



**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.

SUMÁRIO

1	CONTEXTO.....	3
2	SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	5
2.1	Resumo da sequência didática.....	6
2.2	Descrição dos momentos da sequência didática.....	8
2.2.1	1º momento da sequência.....	8
2.2.2	2º momento da sequência.....	10
2.2.3	3º momento sequência.....	15
2.2.4	4º momento da sequência.....	16
	REFERÊNCIAS.....	20
	APÊNDICE 1 – AULA EXPOSITIVA E DIALOGADA SOBRE FUNDAMENTOS ESSENCIAIS DA CORROSÃO, TIPOS E TRATAMENTOS.....	21
	APÊNDICE 2 - AULA EXPOSITIVA E DIALOGADA SOBRE GALVANOPLASTIA E GALVANIZAÇÃO.....	32
	APÊNDICE 3 - ENSAIOS PRÁTICOS DE CORROSÃO ELETROQUÍMICA UTILIZANDO AS NANOPARTÍCULAS DE PRATA COMO INIBIDORAS DE CORROSÃO.....	43
	APÊNDICE 4 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA).....	49
	APÊNDICE 5 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (SITUAÇÃO PROBLEMA).....	50
	APÊNDICE 6 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (PERGUNTAS DA SITUAÇÃO PROBLEMA).....	51
	APÊNDICE 7 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 2º MOMENTO DA SEQUÊNCIA – QUESTIONÁRIO PARA VERIFICAÇÃO DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA APRESENTADA NO CONTEXTO DA SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM.....	52
	APÊNDICE 8 - FORMULÁRIOS DE RESPOSTA PARA O 3º MOMENTO DA SEQUÊNCIA.....	55
	APÊNDICE 9 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 4º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (EXPERIMENTOS ELETROQUÍMICOS).....	56
	APÊNDICE 10 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 4º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (PERGUNTAS DOS EXPERIMENTOS	57

ELETROQUÍMICOS).....	
ANEXO I - EXERCÍCIO PROPOSTO PARA O 2º MOMENTO.....	58

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 potenciais 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 debatida 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.

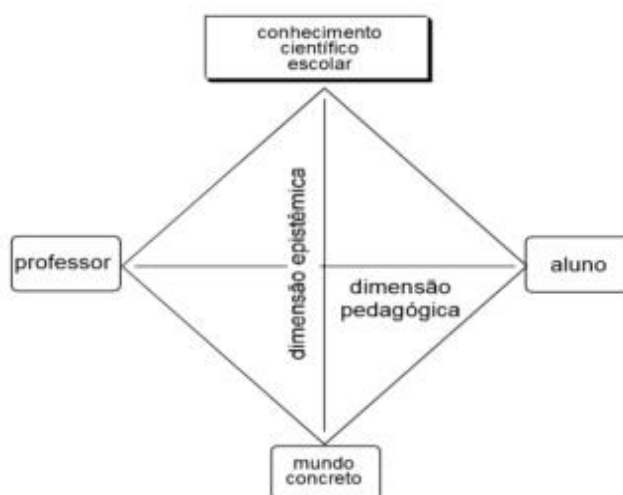
Diante disso apresenta-se uma proposta didática constituída de quatro momentos interligados entre si.

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
1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (1º dia de aula) – cada dia de aula tem 4 h	- 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)
2º MOMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (2 ° dia até o 6º dia de aula 19 h)	- 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)
3º 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.
4º MOMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (8 °de aula até o 10º - 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 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 (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

2.2 DESCRIÇÃO DOS MOMENTOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

2.2.1 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 correspondentes ao questionário 1. O tempo previsto para essa etapa é de 60 minutos.

Questionário para sondagem do conhecimento prévio dos alunos.

