208.htmmimpresa.htm. Acesso em: 20 nov. 2020.

CARRASCO, Hernan. **Experimentos de laboratório: Un enfoque sistêmico y problematizador**. Revista Brasileira de Ensino de Física. Venezuela, vol. 13, 86 - 96, 1991.

CASANOVA, M. C. R. **Síntese, caracterização e estudo da estabilidade de nanopartículas metálicas estabilizadas com polieletrólitos e tióis**. Diss. Universidade de São Paulo, 2010.

CASTRO, D. F. **Estudo da corrosão do aço 1020 no solo natural argiloso da Região Amazônica**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2013. 83p.

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

CARVALHO, A. M. P. **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2006.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

COUTINHO, C. P. **Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas: Teoria e Prática**. 2. ed. Coimbra: Edições Almedina, 2013.

DUTRA, A. C.; NUNES, L. P. **Proteção catódica: técnica de combate à corrosão**. Rio de Janeiro: Editora Técnica, 1987.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução: Joice Elias Costa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FRANCISCO JR., W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. É. Experimentação Problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 30, p. 34 – 41, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GENTIL, V. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

GIORDAN, M; GUIMARÃES, Y. A. F. Elementos para validação de seqüências didáticas. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2013, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. Rio de Janeiro: Record, 1999.

HAIDER, A.; KANG, I. Preparation of Silver Nanoparticles and Their Industrial and Biomedical Applications: a comprehensive review. **Advances in materials science and engineering**, [Estados Unidos], v. 5, n.3, p.1-16, 2015.

KIM S.K. **Nano Technology in Marine Coatings Paints**. In: International Marine Coatings Summit (NACE) (2008) South Korea.

LEAL, C. A. **Sequência Didática**, 2011, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências PROPEC Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, 2011. Disponível em: http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/5416. Acesso em: 05 set. 2019.

LIBÂNEO, J. C. Saber, saber ser, saber fazer, o conteúdo do fazer pedagógico. In: LIBÂNEO, J. C. **Democratização da Escola Pública**: a pedagogia crítico-social dos conteúdos. São Paulo: Edições Loyola, 1981.

MAINIER, F. B. **Material do curso Corrosão e Inibidores**. In: Instituto Brasileiro de Petróleo, Rio de Janeiro, 2006.

MAINIER, F. B.; GUIMARÃES, P. I. C. O ensino de corrosão com base na avaliação crítica do mobiliário urbano de praças e logradouros públicos. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 31., 2003. Rio de Janeiro. **Anais** [...] Rio de Janeiro: Abenge, 2003.

MAINIER, F. B.; LETA, F. R. O ensino de corrosão e de técnicas anticorrosivas compatíveis com o meio ambiente. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 29., 2001. Porto Alegre. **Anais** [...] Porto Alegre: Abenge, 2001.

MANTOVANI, S. R. **Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico**. 2015, 49 f. Dissertação (mestrado em ensino de ciências)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência e Tecnologia, São Paulo, 2015.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. São Paulo: Atlas, 2009.

MARCONDES, M. E. R. et al. Materiais instrucionais numa perspectiva CTSA: uma análise de unidades didáticas produzidas por professores de química em formação continuada. **Investigação em Ciências**. [S.l]: v. 14, n. 2, p. 281-98, 2009.

MATHIAZHAGAN A.; JOSEPH R. Nanotechnology – A New Prospective in Organic coating – Review. **International Journal of Engineering and Applications**, [Índia], v. 2, n. 4 , p. 225- 237, 2011.

MÉHEUT, M. **Teaching-learning sequences tools for learning and/or research.** In: BOERSMA, K.; GOEDHART, M.; JONG, O. de; EIJELHOF, H. (Eds.). **Research and Quality of Science Education.** Holanda: Springer, 2010. p. 195-207.

MÉHEUT, M. **Teaching-learning sequences tools for learning and/or research.** In: BORESMA, K. *et al.* (ed.) **Research and Quality of Science Education,** Holanda: Spring, p. 195-207, 2005.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education,** [United Kingdom], v. 26, n. 5, p. 515 - 535, 2004.

MEIER, M.; GARCIA, S. **Mediação da aprendizagem:** contribuições de Feuerstein e de Vygostky. Curitiba: Do Autor, 2007.

MEIRIEU, P. **Aprender... sim, mas como?** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento:** pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo: HUCITEC, 2007.

MOREIRA, C. V. C. *et al.* Reprodução do experimento da gota salina com caracterização de materiais: uma visão interdisciplinar. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 22., 2016. Rio Grande do Norte, **Anais [...]**, 2016. Natal, RN, 2016.

NADAGOUDA, M. N.; VARMA, R. S. Green synthesis of Ag and Pd nanospheres, nanowires, and nanorods using vitamin B(2): catalytic polymerisation of aniline and pyrrole, **Journal of Nanomaterials,** [Estados Unidos], v.1, 2008.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

OLIVEIRA, M. M. **Nanopartículas de prata e seus nanocompósitos com polianilina:** síntese, caracterização e propriedades, 2005, 174 f. Tese (Doutorado em Química)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

PERRENOUD, P. **Avaliação:** da excelência à regulação das aprendizagens entre duas lógicas. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PIRES, X. D. Uma proposta Teórica – Experimental de Sequência Didática sobre Interações Intermoleculares no Ensino de Química, utilizando variações do teste da Adulteração da Gasolina e Corantes de Urucun. **Investigação em Ensino de Ciências,** Rio Grande do Sul, v.17, n.2, p. 389, 2012.

POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências:** do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. G. **A Solução de Problemas nas Ciências da Natureza**. In: POZO, J. I. (org.) A Solução de Problemas: aprender a resolver, resolver para aprender. Tradução: Beatriz Neves. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

SANCHEZ, F.; SOBOLEV, K. Nanotechnology in concrete- a review. **Elsevier**, Amsterdã, v.24, p. 2060-2071, 2010.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Unijuí, 2010.

SANTOS, A. B; BORGES, C. C; GUIMARÃES, G. R; AMARAL, G. K; REGIS, M. D; DICKMAN, A. G. **Energia e suas transformações: Uma discussão utilizando um experimento atrativo**. In: Atas do XVII. Simpósio Nacional de Pesquisa de Física. São Luis/MA, 2007.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. Função Social: o que significa ensino de química para formar cidadão? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.4, nov. 1996.

SAVIANI, D. A filosofia da educação e o problema da inovação em educação. In, GARCIA, W. E. (org.). **Inovação educacional no Brasil**. São Paulo: Cortez, 1980.

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Metodologia SENAI de educação profissional**. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Nacional. Brasília: SENAI/DN, 2019. p. 93- 96.

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Pilares da instituição**. Brasília: SENAI/DN, 2020.

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Plano de Curso Técnico em Química**. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Regional. Pernambuco: SENAI/PE, 2018, p. 22.

SILVA, M. V. F.; PEREIRA, M. C.; CODARO, E. N.; ACCIARI, H. A. Corrosão do aço-carbono: uma abordagem do cotidiano no ensino de química. **Química nova**, Brasil, v. 38, n. 2, p. 293-296, 2015.

SILVA, P. D. Nanotecnologia. **Janus 2006**: A nova diplomacia, Lisboa, 2006.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: GEPEQ-IQUSP, 2013.

SOUZA, E.A. **Avaliação De Inibidores De Corrosão Para Sistemas De Resfriamento Industrial Operando Com Ciclo Elevado De Concentração**, 2007. 114p. Tese de doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

TEIXEIRA, R. L. P.; TEIXEIRA, C. H. S. B. Um modelo de construção do conhecimento através da prática investigativa de corrosão. **Research Society ans Development**, Brasil, v.4, n.1, p. 38-44, 2017.

TOMAS, H.; GOMES, D.; CONDOMITTE, U. **Nanotecnologia Experimental**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

VELLOSO, A. M. S. **Casos Investigativos no ensino de corrosão**: estratégia para o desenvolvimento de habilidades argumentativas de alunos de graduação em química. 2009. 119 p. Dissertação (mestrado) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.

VIANA, K. S. L. **Avaliação da experiência**: uma perspectiva de avaliação para o ensino das ciências da natureza. 2014. 202 f. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v23n2/1516-7313-ciedu-23-02-0507.pdf>. Acesso em 23 fev. 2020.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

YOSHIDA, K., TANAGAWA, M., ATSUDA M. Characterization and inhibitory effect of antibacterial dental resin composites incorporating silver-supported materials. **J Biomedical Mater Res.**, Estados Unidos, v.15, n. 47, p.516-22, 1999.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Tradução: Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998. p.53-87.

Zhang J. Z, Noguez C. Plasmonic optical properties and applications of metal nanostructures. **Plasmonics**. 2008; 3:127-50.

APÊNDICE 1 – PRODUTO EDUCACIONAL



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL**

Manual de Sequência Didática – MSD elaborado como produto da dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI/UFRPE como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre.

TEMA: Sequência Didática sobre o Estudo de Corrosão Eletroquímica Proposta para o Ensino Técnico em Química

Shirley Freire de França

Profa. Dra. Kátia Critstina Silva de Freitas

Profa. Dra. Sandra Rodrigues de Souza

Recife/PE

2020

APRESENTAÇÃO

Prezados professores de Química,

Esse material tem o objetivo de orientar e facilitar as práticas educacionais sobre o ensino da corrosão no curso técnico em química, procurando desmistificar os paradigmas acerca da tecnicidade da unidade curricular e muitas vezes pela pouca idade dos alunos envolvidos que criam certa resistência e incoerência aos conteúdos abordados. Criar metodologias que tragam a corrosão como parte integrante da industrialização e de certa forma, no nosso dia a dia através de situações de aprendizagens que entendem que o aluno é o protagonista no processo de ensino e aprendizagem.

A educação mudou e a forma de aprender não é a mesma. Não basta apenas ensinar, é preciso saber aprender a aprender, para assim, mediar um ensino que leve a questionamentos, reflexões e experimentações e nesse contexto, é que precisamos buscar coerência, sentido, razão e aplicação do que é ensinado e do que é aprendido. Dá sentido é preciso nesse processo e buscar metodologias que tragam situações que façam a ponte neste processo, faz toda a diferença.

Pensando nisso, apresenta-se: “Sequência Didática sobre o Estudo de Corrosão Eletroquímica Proposta para o Ensino Técnico em Química” que visa instigar a participação ativa dos alunos tendo o professor como mediador no estudo da corrosão, onde através de etapas, denominadas momentos, pretende-se problematizar com debates, discussões, situação problema, situação de aprendizagem e atividades experimentais. As atividades experimentais apresentadas terão a utilização de nanopartículas de prata que serão sintetizadas de forma rápida, simples e com baixo custo, onde se evidenciará a importância de áreas multidisciplinares consonantes com a corrosão.

As autoras.

1 CONTEXTO

O entendimento de Corrosão é um desafio para os estudantes que inicia com a tabela de potenciais de redução e oxidação que é a fundamentação para discernir o ânodo e cátodo até a aplicação tecnológica deste que abrange o conhecimento das formas de corrosão, meios corrosivos e inibidores de corrosão. Ao encontro disto, há também os aspectos técnicos da corrosão que para estudantes que ainda fazem o ensino médio, o desafio é maior ainda por ser uma unidade curricular muito profissional para estudantes de ensino regular que fazem simultaneamente o ensino técnico. Com o objetivo de diminuir essa interface propõe-se uma sequência didática integrada onde em momentos diferentes os estudantes de forma dinâmica e interativa irão compor os aspectos de ensino e aprendizagem de maneira ativa e serão os protagonistas em todas as etapas do processo.

Diante da necessidade de quebrar paradigmas em vários contextos que estão associados aos conceitos e aplicações de corrosão, que na maioria das vezes, os alunos associam essa apenas a algo que “prejudica, que faz mal, que simplesmente degrada” e principalmente, não percebe a contribuição tecnológica que a corrosão representa ao crescimento econômico. Ressaltar a busca por novas tecnologias e principalmente, aos efeitos ao meio ambiente em reversão aos benefícios ofertados pela mesma para a Sociedade, tais quais, utilidade de baterias, tratamento de superfícies anódicas e catódicas e principalmente aos meios eletroquímicos aplicáveis ao tratamento de efluentes em vários segmentos.

É pertinente ressaltar a importância do significado dos conteúdos abordados e nesse sentido, a escolha por sequência didática que requer planejamento articulado com os objetivos desejados, o perfil didático de acordo com o plano de aprendizagem e claro, o aspecto cognitivo a ser trabalhado com os alunos. Destaca-se que o conhecimento prévio dos alunos, a multidisciplinaridade, a contextualização farão parte do contexto abordado para a proposta didática.

De acordo com Pires (2012), as atividades que são planejadas de forma sequencial podem contribuir significativamente para a aprendizagem de diversos conteúdos de ciências. Ao propor uma sequência didática, deve-se atentar para: o conteúdo a ser ensinado, as características cognitivas do aluno, a extensão didática, a significância do aprendizado e ao planejamento educacional da instituição.

Entender os conceitos relacionados à corrosão vem sendo desafiador para a área de ensino quando certos conteúdos levam os alunos a discernirem sobre as tabelas de potências e todos os demais conteúdos associados que não são simples de entendimento e em especial no âmbito prático experimental que a depender da estrutura, pode haver alguma limitação de aplicação. Ao encontro disso, planeja-se desenvolver uma sequência didática que contemple experimentações plausíveis, simples, de baixo custo e de fácil utilização, para tanto, se utilizará boa parte de materiais que podem estar em nosso dia a dia. Fazendo assim a diferença para quebrar as barreiras de aplicação de experimentação que vislumbra estimular o senso crítico dos alunos sobre alguns conceitos que parecem estarem distantes de nosso dia a dia, como os meios corrosivos, formas de corrosão e melhores opções de minimização de corrosão, levantando assim questões do cotidiano e de aplicação industrial já que o público de interesse da sequência proposta são alunos do curso técnico em química. Nesse contexto, entender a fundamentação sobre corrosão de forma debatedora e ativa durante as aulas fará parte da sequência proposta de forma a contemplar o embasamento técnico conceitual para as demais etapas propostas.

Não distante disso, destaca-se a aplicação da nanotecnologia, com a utilização de nanopartículas de prata em experimentos de eletroquímica. Assim sendo, juntar essa à corrosão de forma a quebrar padrões que parecem distantes de aplicação, será um dos objetos do trabalho proposto que utiliza as nanopartículas de prata como inibidor da corrosão.

Diante disso apresenta-se uma proposta didática constituída de quatro momentos interligados entre si.

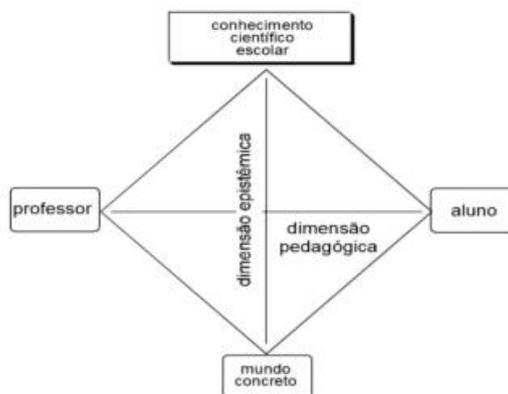
2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

De acordo com Leal (2011), sequência didática é uma sequência de atividades, estratégias e intervenções planejadas etapa por etapa pelo professor para promoção do ensino e aprendizagem, numa perspectiva de compreensão de um conteúdo ou temática aplicável. Um ponto relevante da sequência didática é que os conhecimentos adquiridos pelos alunos não se detenham apenas aos aspectos avaliativos da unidade curricular e sim que sejam levados para a vida deles. Na

proposta de Leal, sugere-se as seguintes etapas: tema, objetivo, justificativa, recursos, público alvo, conteúdo, tempo estimado para a aula e avaliação.