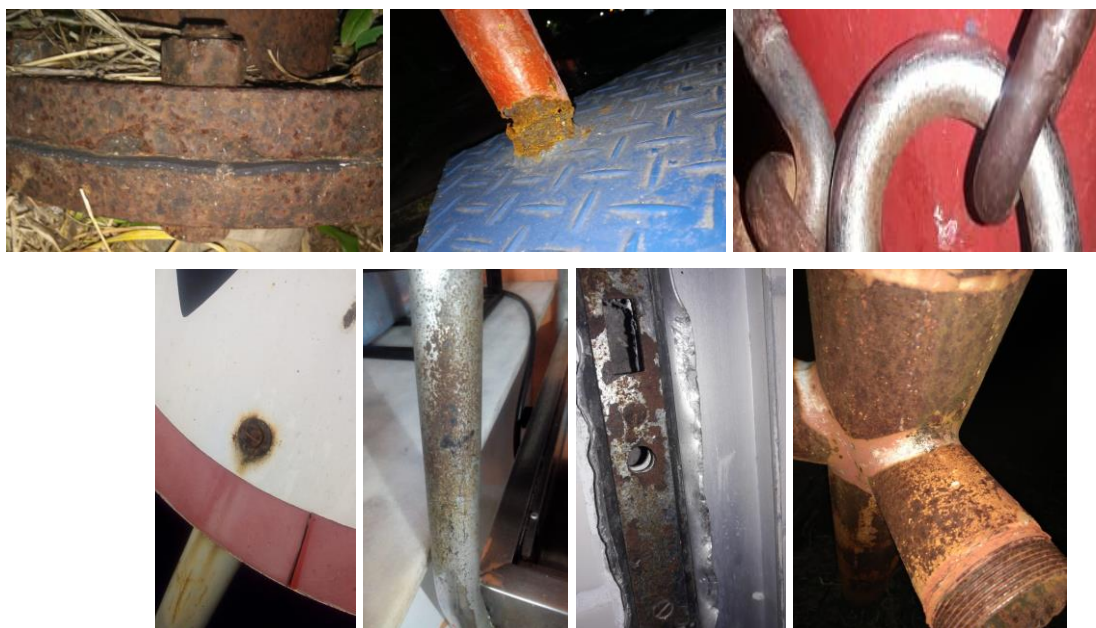
QUESTIONÁRIO 1
1. O que você já ouviu falar sobre corrosão?
2. Corrosão é bom ou ruim para você e para a Sociedade?
3. Na sua percepção qual a relação da Química com a corrosão?
4. Olhando para as imagens apresentadas, remete a alguma coisa?
5. Por que o portão de nossa casa quando não está pintado, 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 levantamento 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 desgasta 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).

2.2.2 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 1 e 2 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
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.
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 potegendo 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.

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 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).

2.2.3 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.

2.2.4 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 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.

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 3, 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 béquero 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 dar 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 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 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 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 1º tubo estará sem a solução de nanopartícula de prata preparada pelos grupos acima e no 2º tubo deverá adicionar 5 mL de solução de nanopartícula de prata. Após adição da nanopartícula de prata no 2º tubo anotar as observações e comparar o tempo de reação do 1º com o 2º tubo.

Questionário das atividades práticas experimentais.

QUESTIONÁRIO 4
Questões da aula prática 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. 2º) A quem se deve o diferente comportamento das reações observadas ? Justifique sua resposta. 3º) Qual a razão para se usar em determinados experimentos, um metal envolvido em outro? 4º) Por que no 5º experimento o zinco sofreu um leve ataque, enquanto o cobre permaneceu praticamente inalterado? Justifique sua resposta. 5º) Comparando os tempos de reação eletroquímica (quando visualizado), qual o papel das nanopartículas de prata? Justifique sua resposta.

Fonte: Produzida a partir da pesquisa (2020).

Nota de observação:

Os formulários para auxílio na coleta das respostas dos estudantes, se encontram nos apêndices (4 à 10) 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 1 - 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?



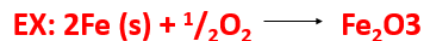
CORROSÃO

- 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.

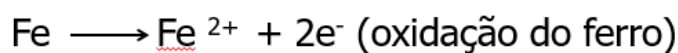
Ex: soluções salinas e água do mar.