Os pilares que contemplam a proposta didática de Méheut (2005) são o cognitivo que abrange as concepções, as formas de raciocínio em confronto com o mundo material, essa é direcionada aos estudantes e a segunda é a epistêmica que vai desde o mundo físico à origem histórica. Ao encontro destas, há o construtivismo integrado, onde num dado momento, haverá a integração das partes no processo de ensino e aprendizagem. Cita-se a importância nesse contexto do papel das analogias e modelagens. As sequências de ensino e aprendizagem possuem uma importância substancial no ensino de forma a estabelecer caminhos mais eficazes para trabalhar com o processo de ensino e aprendizagem. O eixo vertical: dimensão epistêmica representa como o conhecimento científico se relaciona ao mundo material, onde há os métodos científicos, processos de elaboração e validação do conhecimento científico. Na figura abaixo, há a representação dos pilares de Méheut.

Diagrama didático para a construção de uma sequência didática



Fonte: adaptado de Méheut, 2005.

Para tanto, a sequência didática é um recurso metodológico que facilita o planejamento em cada etapa (momento) de forma a contemplar objetivos de aprendizagem direcionados e específicos. Estabelecer uma melhor forma de atingir o processo de ensino e aprendizagem no perfil educacional, se faz essencial. Nesse contexto, no quadro abaixo, apresenta-se a sequência didática proposta de forma resumida.

2.1 Resumo da sequência didática

| MOMENTOS | DESCRIÇÃO RESUMIDA |
|--|---|
| <p>1° MOMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (1° dia de aula) – cada dia de aula tem 4 h</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Avaliação diagnóstica com a aplicação de um questionário (10 questões) com tempo previsto de 60 minutos; - Apresentação de imagens como demonstração de diferentes tipos de corrosão e questionamentos sobre cada foto apresentada para mediar um debate com tempo previsto de 60 minutos; - Apresentação da situação problema e disponibilização de um questionário relacionado à situação problema apresentada (100 minutos) |
| <p>2° MOMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (2 ° dia até o 6° dia de aula 19 h)</p> | <p>- Conceitos de corrosão, oxirredução, potencial de eletrodo e formas de corrosão, monitoramento e controle (nessa parte de controle será abordado o conceito e aplicação das nanopartículas de prata como inibidoras de corrosão). Serão disponibilizados uma situação de aprendizagem associado a um questionário com 10 questões, além de um exercício com 34 questões. Essa etapa da sequência será realizada em 5 dias, totalizando 19 h (cada dia de aula tem 20 minutos de intervalo, portanto, 1h nesses 5 dias, tem-se 1 h de intervalo/semana)</p> |
| <p>3° MOMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (7 ° dia de aula – 4 h)</p> | <p>- Realização de aula de campo, onde em grupos, os alunos registrarão através de fotos e vídeos na área externa da escola (60 minutos), as superfícies corroídas, em seguida, os mesmos irão discutir e elaborar um plano com o tipo de corrosão, meio corrosivo e melhorias a serem adotadas (90 minutos). No final da aula (70 minutos), cada equipe apresentará e debatará sua proposta. Cada dia de aula tem 20 minutos de intervalo.</p> |
| <p>4° MOMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (8 ° de aula até o 10° - 12 h)</p> | <p>- Realização de aulas práticas com uma abordagem da tabela de potenciais, mostrando através de experimentos investigativos qual é o meio corrosivo mais agressivo e como os potenciais elétricos interferem nos processos corrosivos (corrosão eletroquímica). Esses experimentos também serão realizados com adição de nanopartículas de prata. Todos os experimentos terão um roteiro previamente disponibilizado e discutido em cada etapa de execução. Os questionamentos e debates durante os ensaios experimentais serão frequentes como forma de instigar a participação ativa dos alunos. Um questionário com 5 questões será aplicado nessa etapa. Essa etapa será composta por 12h de aula, 720 minutos.</p> |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

A proposta didática está fundamentada no ensino por investigação. O instigar é necessário para que as questões científicas sejam evidenciadas e a utilização de práticas experimentais é uma estratégia pedagógica que possibilita ao aluno o desenvolvimento das explicações de forma justificada, ou seja, não é o fazer pelo fazer e sim o porquê do fazer. Ao encontro dessa perspectiva e de acordo com Souza *et al.* (2013), o ensino por investigação vislumbra o questionamento, o levantamento de hipóteses/planejamento das atividades de análise do fenômeno/

processo, o recolhimento de evidências, as explicações com bases nas evidências e a comunicação da análise do processo/fenômeno investigado. Sendo assim, é muito importante criar estratégias de ensino que permitam ao aluno construir caminhos com base nos questionamentos com o objetivo de propor soluções e principalmente, entender que o processo de aprendizagem vai muito além do momento de aula. O professor precisa buscar estratégias pedagógicas que incentivem os alunos a buscarem, a pensarem e a agirem de forma a contemplar os preceitos científicos em prol à soluções práticas e que estabeleçam a relação entre o conhecimento, habilidades, atitudes, valores e emoções, afinal, não se pode dissociar o ser social do ser científico. O processo de ensino e aprendizagem vai além de um conteúdo científico.

E para contemplar uma maior interação entre os participantes, são propostas as práticas experimentais. Ainda na perspectiva de Souza *et al.* (2013), as práticas experimentais são aliadas nesse processo construtivo e precisam provocar o raciocínio lógico, a criação de hipóteses que relacionem os conhecimentos teóricos nos experimentos químicos realizados com o objetivos de promover o senso crítico e argumentação sobre os experimentos realizados. O ensino por investigação na concepção de Carvalho (2013), proporciona ao aluno:

- a) A reflexão dos alunos de forma ativa;
- b) A argumentação evidenciando os conhecimentos construídos;
- c) Leitura e escrita de forma crítica a cerca do abordado

2.1.2 DESCRIÇÃO DOS MOMENTOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

2.1.2.1- 1º momento da sequência

Objetiva-se conhecer o perfil da turma quanto ao assunto de corrosão de forma a direcionar os instrumentos adotados nesse momento. Realizado no 1º dia de aula da disciplina (4 horas, mais especificamente, 220 minutos, pois há 20 minutos de intervalo) e para esse momento da sequência didática serão utilizados o questionário, fotografias e videogravação. A descrição detalhada desse momento está apresentada a seguir nos itens a (avaliação diagnóstica), b (contextualização da corrosão através de imagens) e c (situação problema).

a) Avaliação diagnóstica

Na avaliação diagnóstica, objetivou-se verificar a percepção prévia dos alunos sobre corrosão. No quadro abaixo, são apresentadas 10 questões correspondente ao questionário 1. O tempo previsto para essa etapa é de 60 minutos.

Questionário para sondagem do conhecimento prévio dos alunos.

| QUESTIONÁRIO 1 |
|--|
| 1. O que você já ouviu falar sobre corrosão? |
| 2. Corrosão é bom ou ruim para você e para a Sociedade? |
| 3. Na sua percepção qual a relação da Química com a corrosão? |
| 4. Olhando para as imagens apresentadas, remete a alguma coisa? |
| 5. Por que o portão de nossa casa quando não está pintado, enferruja? Quimicamente o que está ocorrendo? |
| 6. Você já ouviu falar em baterias? Se sim, alguma relação com corrosão? |
| 7. A lâ de aço “enferruja” mais rápido quando está em contato com água ou não? Qual a relação da água com a corrosão na sua opinião? |
| 8. Uma geladeira do mesmo lote e mesmo tipo foi comprada na mesma loja no mesmo dia por pessoas diferentes. Uma pessoa que mora em Jardim Paulista Alto e a outra em Itamaracá, beira da praia. Pergunta-se: qual o local que a geladeira ficará mais conservada com o tempo? Por que isso ocorre na sua percepção? Explique |
| 9. O que diferencia uma superfície com corrosão e sem corrosão? Explique |
| 10. Há relação entre corrosão e oxidação? Explique |

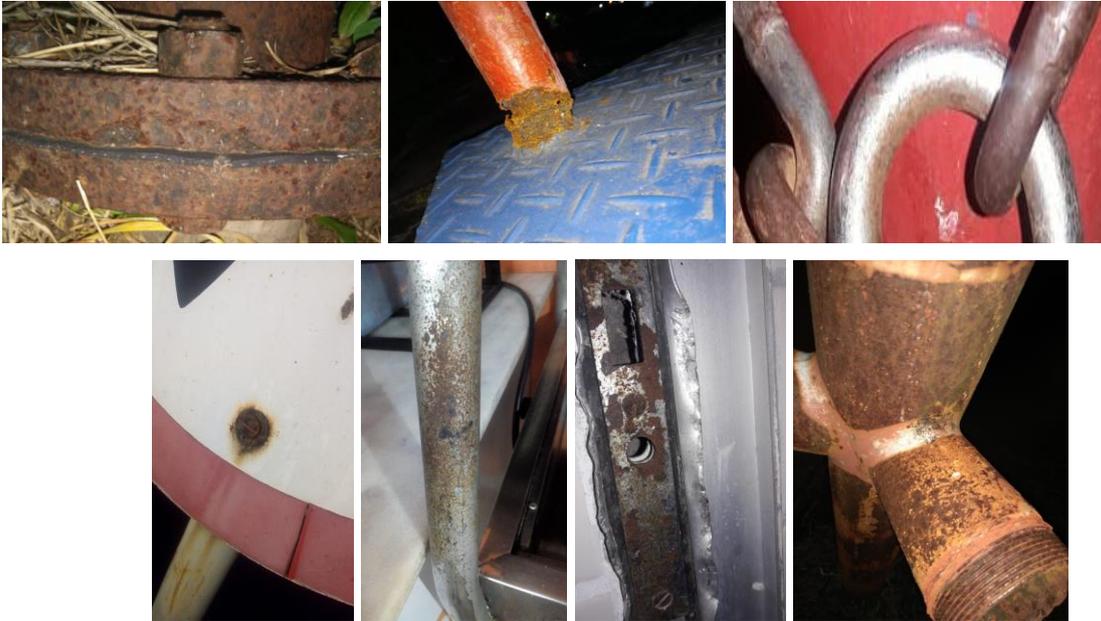
Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

b) Contextualização da corrosão através de imagens

Na 2ª hora de aula, com um tempo previsto de 60 minutos, após o questionário diagnóstico, serão apresentadas imagens figura a seguir com o objetivo de instigar um debate através da discussão e levantamento de possibilidades sobre o assunto de corrosão. Para o debate, os alunos farão um círculo na sala e cada um colocará sua opinião diante do apresentado. As imagens serão de diferentes contextos industriais locais de forma a instigar os alunos a colocarem o que eles entendem sobre corrosão. A proposta é de cada aluno convergir ou divergir com as respostas apresentadas e o professor nortear o debate de maneira interativa até levantar

aspectos técnicos-conceituais aplicáveis ao momento, como a definição, as formas e os meios corrosivos.

Imagens de diferentes materiais que apresentam algum tipo de corrosão



Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

c) Apresentação de situação problema

Com um tempo destinado de 100 minutos, será apresentada uma situação problema e será disponibilizado um questionário (quadros a seguir) acerca da situação apresentada para levamento de possibilidades e hipóteses.

Situação problema

Situação problema momento 1

SITUAÇÃO PROBLEMA

Uma empresa em Pernambuco situada na Zona Rural de Igarassu produtora de gás cloro, soda cáustica, hipoclorito de sódio e outros insumos para diversos segmentos, periodicamente, no máximo a cada um mês tem que fazer as revisões de suas tubulações e no máximo a cada dois meses tem que refazer a pintura altamente desgastada com a fabricação dos produtos citados. Pergunta-se: Qual o principal motivo na sua opinião que leva a necessidade de revisão e pintura das tubulações? Há alguma relação com a corrosão? Explique.

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Questionário para levantamento de hipóteses para a situação problema apresentada.

| QUESTIONÁRIO 2 |
|---|
| 1. Qual a relação entre a corrosão existente nas máquinas, equipamentos e tubulações com a produção de soda cáustica, gás cloro e hipoclorito de sódio? Explique. |
| 2. Por que as revisões e pinturas nesse segmento produtivo recomenda-se ser periodicamente? |
| 3. Na sua percepção, é possível não desenvolver corrosão em segmento industrial de produção de soda cáustica, gás cloro e hipoclorito de sódio? Explique. |
| 4. Qual a relação entre pintura e a corrosão? |
| 5. Na sua opinião, o fato da empresa ser localizada na zona rural de Igarassu contribui no desenvolvimento de corrosão? Explique. |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

2.1.2.2 - 2º momento da sequência

Nesse momento será abordada a parte mais técnica da unidade curricular em questão, corrosão, onde através de aulas expositivas e dialogadas os alunos irão percorrer as etapas teóricas para entendimento técnico da disciplina de corrosão. Nessa etapa, serão trabalhados contextos referentes à temática, onde tomará por base as discussões do 1º momento. Conforme mencionado anteriormente, Méheut (2005) está presente em todas as etapas com seus preceitos epistemológicos e pedagógicos. Nos apêndices 2 e 3 se encontram os conteúdos abordados como base conceitual deste momento proposto.

O segundo momento da sequência será iniciado com uma revisão de eletroquímica e abordagem de corrosão: formas, monitoramento e controle. Será feita uma abordagem sobre as nanopartículas de prata como inibidoras de corrosão. Essa é a etapa mais técnica da disciplina e será desenvolvida em 20 aulas, cada uma com duração de 60 minutos e considerando em cada dia, 20 minutos de intervalo, terá no total aproximado de 18 horas. As aulas serão expositivas e dialogadas, onde serão levantados os aspectos relacionais do 1º dia de aula, fazendo com que os alunos percebam que o conhecimento prévio está associado aos aspectos técnicos-científicos inseridos nos conceitos, aplicações e tratamentos

da corrosão. Nessa etapa os aspectos conceituais e técnicos serão abordados e se baseará nos seguintes conteúdos para fundamentação:

- Definição e diferenciação de corrosão Química e da Eletroquímica
- Fatores que afetam diretamente a corrosão
- Princípios de oxirredução em termos de oxigênio e elétrons
- Equação geral de oxidação e redução
- Diferenciação de ânodo e cátodo
- Apresentação e explicação da tabela de potencial
- Enfoque para pilhas e seus componentes e o processo esquemático de uma célula eletroquímica
- Cálculo da ddp da pilha
- Requisitos para ocorrência de corrosão
- Passividade em aços inoxidáveis
- Formas, monitoramento e controle da corrosão
- Galvanização e galvanoplastia

Numa abordagem mais aplicada, haverá a revisão de corrosão em termos de formas, monitoramento e controle. Será focada a morfologia da corrosão para assim definir o tipo de corrosão, estudo do meio corrosivo e tipos de tratamento de corrosão. Os mecanismos da causa da corrosão será objeto destaque por proporcionar a melhor avaliação para o devido tratamento e prevenção da mesma.

Como o foco principal da referida unidade curricular é a inibição de corrosão, apresenta-se o seguinte enfoque conceitual abordado em aula expositiva e dialogada acerca de galvanização e galvanoplastia. Abaixo encontram-se os aspectos técnicos e conceituais que serão abordados sobre a temática em uma das etapas.

O enfoque devido à importância e aplicação deste processo em diversos segmentos locais. Nesse momento, se destacará os aspectos tecnológicos que estão envolvidos na corrosão. Além da aula expositiva e dialoga desse 2º momento, será disponibilizado um exercício geral dos tópicos abordados na referida unidade curricular.

Será apresentada um situação de aprendizagem associada a um questionário apresentado a seguir e um exercício com 34 questões (o exercício se encontra no anexo I).

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM

“A corrosão equivocadamente é vista como “negativa” pois remete ao desgaste da superfície de uma forma geral e na verdade, em termos de industrialização, tecnologia e inovação, a mesma é essencial para auxiliar no tratamento das superfícies de forma a estabelecer uma durabilidade e conservação do material. Esse tratamento pode ser uma aplicação metálica e até mesmo uma pintura, isso vai depender dos objetivos, vai depender da finalidade requerida.

Uma coisa é certa: O que seria da humanidade sem o aço, sem o ferro, sem a borracha, sem o concreto e especialmente sem as baterias? Nesse contexto, fica evidente a importância única da corrosão na evolução da indústria e da Sociedade, pois, sem os benefícios gerados por essa área, ficaríamos tecnologicamente e industrialmente para trás, isso é fato. Considerando agora que você enquanto **TÉCNICO EM QUÍMICA** de uma renomada indústria no segmento metálico, mais especificamente, empresa de **GALVANIZAÇÃO**, empresa que faz tratamento de superfície utilizando metais de inferior qualidade para servir como metal de sacrifício com o objetivo de aumentar a durabilidade do metal do mais seletivo.

Você enquanto Técnico em Química faz controle de processo Químico nas etapas críticas de produção, tais quais:

- Inspeção das aplicações metálicas;
- Concentração dos banhos de eletrodeposição;

- Controle físico das superfícies;
- Controle químico das superfícies nas etapas de operações”.

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Para direcionamento das atividades acima especificadas, você terá que responder as seguintes questões presentes no quadro a seguir (questionário 3).

Questionário para verificação da fundamentação teórica apresentada no contexto da situação de aprendizagem.

| QUESTIONÁRIO 3 |
|--|
| <p>Q.1 A corrosão química e eletroquímica são decisivas para o desenvolvimento de processos industriais no segmento de metalurgia e na produção de baterias de carro, por exemplo. O estudo de corrosão é fundamental para a promoção de prevenção de desgastes de várias superfícies e o entendimento da fundamentação básica inserida nesta é fundamental. Nesse contexto, comente sobre a relação do potencial de redução padrão dos metais com o desenvolvimento ou não da corrosão. Explique a diferença entre ânodo e cátodo, agente redutor e oxidante.</p> |
| <p>Q.2 A corrosão muitas vezes é vista como algo prejudicial e que basicamente vem em mente “a ferrugem”. Ao contrário dessa falsa impressão, a corrosão é responsável por impactos positivos decisivos para a economia e principalmente pelos efeitos benéficos que a corrosão proporciona protegendo inúmeras superfícies através de tecnologias aplicáveis. Explique o porquê o aço inox pode sofrer corrosão e comente quais as principais possibilidades de tratamento e inibição de corrosão.</p> |
| <p>Q.3 A corrosão além de servir na sua grande maioria como superfícies de tratamento, é também responsável por produzir insumos e produtos em diversos segmentos industriais. Dê exemplos e explique o princípio básico da fundamentação da corrosão inserida no exemplo dado por você. Observação: considere se é um exemplo que usa o princípio da corrosão química ou eletroquímica.</p> |
| <p>Q.4 Identificar o tipo de corrosão é uma etapa decisiva para caracterizar o meio, estabelecer os mecanismos de controle e de tratamento. De acordo com o exposto e considerando a figura abaixo, qual é tipo de corrosão apresentada e quais os procedimentos indicados para reduzir esse tipo de corrosão?</p> |



Q.5 Entender esquematicamente a representação de uma pilha é muito importante para os participantes desse processo. Considerando a reação



Dados o potencial de redução padrão: (Cr = - 0,74 V, Ag= 0,80 V). Desenhe esquematicamente a pilha e responda ao que se pede:

Semi-reações parciais

Reação global

Cátodo

Ânodo

Quem sofre redução

Quem sofre redução

Quem é o agente oxidante

Quem é o agente redutor

Q.6 O meio corrosivo é determinante para o desenvolvimento da corrosão podendo dá celeridade à mesma, a depender de suas características. Nesse contexto, conhecer os principais meios corrosivos responsáveis por causarem corrosão é essencial para a sua prevenção. **Nesse contexto, comente e explique os principais meios corrosivos e qual a sua interferência no desenvolvimento de corrosão em diferentes superfícies. Relacione formas de prevenção de corrosão.**

Q.7 A prevenção da corrosão é indispensável para evitar problemas, principalmente em processos industriais, pois além de reduzir custo, oferta uma estabilidade de processo necessária para seu melhor rendimento do ponto de vista operacional. Nesse perfil, conhecer como a corrosão pode ocorrer é o caminho para a sua prevenção, pois uma vez apresentada, a corrosão gera riscos e um aumento significativo de custo para seu possível reparo, quando possível, pois muitas vezes, a peça tem que ser substituída pelo grau de desgaste apresentado. **Comente sobre os principais requisitos para haver corrosão e a melhor forma de minimizar os efeitos da corrosão no contexto apresentado.**

Q.8 Avaliar as condições inerentes e os fatores que podem interferir no desenvolvimento da corrosão são indispensáveis para estabelecer o possível tratamento. De acordo com a informação apresentada e considerando que dois equipamentos iguais estão instalados em duas empresas diferentes e que os equipamentos produzem o mesmo material. Observou-se nessa condição, desgaste completamente diferente destes equipamentos. Considere também que as manutenções foram as mesmas nas

empresas. **Faça uma análise das causas na diferença de desgaste apresentado.**

Q.9 A corrosão pode se apresentar de diferentes formas e a depender do meio corrosivo, pode resultar em uma maior aceleração da degradação da superfície. Conhecer as causas do processo corrosivo é importante porque ajuda a estabelecer a melhor forma de tratamento e prevenção. Considerando que você é o técnico responsável pela inspeção de chapas de alumínio em uma empresa que está localizada em Suape, Pernambuco, próximo de praia, onde frequentemente há um desgaste visualizado nas chapas, em especial as que ficam expostas por muito tempo. A quem você atribui esse desgaste? O que pode ser feito na sua opinião para minimizar os efeitos?

Q.10 Você é um Técnico em Química que está participando de uma seleção para compor o quadro de Analista de Processos de uma renomada empresa que tem seu portfólio em GALVANIZAÇÃO E GALVANOPLASTIA. De acordo com o apresentado e considerando que a empresa contratante pede uma avaliação técnica sua sobre a seguinte situação abaixo: Para otimizar o custo de processo, o supervisor de produção ordenou que fosse passada a etapa de desengraxe da superfície. E para ganhar tempo, propôs que a concentração dos banhos não fosse verificada por hora, assim como “liberou” o controle de verificação da espessura da galvanização aplicada.

Pede-se: Sua avaliação técnica sobre a seguinte situação e o que você faria numa situação como essa? Argumente e explique detalhadamente todas as suas respostas.

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

2.1.2.3- 3º momento da sequência didática

O 3º momento é marcado por atividades em grupo, onde os alunos terão que compor uma busca e defesa argumentativa acerca do trabalho de campo realizado.

No terceiro momento, será realizada aula de campo, onde em grupos, os alunos registrarão através de fotos e vídeos na área externa da escola (60 minutos), as superfícies corroídas, em seguida, os mesmos irão discutir e elaborar um plano com o tipo de corrosão, meio corrosivo e melhorias a serem adotadas (90 minutos). No final da aula (70 minutos), cada equipe apresentará e debatará sua proposta. Cada dia de aula tem 20 minutos de intervalo.

Os alunos deverão se dividir em diferentes áreas internas e externas da escola, incluindo, laboratórios, corredores, passarelas, carretas e oficinas. Após verificação e registro, os alunos deverão retornar para a biblioteca, sala de informática ou de sala de aula, onde deverão no tempo máximo de 90 minutos, preparar uma apresentação constando o tipo de corrosão visualizada com

justificativa, os meios de corrosão e as formas de inibição//tratamento da mesma. Pede-se também a explanação/argumentação de pontos de melhorias visualizados no trabalho de campo, assim como os principais mecanismos da corrosão encontrados quando aplicável.

2.1.2.3 4º momento da sequência

Para a referenciação teórica, tem-se Santos (2007) com suas colaborações sobre as atividades experimentais e destacam-se Alves Filho (2007) e Viana (2014), onde o primeiro instiga a interação proporcionada pelas atividades práticas e o segundo se refere ao professor como mediador nas atividades experimentais.

Será realizado em 12 h/aula, 3 dias, totalizando, 720 minutos. As atividades práticas serão propostas com tempo contínuo sem intervalos (as atividades se encontram no apêndice 5). A turma será dividida em 7 equipes, cada uma composta por 4 alunos. Inicialmente serão feitos os seguintes direcionamentos para discussão prévia (cerca de 40 minutos):

- a) Objetivo da aula prática;
- b) Relação da mesma com o potencial padrão de redução dos metais;
- c) A interferência dos diferentes meios corrosivos;
- d) Os efeitos da inibição de corrosão. Nesse momento, fala-se da nanopartículas de prata e os efeitos esperados para a corrosão;
- e) Explana-se detalhadamente os experimentos a serem realizados;
- f) Pede-se ao término dos experimentos, discutir entre os componentes dos grupos e responder as questões que serão disponibilizadas no roteiro.

As práticas experimentais propostas terão um caráter investigativo que leve o aluno à reflexão, à observação e ao levantamento de hipóteses na perspectiva dos questionamentos que serão elencados da tabela de potencial versus o estudo da corrosão eletroquímica face a diferentes características a serem observadas em diferentes meios corrosivos. Associado a isso, a interrelação com a nanotecnologia se fará pertinente, pois, os alunos sintetizarão as nanopartículas de prata de acordo com o procedimento apresentado.

Síntese das nanopartículas

A síntese das nanopartículas de prata será realizada em grupos, onde serão observados os pontos críticos de sua preparação. O objetivo da adição das nanopartículas de prata aos experimento de corrosão eletroquímica será para verificar o efeito inibidor de corrosão. Nesse momento, correlaciona-se com a inibição de corrosão através de uso de nanopartículas. Será adotado um método alternativo simples de síntese das nanopartículas. Esse método consiste na preparação a partir de uma solução de nitrato de prata com ácido ascórbico sob condições específicas de síntese.

No apêndice 5, se encontra o procedimento detalhado das atividades experimentais da síntese das nanopartículas e dos ensaios de eletroquímica.

Tomas e Gomes (2016) propôs um método para sintetizar as nanopartículas de prata a partir de uso de ácido ascórbico e solução de nitrato de prata. O mesmo foi adaptado para assegurar que a prata não sofresse oxidação sendo ajustada a concentração da solução.

- a)** Em béquer de 250 mL colocar cerca de 200 mL de água destilada e dissolver 1 comprimido efervescente de vitamina C (sem zinco) até completa dissolução;
- b)** Levar ao aquecimento a solução de nitrato de prata (AgNO_3) 0,0001 mol/L. Deve-se garantir um leve aquecimento com o objetivo de dá celeridade à síntese;
- c)** Em um tubo de ensaio, colocar cerca de 5 mL de solução de AgNO_3 0,0001 mol/L e vagarosamente colocar 5 gotas (medir com conta-gotas) da solução de vitamina C, fonte de ácido ascórbico que servirá como redutor da reação. Homogeneizar e aguardar por cerca de 1 a 2 minutos pela mudança de coloração.

A coloração da solução que apresenta a formação da nanopartículas de prata é levemente amarelada. Para a comprovação da obtenção das nanopartículas, projeta-se um feixe de laser proveniente de caneta passadora de slides. O feixe passará de forma linear transpassando na solução nanoparticulada. A concentração da solução de nitrato de prata foi ajustada para formar as nanopartículas. Em soluções com concentrações maiores, a prata formada oxida resultando em coloração cinza da prata, ou seja, a oxidando. É extremamente importante adotar a concentração correta de solução de nitrato de prata com o objetivo de não oxidar a prata (a cor fica escura) e isso é evidenciado a partir da coloração obtida ao realizar

a síntese com vitamina C. Na figura abaixo, apresenta-se as nanopartículas de prata sintetizadas.

Nanopartículas de prata sintetizada



Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020).

Experimentos de eletroquímica

Após a síntese das nanopartículas de prata, cada equipe iniciará os experimentos em eletroquímica com o objetivo de avaliar o comportamento de diferentes metais em diferentes meios corrosivos com e sem nanopartículas de prata. Nessa fase, serão trabalhados experimentos que contemplem materiais de fácil obtenção e possam ser reaproveitados, como, por exemplo, fontes de metais de uso no cotidiano, fonte de ferro (lã de aço), clips (fonte de zinco), papel alumínio (fonte de alumínio).

Nos testes a serem realizados para a proposta de experimentação, optou-se como forma alternativa e de baixo custo a utilização de materiais de fácil acesso. Esses materiais podem ser fios de cobre de fiação elétrica em desuso, zinco provenientes de resto de latões de construção civil e outros materiais metálicos reaproveitados.

E também nesse contexto, em alguns experimentos, utilizou-se materiais que representassem os meios corrosivos, tais quais água sanitária (projeção de uma solução alcalina e eletrolítica) e vinagre (meio levemente ácido).

Os experimentos em si, tem o objetivo de avaliar os diferentes comportamentos de metais sob condições e meios corrosivos diversos, com e sem nanopartículas de prata. As condições experimentais serão desenvolvidas de acordo

com o procedimento fornecido e previamente testados dentro desta perspectiva. Para todos os experimentos, deve-se realizar o procedimento em duplicata, onde no 1° tubo estará sem a solução de nanopartícula de prata preparada pelos grupos acima e no 2° tubo deverá adicionar 5 mL de solução de nanopartícula de prata. Após adição da nanopartícula de prata no 2° tubo anotar as observações e comparar o tempo de reação do 1° com o 2° tubo.

Questionário das atividades práticas experimentais.

| QUESTIONÁRIO 4 |
|--|
| <p>Questões da aula prática</p> <p>1°) Apresente para todos os experimentos, as reações eletroquímicas envolvidas. Na resposta, deve-se ter as reações parciais e a total, especificando a reação de ânodo e do cátodo.</p> <p>2°) A que se deve o diferente comportamento das reações observadas ? Justifique sua resposta.</p> <p>3°) Qual a razão para se usar em determinados experimentos, um metal envolvido em outro?</p> <p>4°) Por que no 5° experimento o zinco sofreu um leve ataque, enquanto o cobre permaneceu praticamente inalterado? Justifique sua resposta.</p> <p>5°) Comparando os tempos de reação eletroquímica (quando visualizado), qual o papel das nanopartículas de prata? Justifique sua resposta.</p> |

Fonte: Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

Nota de observação:

Os formulários para auxílio na coleta das respostas dos estudantes, se encontram nos apêndices (6 à 12) para facilitação das etapas a serem aplicadas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, W. F. **A formação de professores e as teorias do saber docente: contexto, dúvidas e desafios**. Revista Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 33. n. 2. p. 263- 280. maio/ago. 2007.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação: Condições de implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- LEAL, C. A. **Sequência Didática**, 2011, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências PROPEC Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, 2011. Disponível em: http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/5416. Acesso em: 05 set. 2019.
- MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BORESMA, K. et al (eds) **Research and Quality of Science Education**. Holanda: Spring, 2005, p. 195-207.
- PIRES, X. D. Uma proposta Teórica – Experimental de Sequência Didática sobre Interações Intermoleculares no Ensino de Química, utilizando variações do teste da Adulteração da Gasolina e Corantes de Urucun. **Investigação em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v.17, n.2, p. 389, 2012.
- SANTOS, A. B; BORGES, C. C; GUIMARÃES, G. R; AMARAL, G. K; REGIS, M. D; DICKMAN, A. G. **Energia e suas transformações: Uma discussão utilizando um experimento atrativo**. In: Atas do XVII. Simpósio Nacional de Pesquisa de Física. São Luis/MA, 2007.
- SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: GEPEQ-IQUSP, 2013.
- TOMAS, H.; GOMES, D.; CONDOMITTE, U. **Nanotecnologia Experimental**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- VIANA, K. S. L. **Avaliação da experiência: uma perspectiva de avaliação para o ensino das ciências da natureza**. 2014. 202 f. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v23n2/1516-7313-ciedu-23-02-0507.pdf>. Acesso em 23 fev. 2020.