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

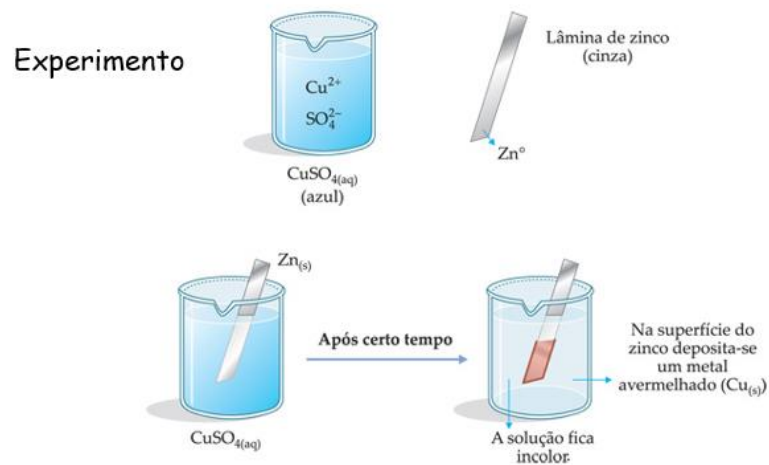
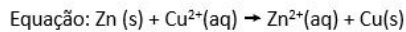
DEFINIÇÕES NA ELETROQUÍMICA

- **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



MEDIÇÃO 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)

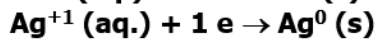
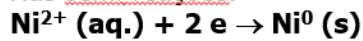
•PILHA

[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

<https://www.youtube.com/watch?v=7tpGfpJj2kk>

Corrosão por Pite



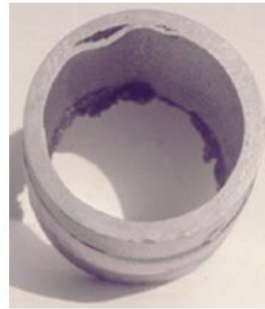
Corrosão por Esfoliação



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 2 - AULA EXPOSITIVA E DIALOGADA SOBRE GALVANOPLASTIA E GALVANIZAÇÃO

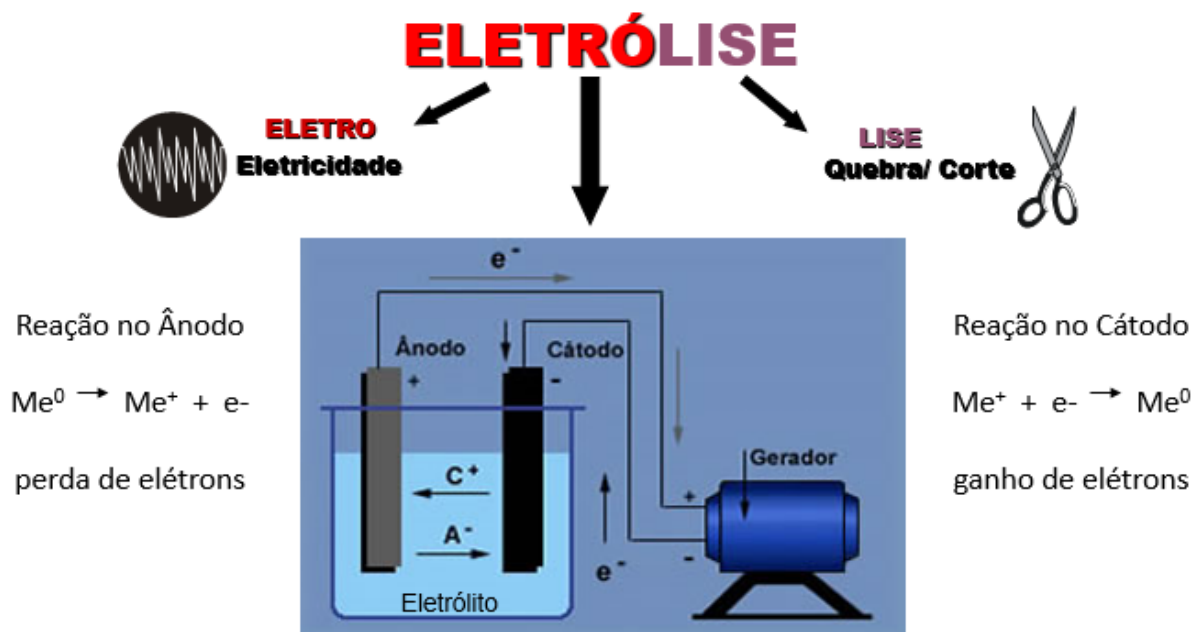
➔ **Galvanoplastia** – Consiste em depositar um metal sobre um substrato, metálico ou não, através da redução química ou eletrolítica para proteção.