APÊNDICE 2 - AULA EXPOSITIVA E DIALOGADA SOBRE FUNDAMENTOS ESSENCIAIS DA CORROSÃO, TIPOS E TRATAMENTOS

QUESTIONAMENTOS

1. O que é corrosão?
2. Para quê serve?
3. E para a Indústria, tem utilidade?



CORROSÃO

- É a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos.

- A corrosão pode ocorrer em:
 - Concreto (ação do sulfato);
 - Borracha (oxidação por ozônio);
 - Polímeros;
 - Madeiras (ação da hidrólise da celulose).

CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM O MEIO

- **Corrosão química:** São os casos em que o metal reage com o meio não-iônico. Ex: oxidação ao ar a alta temperatura.



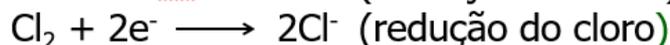
- **Corrosão Eletroquímica:** É transporte simultâneo de eletricidade através de eletrólito.
Ex: soluções salinas e água do mar.

FATORES RELEVANTES QUE INFLUENCIAM NA CORROSÃO

- ✓ Custo;
- ✓ Segurança;
- ✓ Conservação de recursos.

REAÇÃO DE ÓXIDO-REDUÇÃO

Oxidação: é a perda de elétrons por uma espécie química e
 Redução: é o ganho de elétrons por uma espécie química.



- EQUAÇÃO GERAL DA OXIDAÇÃO

Metal \longrightarrow Íon + ne (n = número de elétrons perdidos pelo metal)

Ex: $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ (oxidação do ferro)

EXPERIÊNCIA DE ÓXIDO-REDUÇÃO

Assistir ao vídeo de acordo com o link abaixo

<https://www.youtube.com/watch?v=WPzErdAYifo>

TABELA DE POTENCIAL

| Potencial de redução (E_{red}^0) | Estado reduzido | Estado oxidado | Potencial de oxidação (E_{oxid}^0) |
|---|-------------------------------|--|---|
| -3,04 | Li | $\text{Li}^+ + \text{e}^-$ | +3,04 |
| -2,92 | K | $\text{K}^+ + \text{e}^-$ | +2,92 |
| -2,90 | Ba | $\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^-$ | +2,90 |
| -2,89 | Sr | $\text{Sr}^{2+} + 2\text{e}^-$ | +2,89 |
| -2,87 | Ca | $\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^-$ | +2,87 |
| -2,71 | Na | $\text{Na}^+ + \text{e}^-$ | +2,71 |
| -2,37 | Mg | $\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$ | +2,37 |
| -1,66 | Al | $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$ | +1,66 |
| -1,18 | Mn | $\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^-$ | +1,18 |
| -0,83 | $\text{H}_2 + 2(\text{OH})^-$ | $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$ | +0,83 |
| -0,76 | Zn | $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ | +0,76 |
| -0,74 | Cr | $\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$ | +0,74 |
| -0,48 | S^{2-} | $\text{S} + 2\text{e}^-$ | +0,48 |
| -0,44 | Fe | $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ | +0,44 |
| -0,28 | Co | $\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^-$ | +0,28 |
| -0,23 | Ni | $\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$ | +0,23 |
| -0,13 | Pb | $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$ | +0,13 |
| 0,00 | H_2 | $2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ | 0,00 |
| +0,15 | Cu^+ | $\text{Cu}^{2+} + \text{e}^-$ | -0,15 |
| +0,34 | Cu | $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ | -0,34 |
| +0,40 | $2(\text{OH})^-$ | $\text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^-$ | -0,40 |
| +0,52 | Cu | $\text{Cu}^+ + \text{e}^-$ | -0,52 |
| +0,54 | 2I^- | $\text{I}_2 + 2\text{e}^-$ | -0,54 |
| +0,77 | Fe^{2+} | $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ | -0,77 |
| +0,80 | Ag | $\text{Ag}^+ + \text{e}^-$ | -0,80 |
| +0,85 | Hg | $\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^-$ | -0,85 |
| +1,09 | 2Br^- | $\text{Br}_2 + 2\text{e}^-$ | -1,09 |
| +1,23 | H_2O | $2\text{H}^+ + 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^-$ | -1,23 |
| +1,36 | 2Cl^- | $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ | -1,36 |
| +2,87 | 2F^- | $\text{F}_2 + 2\text{e}^-$ | -2,87 |

DEFINIÇÕES NA ELETROQUÍMICA

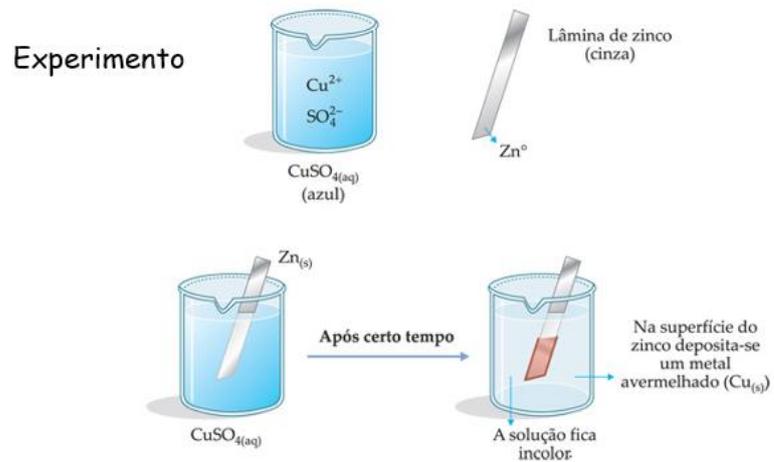
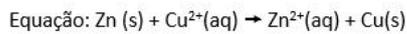
- **Eletrodo:** material condutor com tendência a receber (catodo) ou doar elétrons (anodo).
- **Reação eletroquímica:** qualquer reação que possa ser dividida em duas ou mais reações parciais de oxidação e redução. A corrosão eletroquímica é provocada pelo aparecimento de uma ou mais pilhas ou elementos de corrosão funcionando como circuito.

DEFINIÇÕES NA ELETROQUÍMICA

- **Ânodo:** Eletrodo cujos átomos perdem elétrons para o circuito externo, tornando-se íons $+$ e oxidando (oxidação);
- **Cátodo:** Eletrodo que recebe os íons do circuito externo e reduzindo (redução).

DEFINIÇÕES NA ELETROQUÍMICA

- **Reações cátodicas e anódicas:** Ocorrem simultaneamente e à mesma velocidade sobre a superfície de um condutor. Os elétrons gerados na oxidação são consumidos na redução.
- **Potencial do eletrodo padrão:** Indica o valor onde temo início a corrosão do elemento. Obs: há tabelas existentes com valores de referência.

•EXEMPLO**MEDICÃO DOS POTENCIAIS PADRÃO DA PILHA GALVÂNICA**

$$E^{\circ}_{\text{célula}} = E^{\circ}_{\text{cátodo}} - E^{\circ}_{\text{ânodo}}$$

Onde:

$E^{\circ}_{\text{célula}}$ = ENERGIA POTENCIAL DA CÉLULA

$E^{\circ}_{\text{cátodo}}$ = ENERGIA POTENCIAL DO CATODO (REDUÇÃO)

$E^{\circ}_{\text{ânodo}}$ = ENERGIA POTENCIAL DO ANODO (OXIDAÇÃO)

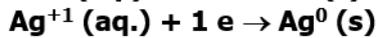
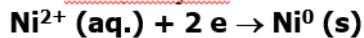
•PILHA

[Apresentar/assistir ao vídeo no link abaixo:](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=6d-yN-PKCGI>

EXEMPLO DE CÁLCULO DE DDP DAPILHA

Nas semi-reações:



A ddp da pilha, o cátodo e o ânodo são, respectivamente:

Dados: $E^{\circ}_{\text{red. Ag}} = +0,80\text{V}$; $E^{\circ}_{\text{red. Ni}} = -0,24\text{V}$ (a 25°C e 1 atm.)

Resposta: Adotando $E^{\circ}_{\text{célula}} = E^{\circ}_{\text{cátodo}} - E^{\circ}_{\text{ânodo}}$

$$DE^{\circ} = E^{\circ}_{\text{maior}} - E^{\circ}_{\text{menor}} \quad DE^{\circ} = +0,8 - (-0,24) \quad DE^{\circ} = +1,04\text{V}$$

Cátodo – Ag

Ânodo – Ni

REQUISITOS PARA HAVER CORROSÃO

- A presença de um anodo ou de sítios anódicos na superfície do metal;
- A presença de um catodo ou de sítios catódicos na superfície do metal;
- Eletrólito em contato com o anodo e com o catodo, formando um caminho para a condução de íons;
- Uma conexão elétrica entre o anodo e o catodo, fazendo com que os elétrons sejam fluam entre o anodo e o catodo.

CORROSÃO – Tipos, classificação e tratamentos

As diferentes formas (ou tipos de corrosão)

→ Podem ser apresentados considerando-se a aparência ou forma de ataque, bem como as diferentes causas de corrosão e seus mecanismos.

Assim, pode-se ter corrosão segundo:

-a morfologia: uniforme, por placas, alveolar, puntiforme ou por pite, intergranular (ou intercristalina), intragranular (ou transgranular ou transcristalina), filiforme, por esfoliação, grafítica, dezincificação.

-as causas ou mecanismos: por aeração diferencial, eletrolítica ou corrente de fuga, galvânica, associada a solicitação mecânica (corrosão sob tensão fraturante), em torno de cordão de solda, seletiva (grafítica e desincificação), empolamento ou fragilização por hidrogênio;

-os fatores mecânicos: sob tensão, sob fadiga, por atrito, associada à erosão;

-o meio corrosivo: atmosférica, pelo solo, induzida por microrganismos, pela água do mar, por sais fundidos, etc;

-a localização do ataque: por pite, uniforme, intergranular, transgranular, etc;



Formas de corrosão

Corrosão Uniforme



Corrosão Alveolar



Corrosão Galvânica



➤ **Corrosão Galvânica**

- É o processo corrosivo resultante do contato elétrico de materiais diferentes ou dissimilares. Este tipo de corrosão será tão mais intensa quanto mais distantes forem os materiais na tabela de potenciais eletroquímicos, ou seja, em termos de nobreza no meio considerado. É frequente ocorrer na presença de íons Cu^{++} com aço.

Procedimentos que podem diminuir o efeito da corrosão galvânica.

- 1) Selecionar materiais localizados o mais próximo possível na série galvânica.
- 2) Manter uma relação de área favorável.
- 3) Isolar completamente metais diferentes
- 4) Aplicações de recobrimentos protetores sobre o catódo.
- 5) Adição de inibidores, quando possível, para diminuir a agressividade do meio.
- 6) Prever no projeto facilidades para substituição das partes anódicas (ou usar maior espessura para aumentar a vida útil)
- 7) Instalar um 3º metal que seja anódico em relação aos 2 metais do contato galvânico (anodo de sacrifício).

PROCESSO DE GALVANIZAÇÃO

[Apresentar/assistir ao vídeo no link abaixo:](#)

https://www.youtube.com/watch?v=_sMjcS1ymRk

Corrosão por Pite**Corrosão por Esfoliação****Corrosão Grafítica****Corrosão por Empolamento**

A proteção anódica é um método de aumento da resistência à corrosão que consiste na aplicação de uma corrente anódica na estrutura a proteger. A corrente anódica favorece a passivação do material dando-lhe resistência à corrosão. A proteção anódica é empregada com sucesso somente para os metais e ligas formadores de película protetoras, especialmente o titânio, o cromo, ligas de ferro-cromo, ligas de ferro-cromo-níquel.

O seu emprego encontra maior interesse para eletrólitos de alta agressividade (eletrólitos fortes), como por exemplo um tanque metálico para armazenamento de ácidos.

A proteção anódica não só propicia a formação da película protetora mas principalmente mantém a estabilidade desta película. O emprego de proteção anódica é ainda muito restrito no Brasil, porém tem grande aplicação em outros países na indústria química e petroquímica.

Proteção catódica é um processo de controle contra a corrosão de metais (tubulações e estruturas). O princípio básico é tornar o elemento metálico a ser protegido - um aqueduto, por exemplo - em um cátodo de uma célula de corrosão, o que pressupõe a presença de um ânodo. Assim, o processo natural de perda de elétrons da estrutura para o meio, fenômeno que causa a corrosão, é compensado pela ligação da estrutura metálica a um ânodo de sacrifício, em geral, um eletrodo de cobre/sulfato. O direcionamento da corrente elétrica preserva a estrutura metálica, ocorrendo corrosão controlada no ânodo.

PROTEÇÃO CATÓDICA

[Apresentar/assistir ao vídeo no link abaixo:](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=F0V1qI9JKrM>

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE LATAS

[Apresentar/assistir ao vídeo no link abaixo:](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=EYu0NGGV0jk>

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BATERIA AUTOMOTIVA

[Apresentar/assistir ao vídeo no link abaixo:](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=fLM-XSTuqfE>

<https://www.youtube.com/watch?v=G6s3w6KzMEU>

APÊNDICE 3 - AULA EXPOSITIVA E DIALOGADA SOBRE GALVANOPLASTIA E GALVANIZAÇÃO

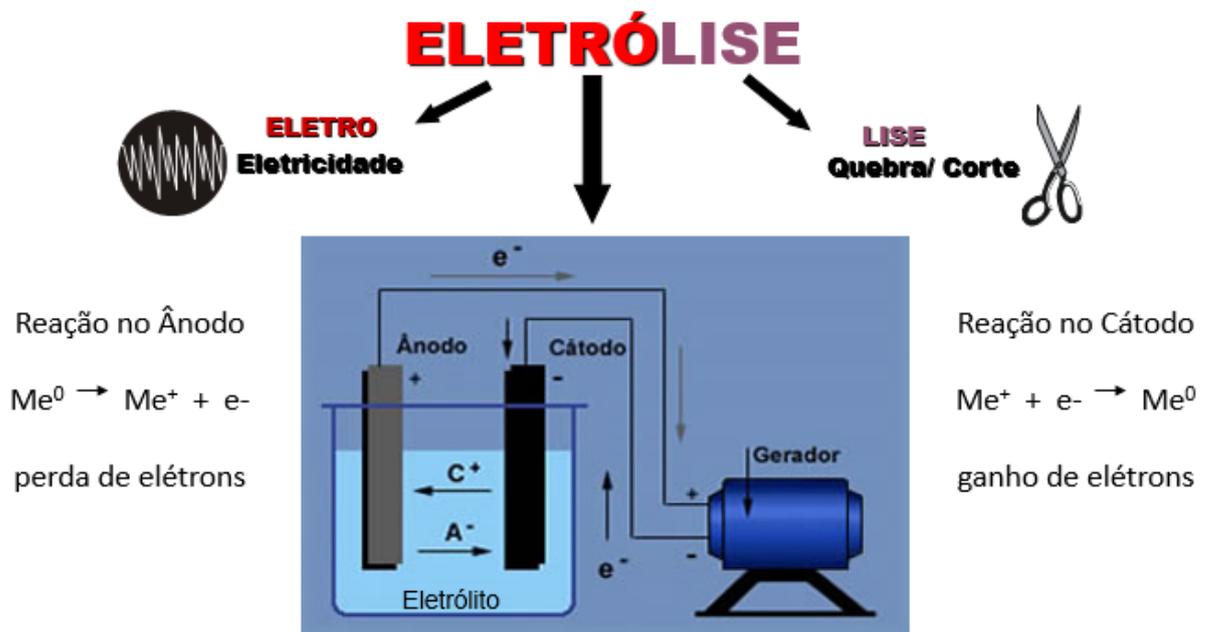
➔ *Galvanoplastia* – Consiste em depositar um metal sobre um substrato, metálico ou não, através da redução química ou eletrolítica para proteção.