➔ **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.

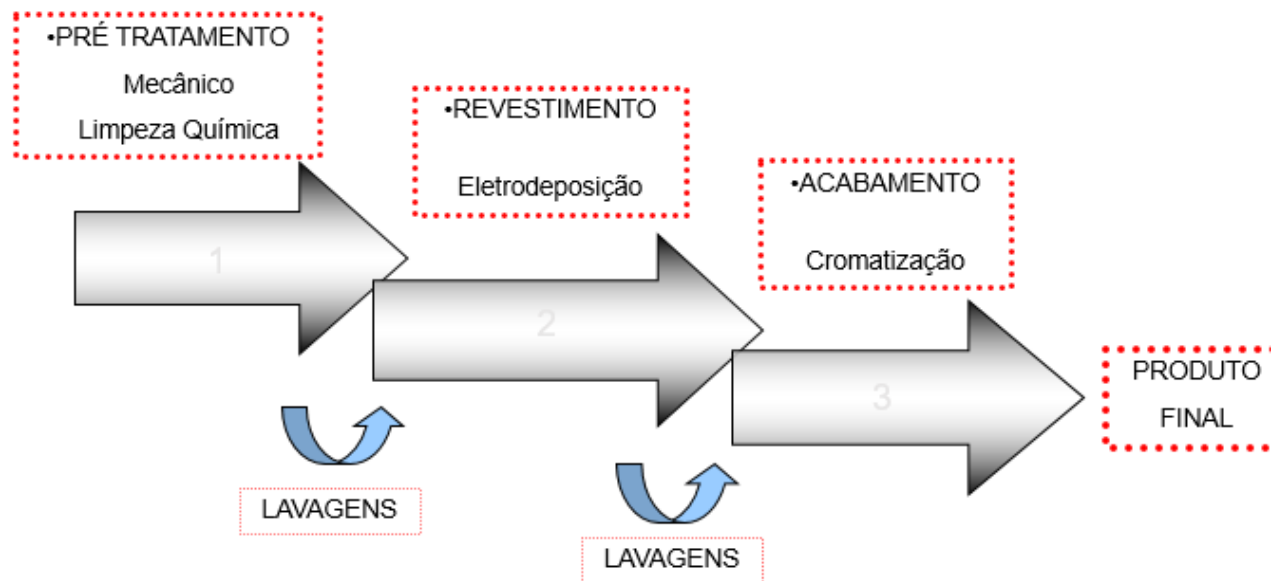
Nomes especiais da Galvanização

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

Galvanização – Fundamentação e Mecanismo de reação

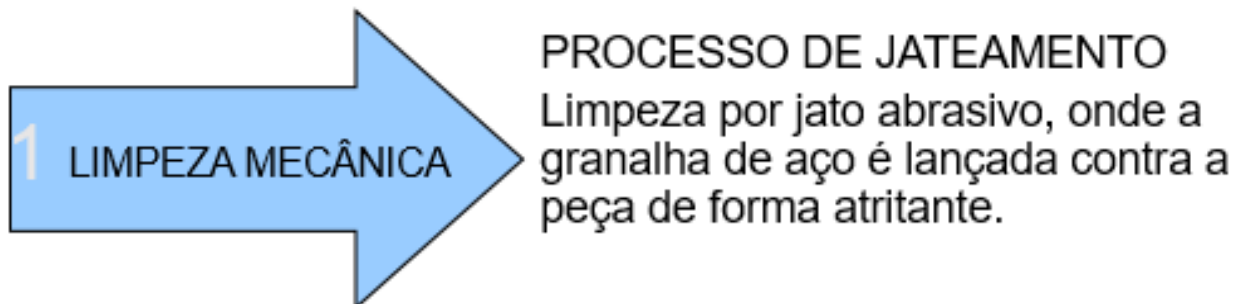


ETAPAS do processo Galvânico



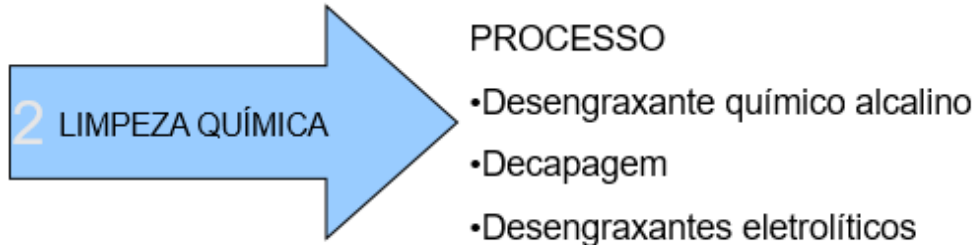
PRÉ- TRATAMENTO

Pré-tratamento Mecânico

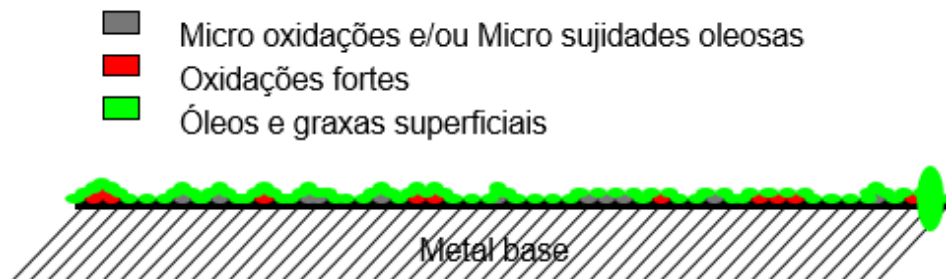


PRÉ- TRATAMENTO

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:

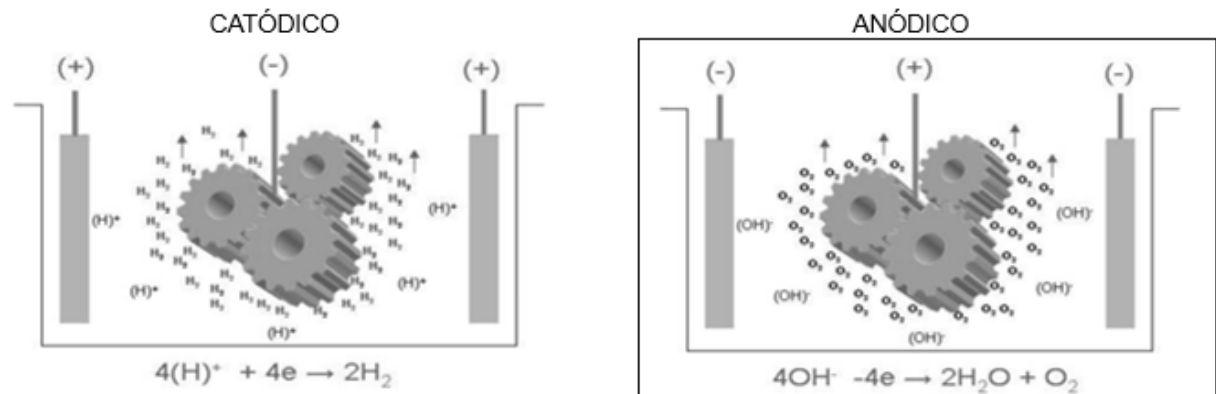
- Concentração da solução
- Temperatura de trabalho (50 ~ 100 °C)
- Contaminação ou envelhecimento
- Tempo de desengraxamento
- Lavagem posterior
- É importante a limpeza do tanque antes de uma nova montagem, para evitar contaminação do banho novo.