➔ *Galvanização* – Consiste em depositar um metal sobre uma superfície metálica menos nobre com a finalidade de proteger a peça da corrosão e/ou como acabamento estético e decorativo.

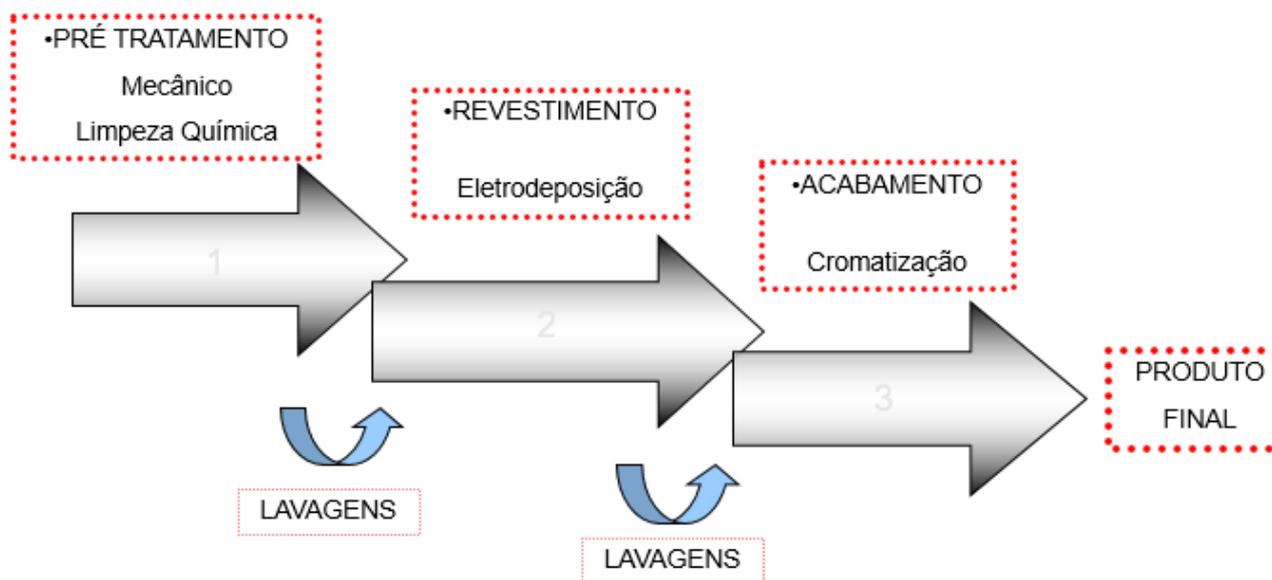
Nomes especiais da Galvanização

| | | |
|------------|----------|---------------------------------------|
| PROCESSO | METAL | ➔ Metal utilizado para o revestimento |
| DOURAGEM | (OURO) | |
| CROMAGEM | (CROMO) | |
| PRATEAÇÃO | (PRATA) | |
| NIQUELAGEM | (NÍQUEL) | |
| ZINCAGEM | (ZINCO) | |

Galvanização – Fundamentação e Mecanismo de reação

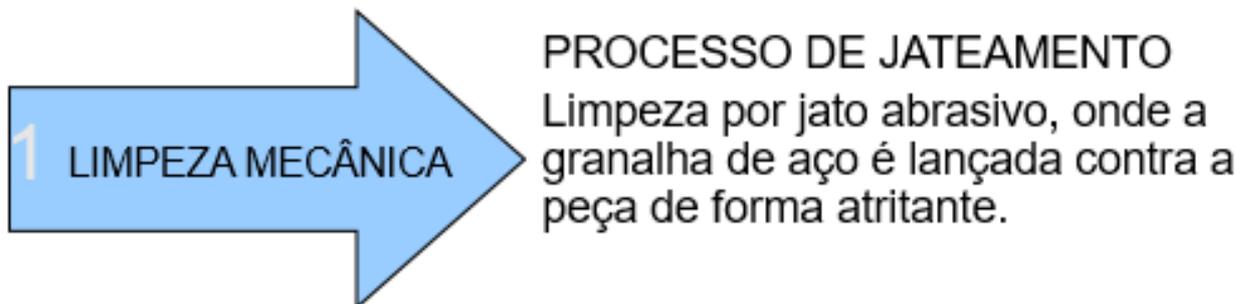


ETAPAS do processo Galvânico



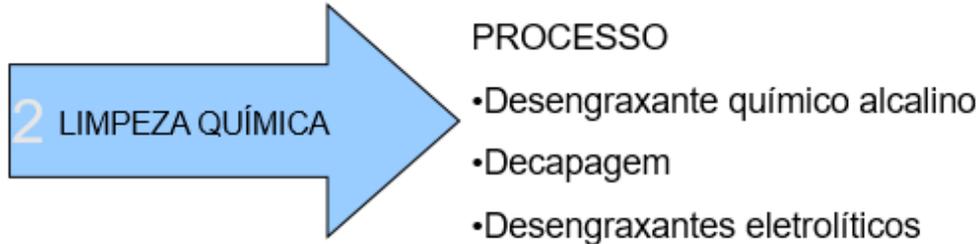
PRÉ- TRATAMENTO

Pré-tratamento Mecânico

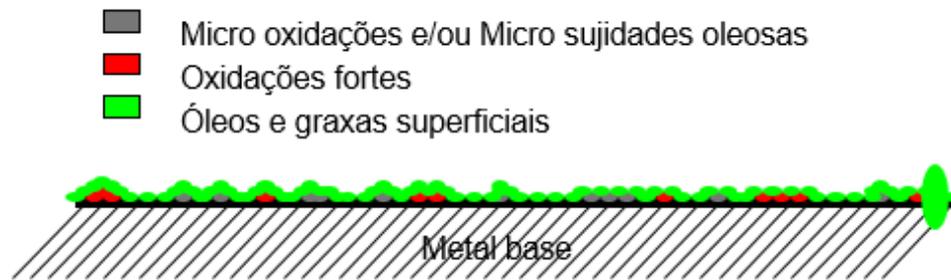


PRÉ- TRATAMENTO

Pré-tratamento Químico



SUJEIRAS HABITUAIS DE UMA SUPERFÍCIE METÁLICA:



PRÉ- TRATAMENTO

Pré-tratamento Químico

DESENGRAXE QUÍMICO:

Usado para remover resíduos orgânicos e inorgânicos, realizado em tanques por imersão, requer agitação, maior concentração do produto e alta temperatura.

Fatores que afetam a ação dos desengraxantes:

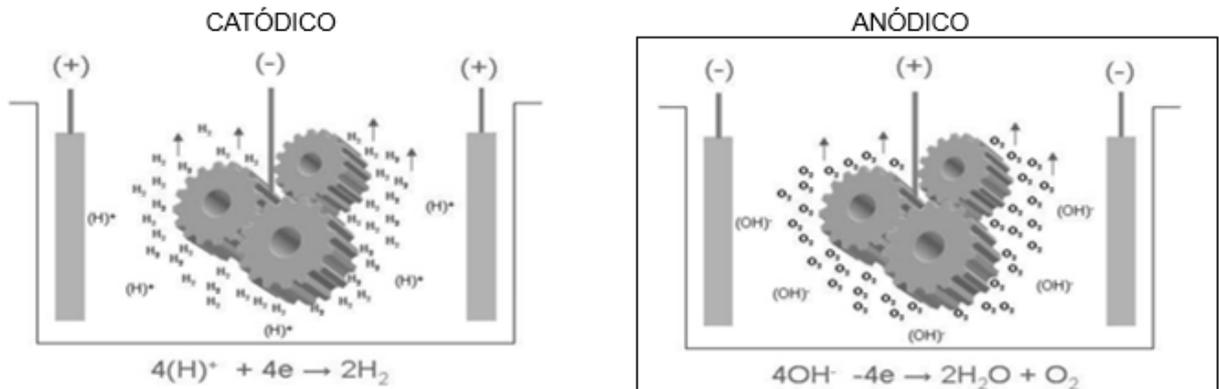
- Concentração da solução
- Temperatura de trabalho (50 ~ 100 °C)
- Contaminação ou envelhecimento
- Tempo de desengraxamento
- Lavagem posterior
- É importante a limpeza do tanque antes de uma nova montagem, para evitar contaminação do banho novo.

PRÉ- TRATAMENTO

Pré-tratamento Químico

DESENGRAXE ELETROLÍTICO:

Utiliza a corrente elétrica às peças que devem ser desengraxadas, com a finalidade de remover sujeiras finas, residuais na superfície metálica. Tipos: catódico, anódico ou reversível.

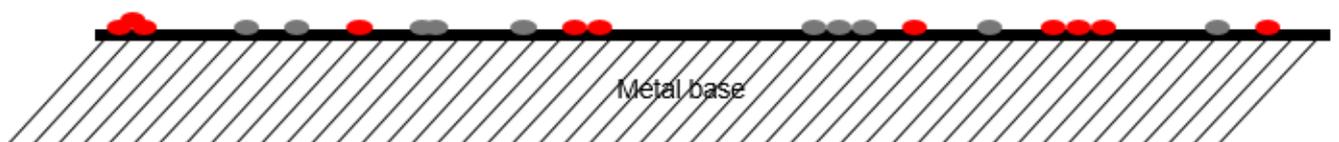


PRÉ- TRATAMENTO

Pré-tratamento Químico

REMOVENDO ÓLEOS E GRAXAS COM OS DESENGRAXANTES QUÍMICO E ELETROLÍTICO

- Micro oxidações e/ou Micro sujidades oleosas
- Oxidações fortes



Fonte: Adaptado de GENTIL, V. Corrosão. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

PRÉ- TRATAMENTO

Pré-tratamento Químico

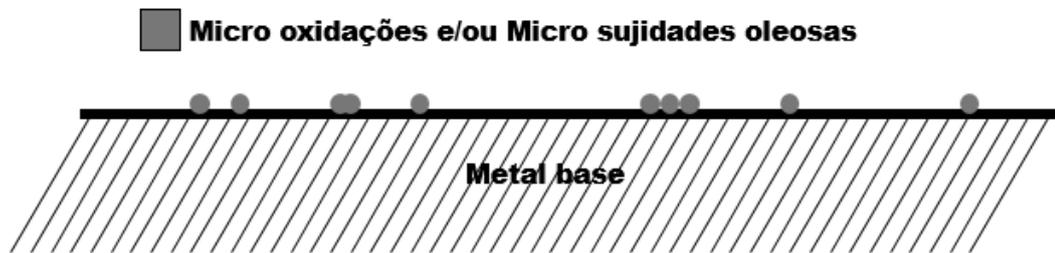
DECAPAGEM:

Tem a função de remover camadas de óxidos, carepas e ferrugem. Seus banhos são constituídos por ácido minerais, tais como: ácido clorídrico, ácido sulfúrico, etc.

Reação do ácido clorídrico com o ferro das peças:



REMOVENDO OXIDAÇÕES FORTES COM DECAPAGEM ÁCIDA



PRÉ- TRATAMENTO

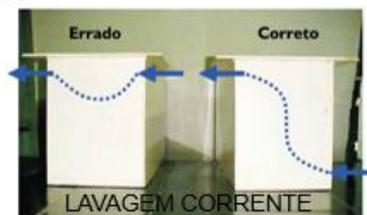
Pré-tratamento Químico

- Superfície preparada para seguir processo



Processo de Lavagem

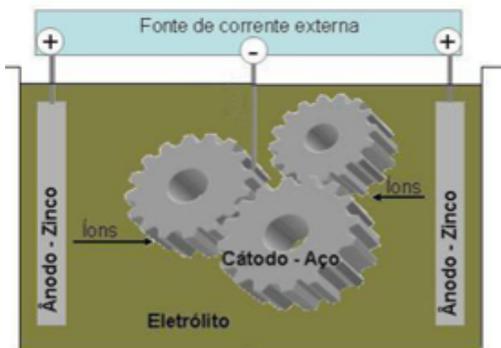
Utiliza a água corrente, evita a neutralização ou contaminação dos banhos no fluxo do processo.



3 ELETRODEPOSIÇÃO

Dependendo do tipo de banho temos:

| | |
|------------|--|
| DOURAÇÃO: | Anel de alumínio (cátodo) $\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}$ Lâmina de ouro (ânodo) $\text{Au} \rightarrow \text{Au}^{3+} + 3\text{e}^-$ |
| CROMAGEM: | Pára-choque (cátodo) $\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$ Barra de cromo (ânodo) $\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$ |
| PRATEAÇÃO: | Anel de alumínio (cátodo) $\text{Ag}^{1+} + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ Lâmina de prata (ânodo) $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^{1+} + 1\text{e}^-$ |



ZINCAGEM: Processos de Zincagem:

1. Zincagem ácida
2. Zincagem alcalina com cianeto
3. Zincagem alcalina sem cianeto

Peça de ferro (cátodo): $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(s)}$

Barras de Zinco (ânodo): $\text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$

ELETRODEPOSIÇÃO

ZINCAGEM ÁCIDA: o zinco se deposita no cátodo pela reação de redução sendo prioritária a reação da eletrólise da água.

Vantagens

- Maior velocidade
- Brilho excelente
- Facilidade na zincagem deposição direta em ferro fundido e aços temperados;
- Tem alto poder de nivelamento;
- Baixa emissão de gases
- Tratamento de efluentes simples

Desvantagens

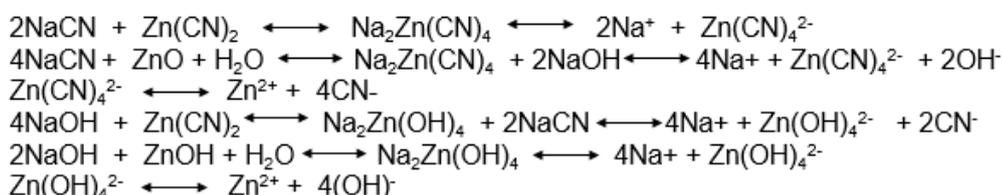
- Soluções agressivas ao equipamento;
- As peças devem ter alto grau de limpeza
- Uniformidade da camada não satisfatória possibilita a corrosão devido a retenção da solução que tem alto teor de cloreto;
- Equipamentos mais complexos;
- A lavagem após a zincagem antes da cromatização deve ter alto grau de remoção dos resíduos de cloretos

Função dos Componentes

- Cloreto de zinco: Responsável pelo fornecimento do zinco metálico a solução;
- Ácido Bórico: age como solução tampão, para estabilizar o pH, conforme a reação:
 $\text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{BO}_3^- + \text{H}^+$;
- Ânodos de zinco: de pureza 99,9%;
- Aditivos: conferem brilho e uniformidade da camada depositada.

ELETRODEPOSIÇÃO

ZINCAGEM ALCALINA COM CIANETO: o zinco é predominantemente eletrodepositado a partir dos complexos $Zn(OH)_4^{2-}$ e $Zn(CN)_4^{2-}$ as relações entre os componentes do banho são complexas.



o aumento na concentração do NaCN o sentido da reação é deslocado favorecendo a formação do tetra-ciano-zincato 26.

Vantagens

- O pré-tratamento sem exigências criteriosas;
- Tem alta tolerância a contaminantes;
- Alta uniformidade do depósito;
- Fácil controle operacional;

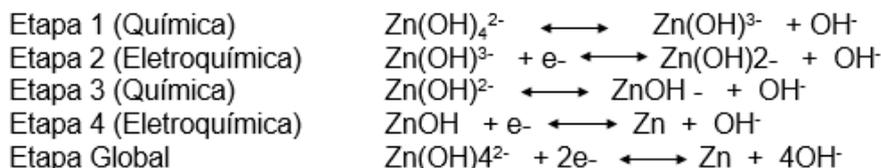
Desvantagens

- Baixa velocidade da eletrodeposição e alto consumo de energia;
- Grande emanção de gases tóxicos;
- Alto custo no tratamento de efluentes;
- Dificuldade em zincar aços temperados;

ELETRODEPOSIÇÃO

ZINCAGEM ALCALINA SEM CIANETO:

A reação da eletrodeposição ocorre quando o óxido de zinco em meio aquoso dissocia-se em íon Zn^{2+} , devido à influência do gerador externo de energia.



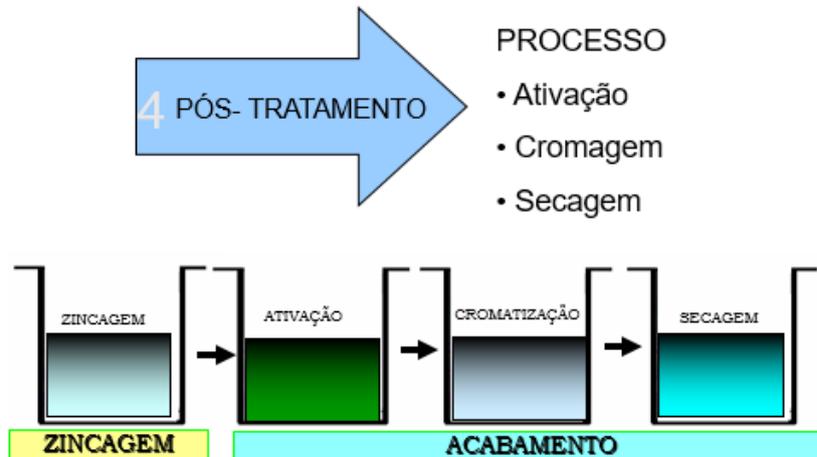
Vantagens

- Alta uniformidade;
- Totalmente livre de cianeto;
- Alto brilho no depósito;
- Fácil controle operacional;
- Custo baixo no tratamento de efluentes;
- Baixo custo dos produto;

Desvantagens

- Baixa tolerância a impurezas metálicas;
- Processo mais sensível: formação de bolhas e falta de brilho na região de baixa densidade de corrente;
- O hidróxido de sódio e o óxido de zinco devem ter maior grau de pureza;

ACABAMENTO FINAL OU PÓS-TRATAMENTO



Uma camada de zinco recém depositada está ativa, independente do banho em que ela foi obtida, assim, estará susceptível a corrosão branca. Dependendo do grau dessa oxidação, a camada pode apresentar manchas, desenvolver marcas de impressões digitais devido a manuseios, etc., sendo assim todo produto zincado recebe um pós-tratamento com a finalidade de retardar o início da corrosão do zinco, tendo-se um aumento do tempo de vida útil do revestimento.

ACABAMENTO FINAL OU PÓS-TRATAMENTO

ATIVAÇÃO:

Após a eletrodeposição do zinco a camada zincada apresenta coloração amarelada, para lhe conferir clareamento e maior brilho, as peças são imersas em banhos com ácido nítrico diluído (0,25-1% v/v). Tem a função de ativar o metal após o processo da eletrodeposição, preparando-o para o processo de cromatização. Reação com o zinco: $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$

CROMATIZAÇÃO:

Conferi a camada depositada um recobrimento final que melhore sua aparência e aumente a proteção contra a corrosão. Formadas a partir do ataque químico que ocorre quando a peça é imersa em solução composta por íons de cromo trivalente e/ou hexavalente gerados através do ácido crômico, bicromato de sódio, etc. Com o zinco o cromato forma uma película passivadora de cromato de zinco insolúvel, que retarda o surgimento da oxidação branca. Essas camadas passivadoras apresentam diferentes colorações. As camadas incolores são compostas por quantidades significativas de cromo trivalente, já as camadas de cor amarela e verde têm maior quantidade de cromo hexavalente. Reação: $Metal^0 + Cr^{6+} \rightarrow Metal_x^{y+}(CrO_4)_y^{x-} + Cr(OH)_3$

SECAGEM EM ESTUFA:

As peças devem secar na estufa (60~80°C), para que haja a cura da película

CONTROLE ANALÍTICO DO PROCESSO DE GALVANOPLASTIA

1- CONTROLE QUÍMICO

As análises químicas baseadas em métodos volumétricos, para determinação da concentração dos sais nas montagens dos banhos e no seu controle de rotina;



IMPORTÂNCIA DO LABORATÓRIO QUÍMICO:

- A correção das soluções;
- Manutenção preventiva das soluções;
- Correção rápida de problemas;
- Controle da matéria prima;
- Controle da qualidade do produto acabado;
- Treinamento do pessoal;
- Redução de custo com análise por terceiros.

CONTROLE ANALÍTICO DO PROCESSO DE GALVANOPLASTIA

2- CÉLULA DE HULL

Simulação da eletrólise ocorrida no processo de revestimento metálico. Utilizada para definição de reposição de ativos que conferem a camada depositada uniformidade, brilho e aderência, além de conferir ação de contaminantes no eletrólito.

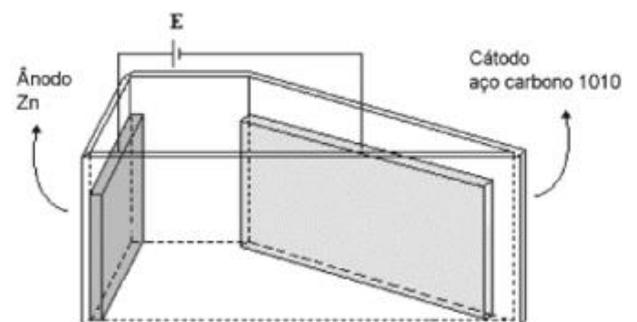


Figura 1. Diagrama esquemático da célula de Hull

CONTROLE ANALÍTICO DO PROCESSO DE GALVANOPLASTIA

3 - MEDIÇÃO DA CAMADA

A espessura da camada do depósito está relacionada com a resistência a corrosão, e tem como métodos de medição

MÉTODO MICROSCÓPICO

Especificação mínima = 8μ



MÉTODO MAGNÉTICO



CONTROLE ANALÍTICO DO PROCESSO DE GALVANOPLASTIA

4 - RESISTÊNCIA A CORROSÃO

Ensaio de exposição do produto acabado para verificar resistência à atmosferas corrosivas.

Teste de Névoa Salina – Salt Spray

a peça é colocada numa câmara fechada contendo vapores de uma solução de Cloreto de Sódio (Câmara de Salt-Spray), simulando uma atmosfera altamente agressiva. Deve manter-se em condições adequadas de temperatura e pressão.

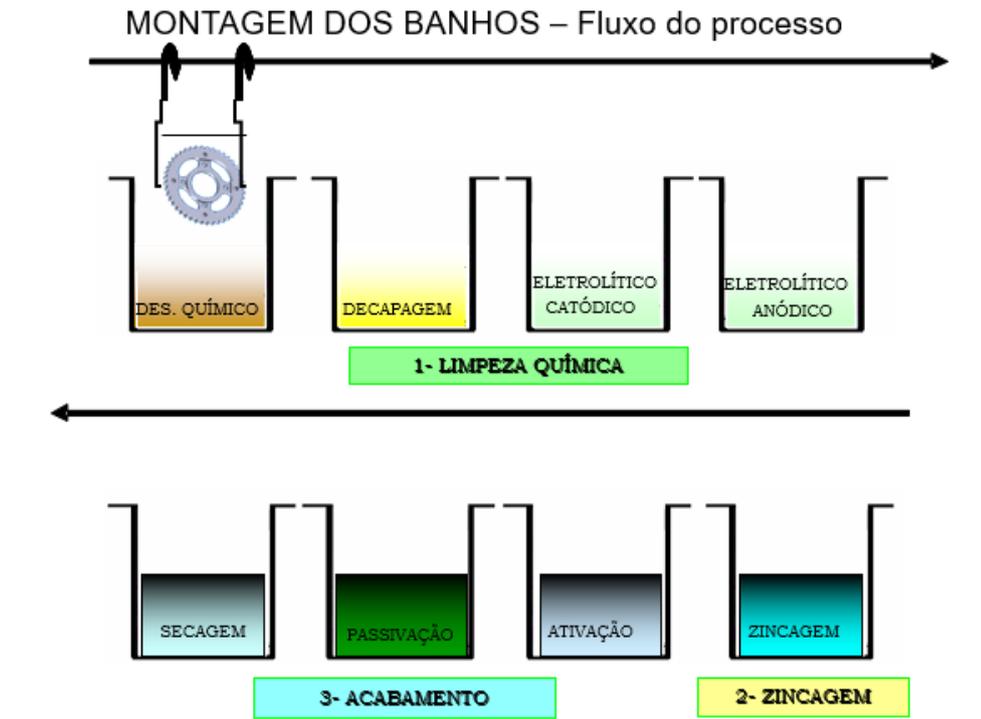


Condições:

1. Concentração do Cloreto de Sódio => 40~60 g/L
2. pH da névoa => 6,5~7,2
3. Temperatura Câmara => 33~36°C

Resultados:

Apresentar no máximo 5% de branca e preta (zinco e cromato) em até 48h. E até 96 h não apresentar oxidação vermelha.



APÊNDICE 4 - ENSAIOS PRÁTICOS DE CORROSÃO ELETROQUÍMICA UTILIZANDO AS NANOPARTÍCULAS DE PRATA COMO INIBIDORAS DE CORROSÃO

COMPORTAMENTO REACIONAL DE DIFERENTES METAIS EM DIFERENTES MEIOS CORROSIVOS E OS EFEITOS DA INIBIÇÃO DA CORROSÃO USANDO NANOPARTÍCULAS DE PRATA

1. INTRODUÇÃO

O processo corrosivo dar-se de várias formas, dentre as quais a mais representativas, resume-se ao meio químico e eletroquímico. De uma forma ou de outra, há algum tipo de deterioração do material, seja ele metálico ou não. Ao encontro desse contexto, é pertinente a realização de vários ensaios que ilustrem a percepção de como se apresenta as diversas possibilidades de corrosão (dependendo do meio corrosivo) do comportamento de diferentes superfícies ao ataque corrosivo. Além da avaliação do processo corrosivo e seus principais efeitos sobre a superfície, dar-se destaque para as nanopartículas de prata que são usadas como inibidores de corrosão e sua forma de obtenção é de maneira fácil. A realização das experiências utilizando nanopartículas de prata e comparando com os experimentos sem as mesmas gerarão um parâmetro de comparativo das ocorrências das reações eletroquímicas em função do tempo.

1. REAGENTES UTILIZADOS

- Solução de H_2SO_4 (na concentração que tiver disponível);
- Solução de $NaCl$ (na concentração que tiver disponível);
- Solução de HCl (na concentração que tiver);
- Solução de $NaOH$ (na concentração que tiver disponível);
- Solução de HNO_3 (na concentração que tiver disponível);
- Solução de ferricianeto de potássio - $K_3Fe(CN)_6$ (na concentração que tiver disponível);
- Solução de $CuSO_4$ (na concentração que tiver disponível);

- Solução alcóolica de fenolftaleína 1% m/v;
- Fita de Mg;
- Fio de Cu (material reaproveitado de fiação);
- Fonte de Fe (lã de aço e prego);
- Zinco (Placa e bastão – reaproveitado de calha);
- Sn P.A;
- Al (reproveitado de portão ou papel alumínio);
- Mo;
- Vita C sem zinco (BIO –C);
- Solução de nitrato de prata (AgNO_3) 0,0001 mol/L.

2. VIDRARIAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- Tubos de ensaios;
- Pipeta de pasteur (conta-gotas);
- Béqueres de 25 ou 50 mL (ou que tiver disponível);
- Béqueres de 100 mL (ou que tiver disponível);
- Béqueres de 250m (ou que tiver disponível);
- Proveta de 250mL (ou que tiver disponível);
- Proveta de 50mL ou 100 mL (ou que tiver disponível);
- Espátula metálica;
- Pinça de madeira;
- Chapa de aquecimento, bico de bunsen ou lamparina (o que tiver disponível);
- Cronômetro;
- Caneta de passagem de solidos;

Obs: Para algum experimento que precisar de aquecimento, deve-se usar apenas material de vidro disponível;

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL PREPARAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA

Toma e Gomes (2016) propôs um método método para sintetizar as nanopartículas de prata a partir de uso de ácido ascórbico e solução de nitrato de prata. O mesmo foi adaptado para assegurar que a prata não sofresse oxidação sendo ajustada a concentração da solução.

- a) Em béquer de 250 mL colocar cerca de 200 mL de água destilada e dissolver 1 comprimido efervescente de vitamina C (sem zinco) até completa dissolução;
- b) Levar ao aquecimento a solução de nitrato de prata (AgNO_3) 0,0001 mol/L. Deve-se garantir um leve aquecimento com o objetivo de dá celeridade à síntese;
- c) Em um tubo de ensaio, colocar cerca de 5 mL de solução de AgNO_3 0,0001 mol/L e vagarosamente colocar 5 gotas (medir com conta-gotas) da solução de vitacima C, fonte de ácido ascórbico que servirá como redutor da reação. Homogeinizar e aguardar por cerca de 1 a 2 minutos pela mudança de coloroção.

A coloração da solução que apresenta a formação da nanopartículas de prata é levemente amarelada. Para a comprovação da obtenção da nanopartículas projeta-se um feixe de laser proveniente de caneta passadora de slides. O feixe passará de forma linear transpassando na solução nanoparticulada. A concentração da solução de nitrato de prata foi ajustada para formar as nanopartículas. Em solucoes com concentrações maiores, a prata formada oxida resultando em coloração cinza da prata, ou seja, a oxidando.É extremenete importante adotar a concetração correta de solução de nitrato de nitrato de prata como o objetivo de não oxidar a prata (a cor fica escura) e isso é evidenciado a partir da coloração obtida ao realizar a síntese com vitamina C. Na figura abaixo, apresenta-se as nanopartículas de prata sintetizadas.

Nanopartículas de prata sintetizada.



Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020)

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL CORROSÃO ELETROQUÍMICA (procedimento em duplicata)

Recomendação geral: Para todos os experimentos realizar o procedimento em duplicata, onde no 1° tubo estará sem a solução de nanopartícula de prata prepara pelos grupos acima e 2° tubo deverá adicional 5 mL de solução de nanopartícula de prata. Após adição da nanopartícula de prata no 2° tubo anotar as observações e comparar o tempo de reação do 1° e do 2° tubo.

1° experimento

- Em 1 tubo de ensaio, colocar 3 mL de H_2SO_4 PA, em seguida, adicionar um fio de cobre. Deixar por 24 h – 48 h, Observar e anotar;
- Em 1 tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de H_2SO_4 (na mesma concentração do 2° experimento), em seguida, adicionar um fio de cobre. Deixar por 24 h – 48 h, Observar e anotar;

2° experimento

- Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de H_2SO_4 , em seguida, adicionar um pedaço de fitas de Mg - Cu. Deixar por 24 h . Observar e anotar;

3° experimento

- Em tubo de ensaio, colocar 5 mL de solução de $CuSO_4$, em seguida, adicionar um pequeno pedaço de fonte de ferro (lã de aço). Observar e anotar – cerca de 30 minutos e observação;

4° experimento

- Em béquer de 100 mL, colocar 30 mL de solução aquosa de NaCl, 1 mL de solução aquosa alcóolica a 1% de fenolftaleína e 1 mL de solução aquosa de ferricianeto de potássio. Ligar usando um fio de cobre, **os eletrodos de prego (fonte de ferro) e fio de cobre**, em seguida imergir na solução acima. Acompanhar por aproximadamente 25 minutos o que ocorre (a cada 5 minutos observar a evolução), anotar.

- Em béquer de 100 mL, colocar 30 mL de solução aquosa de NaCl, 1 mL de solução aquosa alcóolica a 1% de fenolftaleína e 1 mL de solução de ferricianeto de potássio. Ligar usando um fio de cobre, **os eletrodos de prego (fonte de ferro) e zinco**, em seguida imergir na solução acima. Acompanhar por aproximadamente 25 minutos o que ocorre (a cada 5 minutos observar a evolução), anotar.

5° experimento

- Em béquer de capacidade adequada, colocar 60 mL de solução aquosa de H₂SO₄, mergulhar parcialmente, nessa solução um bastão de zinco, P.A (alta pureza) e fio de cobre (de forma, que visualmente, ambos fiquem numa distância que possam ficar separados. Observar e anotar.

6° experimento

a) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HCl, em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Sn P.A.** Observar e anotar;

b) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HCl, em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Al.** Observar e anotar;

c) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HCl, em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Mo.** Observar e anotar;

d) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HCl, em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Sb.** Observar e anotar;

e) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HCl, em seguida, colocar um pequeno pedaço de **Fe** (fonte: lâ de aço). Observar e anotar. Em seguida, aquecer em banho maria (após ebulição da água- deixar por 05 minutos, anotar.

- f) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HCl, em seguida, colocar um pequeno pedaço de **fio de Cu** . Observar e anotar. . Em seguida, aquecer em banho maria (após ebulição da água- deixar por 05 minutos, anotar.
- g) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HNO₃, em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Sn P.A.** Observar e anotar;
- h) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HNO₃ , em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Al**. Pode também ser colocado o pael de alumínio no lugar do reagente. Nesse caso um pequeno pedaço. Observar e anotar;
- i) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HNO₃, em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Mo**. Observar e anotar;
- j) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HNO₃, em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Sb**. Observar e anotar;
- k) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HNO₃, em seguida, colocar um pequeno pedaço de **Fe** (fonte: lâ de aço). Observar e anotar. Em seguida, aquecer em banho maria (após ebulição da água- deixar por 05 minutos, anotar.
- l) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de HNO₃ n, em seguida, colocar um pequeno pedaço de **fio de Cu** . Observar e anotar. . Em seguida, aquecer em banho maria (após ebulição da água- deixar por 05 minutos, anotar.
- m)** Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de NaOH , em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Sn P.A.** Observar e anotar;]
- n) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de NaOH , em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Al**. Observar e anotar;
- o) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de NaOH, em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Mo**. Observar e anotar;
- p) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de NaOH , em seguida, colocar (usando uma pequena espátula) cerca 1/10 de **Sb**. Observar e anotar;

q) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de NaOH, em seguida, colocar um pequeno pedaço de **Fe** (fonte: lâ de aço). Observar e anotar. Em seguida, aquecer em banho maria (após ebulição da água- deixar por 05 minutos, anotar.

r) Em tubo de ensaio, colocar 3 mL de solução de NaOH, em seguida, colocar um pequeno pedaço de **Fio de Cu**. Observar e anotar. Em seguida, aquecer em banho maria (após ebulição da água- deixar por 05 minutos, anotar.



APÊNDICE 5- FICHA DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Universidade Federal Rural De Pernambuco Mestrado Profissional em Química

PRODUTO EDUCACIONAL: Sequência Didática sobre o Estudo de Corrosão Eletroquímica Proposta para o Ensino Técnico em Química

Recomendação: Após a leitura do produto educacional sob o título: “Sequência Didática sobre o Estudo de Corrosão Eletroquímica Proposta para o Ensino Técnico em Química”, responda o questionário abaixo. A proposta tem 4 momentos que se complementam em objetivo direcionador que é facilitar o processo de ensino em corrosão no curso técnico em química. O público-alvo previsto: alunos do 3º modulo técnico em química.

DADOS DO PROFESSOR

- a) Formação acadêmica (graduação): _____
- b) Formação acadêmica pós-graduação: _____
- c) Tempo de experiência de ensino: _____
- d) Instituição de ensino que leciona ou lecionou: () Federal () Estadual () Municipal () pública
() particular

Comentários relevantes:

Questionário – Validação do Produto Educacional

Q.1) A problematização da sequência didática é visualizada em algum momento específico? Os argumentos acerca dessa problematização são elencados na sequência didática?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.2) Os conteúdos apresentados na sequência didática são dependentes dos momentos apresentados?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.3) O professor instiga o envolvimento e a participação dos alunos nos momentos apresentados?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.4) As metodologias de ensino apresentadas na sequência didática favorecem situação de aprendizagem?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.5) Tomando como base que sequência didática promove as ações e operações da prática docente em sala de aula e que parte de um planejamento articulado entre as atividades propostas, os objetivos de aprendizagem e o contexto em que o aluno está inserido, na sua avaliação, **o produto proposto no ensino de corrosão é adequado para replicação nas suas aulas?**

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q. 6) A avaliação diagnóstica proposta no 1º momento, há presente alguma pergunta que chamou mais a sua atenção para que facilite o processo de ensino e aprendizagem na perspectiva do ensino da corrosão?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q. 7) As imagens e a situação problema apresentadas na sequência didática são condizentes com o momento proposto (1°)?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.8) As aulas expositivas e dialogadas apresentadas no 2° momento estão condizentes com a metodologia didática apresentada? Caso esse momento fosse invertido com as aulas práticas experimentais (4° momento), na sua opinião teria mais sentido? **Obs:** Há nos apêndices, o material de apoio didático proposto para todos os momentos da sequência didática.

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.9) Há evidências sobre elementos que instiguem a participação ativa dos alunos em todos os momentos propostos?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.10) Há evidências sobre a correlação e interdependência de todos os momentos apresentados na sequência didática?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.11) Os questionários propostos instigam os alunos à busca pela reflexão e hipóteses?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.12) A atividade de campo proposta (momento 3) requer que o aluno inter-relacione as etapas anteriores para análise e resposta?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.13) As atividades experimentais apresentadas no momento 4 são relevantes do

ponto de vista consolidação científica sobre corrosão eletroquímica versus nanotecnologia?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.14) As avaliações propostas através dos questionários, situação problema e aulas experimentais estão condizentes com o objetivo geral e específicos da sequência didática?

Sim

Não

Se sim ou se não, por quê?

Q.15) Como a sequência didática apresentada pode contribuir para a prática docente?

Obrigada por sua participação! A pesquisa é a canalização pela busca por soluções eficazes e alicerçadas.

APÊNDICE 6 – FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA)

| PERGUNTAS | RESPOSTA |
|---|----------|
| O que você já ouviu falar sobre corrosão? | |
| Corrosão é bom ou ruim para você e para a Sociedade? | |
| Na sua percepção, qual a relação da Química com a corrosão? | |
| Olhando para as imagens apresentadas, remete a alguma coisa? | |
| Por que o portão de nossa casa quando não está pintado, enferruja? Quimicamente o que está ocorrendo? | |
| Você já ouviu falar em baterias? Se sim, alguma relação com corrosão | |
| A lâ de aço “enferruja” mais rápido quando está em contato com água ou não? Qual a relação da água com a corrosão na sua opinião? | |
| Uma geladeira do mesmo lote e mesmo tipo foi comprada na mesma loja no mesmo dia por pessoas diferentes. Uma pessoa que mora em Jardim Paulista Alto e a outra em Itamaracá, beira da praia. Pergunta-se: qual o local que a geladeira ficará mais conservada com o tempo? Por que isso ocorre na sua percepção? Explique | |
| O que diferencia uma superfície com corrosão e sem corrosão? Explique. | |
| Há relação entre corrosão e oxidação? Explique. | |

APÊNDICE 7 – FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (SITUAÇÃO PROBLEMA)

| SITUAÇÃO PROBLEMA | PONTOS LEVANTADOS |
|---|--------------------------|
| <p>Uma empresa em Pernambuco situada na Zona Rural de Igarassu produtora de gás cloro, soda cáustica, hipoclorito de sódio e outros insumos para diversos segmentos, periodicamente, no máximo a cada um mês tem que fazer as revisões de suas tubulações e no máximo a cada dois meses tem que refazer a pintura altamente desgastada com a fabricação dos produtos citados. Pergunta-se: Qual o principal motivo na sua opinião que leva a necessidade de revisão e pintura das tubulações? Há alguma relação com a corrosão? Explique.</p> | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

APÊNDICE 8 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (PERGUNTAS DA SITUAÇÃO PROBLEMA)

| PERGUNTAS | RESPOSTA |
|---|----------|
| <p>Qual a relação entre a corrosão existente nas máquinas, equipamentos e tubulações com a produção de soda cáustica, gás cloro e hipoclorito de sódio? Explique.</p> | |
| <p>Por que as revisões e pinturas nesse segmento produtivo recomenda-se ser periodicamente?</p> | |
| <p>Na sua percepção, é possível não desenvolver corrosão em segmento industrial de produção de soda cáustica, gás cloro e hipoclorito de sódio? Explique.</p> | |
| <p>Qual a relação entre pintura e a corrosão?</p> | |
| <p>Na sua opinião, o fato da empresa ser localizada na zona rural de Igarassu contribui no desenvolvimento de corrosão? Explique.</p> | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

APÊNDICE 9 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 2º MOMENTO DA SEQUÊNCIA - Questionário para verificação da fundamentação teórica apresentada no contexto da situação de aprendizagem

| PERGUNTAS | RESPOSTA |
|--|----------|
| <p>Q.1 A corrosão química e eletroquímica são decisivas para o desenvolvimento de processos industriais no segmento de metalurgia e na produção de baterias de carro, por exemplo. O estudo de corrosão é fundamental para a promoção de prevenção de desgastes de várias superfícies e o entendimento da fundamentação básica inserida nesta é fundamental. Nesse contexto, comente sobre a relação do potencial de redução padrão dos metais com o desenvolvimento ou não da corrosão. Explique a diferença entre ânodo e cátodo, agente redutor e oxidante.</p> | |
| <p>Q.2 A corrosão muitas vezes é vista como algo prejudicial e que basicamente vem em mente “a ferrugem”. Ao contrário dessa falsa impressão, a corrosão é responsável por impactos positivos decisivos para a economia e principalmente pelos efeitos benéficos que a corrosão proporciona protegendo inúmeras superfícies através de tecnologias aplicáveis. Explique o porquê o aço inox pode sofrer corrosão e comente quais as principais possibilidades de tratamento e inibição de corrosão.</p> | |
| <p>Q.3 A corrosão além de servir na sua grande maioria como superfícies de tratamento, é também responsável por produzir insumos e produtos em diversos segmentos industriais. Dê exemplos e explique o princípio básico da fundamentação da corrosão inserida no exemplo dado por você. Observação: considere se é um exemplo que usa o princípio da corrosão química ou eletroquímica.</p> | |
| <p>Q.4 Identificar o tipo de corrosão é uma etapa decisiva para caracterizar o meio, estabelecer os mecanismos de controle e de tratamento. De acordo com o exposto e considerando a figura abaixo, qual é tipo de corrosão apresentada e quais os procedimentos indicados para reduzir esse tipo de corrosão?</p> <div style="text-align: center;">  </div> | |
| <p>Q.5 Entender esquematicamente a representação de uma pilha é muito importante os participantes desse processo.</p> | |

| | |
|---|--|
| <p>Considerando a reação</p> $\text{Cr}^{\circ} + \text{Ag}^{+} \longrightarrow \text{Cr}^{+3} + \text{Ag}^{\circ}$ <p>Dados o potencial de redução padrão: (Cr = - 0,74 V, Ag= 0,80 V). Desenhe esquematicamente a pilha e responda ao que se pede:</p> <p>Semi-reações parciais</p> <p>Reação global</p> <p>Cátodo</p> <p>Ânodo</p> <p>Quem sofre redução</p> <p>Quem sofre redução</p> <p>Quem é o agente oxidante</p> <p>Quem é o agente redutor</p> | |
| <p>Q.6 O meio corrosivo é determinante para o desenvolvimento da corrosão podendo dá celeridade à mesma, a depender de suas características. Nesse contexto, conhecer os principais meios corrosivos responsáveis por causarem corrosão é essencial para a sua prevenção. Nesse contexto, comente e explique os principais meios corrosivos e qual a sua interferência no desenvolvimento de corrosão em diferentes superfícies. Relacione formas de prevenção de corrosão.</p> | |
| <p>Q.7 A prevenção da corrosão é indispensável para evitar problemas, principalmente em processos industriais, pois além de reduzir custo, oferta uma estabilidade de processo necessária para seu melhor rendimento do ponto de vista operacional. Nesse perfil, conhecer como a corrosão pode ocorrer é o caminho para a sua prevenção, pois uma vez apresentada, a corrosão gera riscos e um aumento significativo de custo para seu possível reparo, quando possível, pois muitas vezes, a peça tem que ser substituída pelo grau de desgaste apresentado. Comente sobre os principais requisitos para haver corrosão e a melhor forma de minimizar os efeitos da corrosão no</p> | |

| | |
|---|--|
| contexto apresentado. | |
| <p>Q.8 Avaliar as condições inerentes e os fatores que podem interferir no desenvolvimento da corrosão são indispensáveis para estabelecer o possível tratamento. De acordo com a informação apresentada e considerando que dois equipamentos iguais estão instalados em duas empresas diferentes e que os equipamentos produzem o mesmo material. Observou-se nessa condição, desgaste completamente diferente destes equipamentos. Considere também que as manutenções foram as mesmas nas empresas. Faça uma análise das causas na diferença de desgaste apresentado.</p> | |
| <p>Q.9 A corrosão pode se apresentar de diferentes formas e a depender do meio corrosivo, pode resultar em uma maior aceleração da degradação da superfície. Conhecer as causas do processo corrosivo é importante porque ajuda a estabelecer a melhor forma de tratamento e prevenção. Considerando que você é o técnico responsável pela inspeção de chapas de alumínio em uma empresa que está localizada em Suape, Pernambuco, próximo de praia, onde frequentemente há um desgaste visualizado nas chapas, em especial as que ficam expostas por muito tempo. A quem você atribui esse desgaste? O que pode ser feito na sua opinião para minimizar os efeitos?</p> | |
| <p>Q.10 Você é um Técnico em Química que está participando de uma seleção para compor o quadro de Analista de Processos de uma renomada empresa que tem seu portfolio em GALVANIZAÇÃO E GALVANOPLASTIA . De acordo com o apresentado e considerando que a empresa contratante pede uma avaliação técnica sua sobre a seguinte situação abaixo: Para otimizar o custo de processo, o supervisor de produção ordenou que fosse passada a etapa de desengraxe da superfície. E para ganhar tempo, propôs que a concentração dos banhos não fosse verificada por hora, assim como “liberou” o controle de verificação da espessura da galvanização aplicada.</p> <p>Pede-se: Sua avaliação técnica sobre a seguinte situação e o que você faria numa situação como essa? Argumente e explique detalhadamente todas as suas respostas.</p> | |

APÊNDICE 10 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 3º MOMENTO DA SEQUÊNCIA

| FOTOS/VÍDEOS | LEVANTAMENTO/DISCUSSÃO |
|--------------|------------------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

APÊNDICE 11 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (EXPERIMENTOS ELETROQUÍMICOS)

| EXPERIMENTOS | LEVANTAMENTO/ DISCUSSÃO SEM AS NANOPARTÍCULAS DE PRATA | LEVANTAMENTO/DISCUSSÃO COM AS NANOPARTÍCULAS DE PRATA |
|--------------|--|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

APÊNDICE 12 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 4º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (PERGUNTAS DOS EXPERIMENTOS ELETROQUÍMICOS)

| QUESTÕES DAS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS | RESPOSTAS |
|--|-----------|
| <p>Questões da aula prática</p> <p>1º) Apresente para todos os experimentos, as reações eletroquímicas envolvidas. Na resposta, deve-se ter as reações parciais e a total, especificando a reação de ânodo e do cátodo.</p> <p>2º) A quem se deve o diferente comportamento das reações observadas? Justifique sua resposta.</p> <p>3º) Qual a razão para se usar em determinados experimentos, um metal envolvido em outro?</p> <p>4º) Por que no 5º experimento o zinco sofreu um leve ataque, enquanto o cobre permaneceu praticamente inalterado? Justifique sua resposta.</p> <p>5º) Comparando os tempos de reação eletroquímica (quando visualizado), qual o papel das nanopartículas de prata? Justifique sua resposta.</p> <p>RESPOSTAS</p> | |

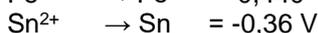
Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

ANEXO I – EXERCÍCIO PROPOSTO PARA O 2º MOMENTO

1º) As latas de conservas são fabricadas com lâminas de ferro revestidas com estanho e apresentando, no seu interior, uma película de verniz protetor inerte. Um determinado produto com pH = 2 foi embalado, a vácuo, numa dessas latas. No transporte, a lata foi amassada, ocorrendo fratura nos revestimentos de verniz e de estanho, deixando o ferro em contato direto com o produto.

a) que metal tende a sofrer corrosão? Justifique sua resposta apresentando as semi-reações e reação global. Fale sobre consequências do meio corrosivo que visualiza nessa situação.

Dados os potenciais de redução



2º) Dois equipamentos iguais que funcionam com duas placas deslizantes estão instalados em duas empresas diferentes produzindo o mesmo tipo de material. As taxas de desgaste dessas placas foram completamente diferentes nesses locais. Considerando que as manutenções foram exatamente as mesmas nessas duas empresas, discutir as razões para tal diferença.

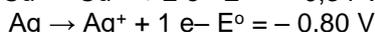
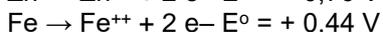
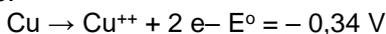
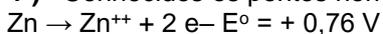
3º) Alguns trocadores de calor utilizam tubos de alumínio por meio dos quais passa a água utilizada para a refrigeração. Em algumas indústrias, essa água pode conter sais de cobre. Sabendo que o potencial padrão de redução para o alumínio (Al^{3+} para Al^0) é de $-1,66 \text{ V}$ e, para o cobre (Cu^{2+} para Cu^0), é de $+0,34 \text{ V}$, julgue os itens a seguir.

() A água contendo sais de cobre acarretará a corrosão da tubulação de alumínio do trocador de calor.

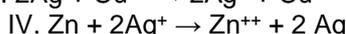
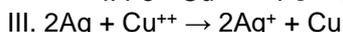
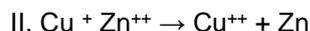
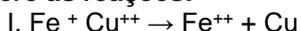
() Na pilha eletroquímica formada, o cobre é o agente redutor.

() Se a tubulação do trocador fosse feita de cobre, e a água de refrigeração contivesse sais de alumínio, não haveria formação de pilha eletroquímica entre essas espécies metálicas.

4º) Conhecidos os pontos normais de oxidação:



considere as reações:



Dessas reações, na construção de pilhas, são utilizadas:

a) I e II

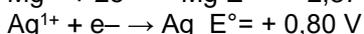
b) II e III

c) II e IV

d) I e IV

e) III e IV

5º) Considere uma pilha de prata/magnésio e as semi-reações representadas abaixo, com seus respectivos potenciais de redução.



O oxidante, o redutor e a diferença de potencial da pilha estão indicados. respectivamente, em:

a) Mg, Ag^+ , + 3,17

d) Mg^{2+} , Ag, - 3,17

b) Mg, Ag^+ , + 3,97

e) Ag^+ , Mg, + 3,17

c) Ag^+ , Mg, + 1,57

6º) Numa célula eletroquímica a solução tem que ser um eletrólito, mas os eletrodos não precisam estar em contato elétrico? Explique.

7º) Pode-se afirmar que um dos motivos para se estudar a corrosão é o prejuízo que este processo de deterioração impõe a sociedade nas mais variadas aplicações dos metais?

8º) Para que o processo corrosivo seja possível é necessário que além do contato do metal com um meio corrosivo, exista uma diferença de potencial suficiente para provocar a movimentação das cargas elétricas presentes? Explique.

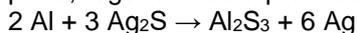
9º) A bateria de óxido de prata é um dispositivo usado, atualmente, em relógios de pulso e calculadoras. Ela tem a vantagem de gerar uma voltagem relativamente alta, em torno de 1,5 V. A

reação geral que ocorre na célula é dada pela equação: $\text{Zn(s)} + \text{Ag}_2\text{O(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Zn(OH)}_2\text{(s)} + 2\text{Ag(s)}$ De acordo com a equação dada, sobre o anodo da pilha, é INCORRETO afirmar que

- a) o hidróxido de zinco é formado no anodo.
 b) o eletrodo é constituído de zinco metálico.
 c) a prata metálica é depositada nesse eletrodo. d) os elétrons são transferidos para o óxido de prata.

10º) Qual a diferença existente entre corrosão química e corrosão eletroquímica ?

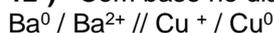
11º) Com o passar do tempo, objetos de prata geralmente adquirem manchas escuras que são películas de sulfeto de prata (Ag_2S) formadas na reação da prata com compostos que contém enxofre encontrados em vários alimentos. Um dos processos para limpar o objeto escurecido consiste em colocá-lo em um recipiente de alumínio contendo água e detergente e aquecer até a fervura. O detergente retira a gordura do objeto facilitando a reação do alumínio da panela com o sulfeto de prata, regenerando a prata com seu brilho característico.



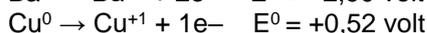
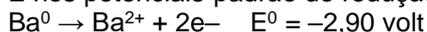
Sobre o assunto relativo ao texto acima, escreva V para as afirmativas verdadeiras ou F para as afirmativas falsas.

- () A prata ao adquirir manchas escuras sofre oxidação.
 () Na reação entre alumínio e o sulfeto de prata, o alumínio é o ânodo do processo.
 () A prata possui maior potencial de oxidação do que o alumínio.

12º) Com base no diagrama da pilha:



E nos potenciais-padrão de redução das semi-reações:



Qual a diferença de potencial da pilha?

13º) A corrosão eletroquímica opera como uma pilha. Ocorre uma transferência de elétrons quando dois metais de diferentes potenciais são colocados em contato. O zinco ligado à tubulação de ferro, estando a tubulação enterrada – pode-se, de acordo com os potenciais de eletrodo –, verificar que o anodo é o zinco, que logo sofre corrosão, enquanto o ferro, que funciona como cátodo, fica protegido.

Dados: potenciais-padrão de redução em solução aquosa:

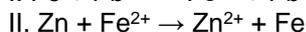
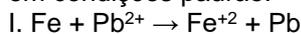
Temperatura = 25°C; pressão = 1 atm; concentração da solução no eletrodo = 1,0 M

Semi reação ΔE^0 (volt)



Calcule a ddp da mesma:

14º) I e II são equações de reações que ocorrem em água, espontaneamente, no sentido indicado, em condições padrão.



Analisando tais reações, isoladamente ou em conjunto, pode-se afirmar que, em condições padrão,

- a) elétrons são transferidos do Pb^{2+} para o Fe.
 b) reação espontânea deve ocorrer entre Pb e Zn^{2+} .
 c) Zn^{2+} deve ser melhor oxidante do que Fe^{2+} .
 d) Zn deve reduzir espontaneamente Pb^{2+} a Pb.
 e) Zn^{2+} deve ser melhor oxidante do que Pb^{2+} .

15º) Os potenciais-padrão dos eletrodos de cobre e de prata são dados abaixo:



A respeito julgue as afirmações.

- () A semi-reação de redução na célula eletroquímica resultante da combinação desses dois eletrodos será $\text{Cu}^{+2} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$.

() A reação e a voltagem da célula eletroquímica serão $2\text{Ag}^+ + \text{Cu(s)} \rightarrow 2\text{Ag(s)} + \text{Cu}^{2+}$
 $\Delta E^0 = 0,46 \text{ V}$.

() Se um fio de cobre for mergulhado numa solução de nitrato de prata, inicialmente incolor, esta ficará azulada e haverá deposição de prata metálica sobre o fio.

16º) Considerando a pilha $\text{Mg}^0 / \text{Mg}^{2+} / \text{Fe}^{2+} / \text{Fe}^0$ e sabendo que o magnésio cede elétrons espontaneamente para os íons Fe^{2+} , é correto afirmar que:

- a) o Mg^0 é o oxidante.
- b) o Fe^{2+} se oxida.
- c) o Fe^0 é o anodo.
- d) a solução de Mg^{2+} se diluirá.
- e) o eletrodo positivo ou catodo terá a sua massa aumentada.

17º) O que é corrosão intergranular?

18º) Em uma fábrica foi feita uma tubulação de ferro contendo juntas (ligação entre tubos de ferro) feitas de cobre. Nessa tubulação passa uma solução aquosa. Esta empresa está sofrendo de problemas de corrosão na tubulação. Imagine que você foi chamado para resolver o problema. Faça então um relatório para o dono da empresa explicando porque está ocorrendo corrosão, quais as partes da tubulação mais afetadas e uma solução para o problema. Explique a operação de cada processo.

19º) Qual é a diferença entre proteção anódica ou proteção catódica contra a corrosão?

20º) Tem-se uma chapa de ferro ou aço revestido de estanho. Porque o estanho fornece proteção somente se a superfície do metal estiver completamente revestida ?

21º) Por que um acúmulo de ferrugem ou crostas de óxidos provoca uma corrosão por pite numa placa de ferro ou de outro metal? Dê as reações catódica e anódica do processo de corrosão numa placa de ferro.

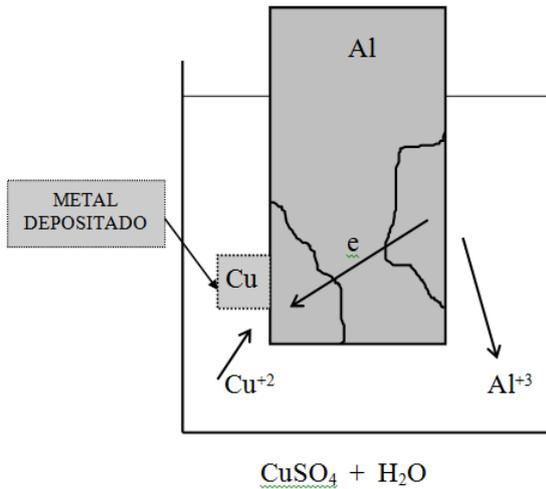
22º) O que é passivação ? Porque metais passivados são sujeitos à corrosão quando riscados ?

23º) O que é corrosão gráfica ?

24º) O que é dezincificação ?

25º) O porquê do acúmulo de ferrugem ou crostas de óxidos provoca uma corrosão por pite numa placa de ferro ou de outro metal? Dê as reação catódica e anódica do processo de corrosão numa placa de ferro.

26º) Em um processo de corrosão interna da chaparia em alumínio de um tanque de armazenamento de sulfato de cobre (representado no esquema abaixo). Responda as questões que seguem:



- Identifique qual será o meio corrosivo? Justifique sua resposta.
- Apresente a reação catódica.
- Apresente a reação anódica
- Explique a figura apresentada.

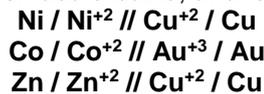
27º) O que é corrosão e suas consequências?

28º) Explique sobre a instabilidade termodinâmica dos metais.

29º) Explique resumidamente sobre:

- Corrosão uniforme, Corrosão por placas, Corrosão por pites, Corrosão erosão, Corrosão por frestas e Corrosão galvânica

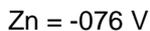
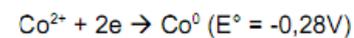
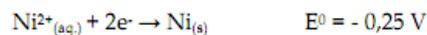
30) Considere a pilha galvânica representada a baixo, através da tabela de potencial de redução:



Calcule a ddp da seguinte pilha



Dados



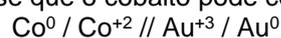
31º) Considere a pilha galvânica representada a baixo:



Calcule:

- Quais as semi-reações e a global?
- Quem é o catodo e o anodo?
- Quem se oxida e se reduz?
- Qual o sentido dos elétrons pelo fio condutor?
- Qual o sentido dos íons pelo circuito interno?
- Qual solução irá se diluir e se concentrar?

32º) Sabendo-se que o cobalto pode ceder elétrons espontaneamente para o íon Au^{3+} , pede-se:

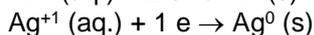
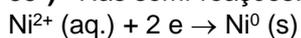


Calcule:

1. Quais as semi-reações e a global?
2. Quem é o cátodo e o anodo?
3. Quem se oxida e se reduz?
4. Qual o sentido dos elétrons pelo fio condutor?
5. Qual o sentido dos íons pelo circuito interno?

Qual solução irá se diluir e se concentrar

33º) Nas semi-reações:



A ddp da pilha, o cátodo e o ânodo são, respectivamente:

Dados: $E^{\circ}_{\text{red. Ag}} = + 0,80\text{V}$; $E^{\circ}_{\text{red. Ni}} = - 0,24\text{V}$ (a 25°C e 1 atm.)

- a) + 1,04 V, prata, níquel.
- b) + 1,04 V, níquel, prata.
- c) - 0,56 V, prata, níquel.
- d) - 1,04 V, níquel, prata.
- e) + 0,56 V, prata, níquel

34º) Quais são os tipos de revestimento que servem para minimizar o processo de corrosão?

Fontes:

<https://www.politecnicos.com.br/disciplinas/pmt3100-fundamentos-de-ciencia-e-engenharia-dos-materiais-poli-usp/pdf/l10.pdf>. Acesso: 28/02/2020

http://sotaodaquimica.com.br/wa_files/45_20Eletrou_C3_ADmica_203_20-20Pilhas.pdf. Acesso: 28/02/2020

http://professorh9.dominiotemporario.com/doc/Resolucao_dos_Exercicios_sobre_Pilhas_-_3bimestre_-_2series.pdf. Acesso: 28/02/2020