PRÉ- TRATAMENTO

Pré-tratamento Químico

DESENGRAXE ELETROLÍTICO:

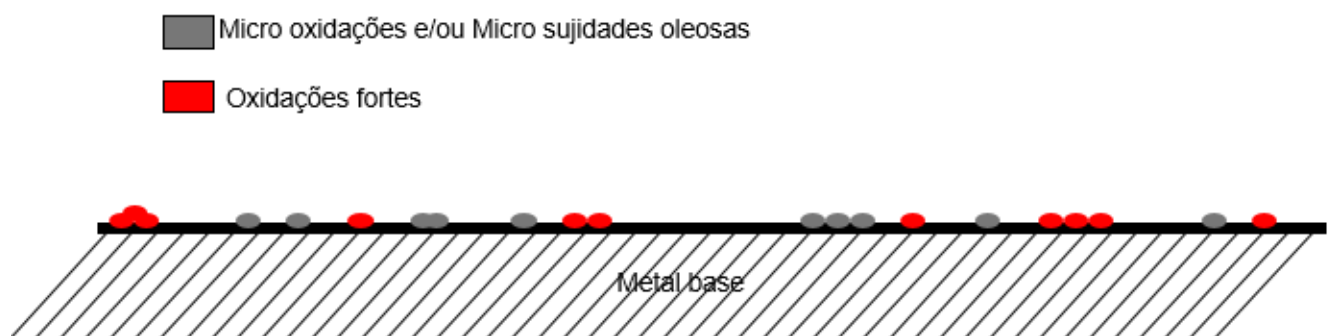
Utiliza a corrente elétrica às peças que devem ser desengraxadas, com a finalidade de remover sujeiras finas, residuais na superfície metálica. Tipos: catódico, anódico ou reversível.



PRÉ- TRATAMENTO

Pré-tratamento Químico

REMOVENDO ÓLEOS E GRAXAS COM OS DESENGRAXANTES QUÍMICO E ELETROLÍTICO



PRÉ- TRATAMENTO

Pré-tratamento Químico

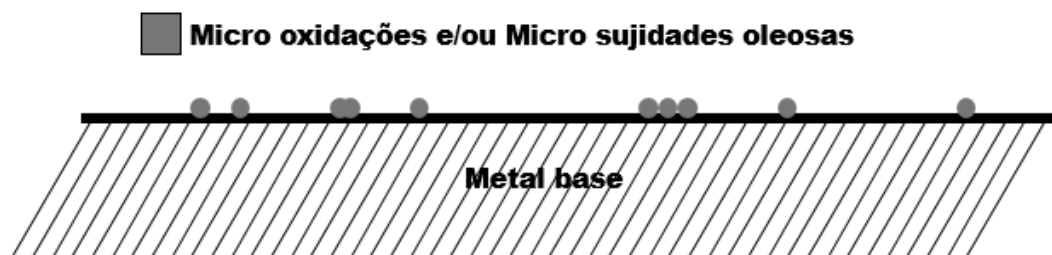
DECAPAGEM:

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

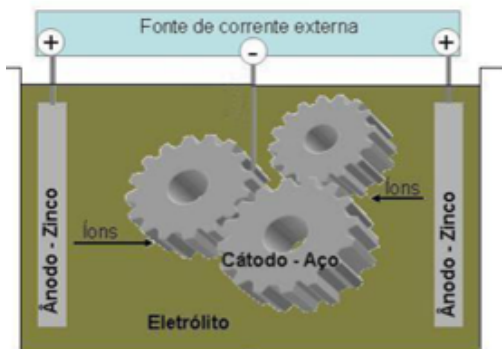
Utiliza a água corrente, evita a neutralização ou contaminação dos banhos no fluxo do processo.



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

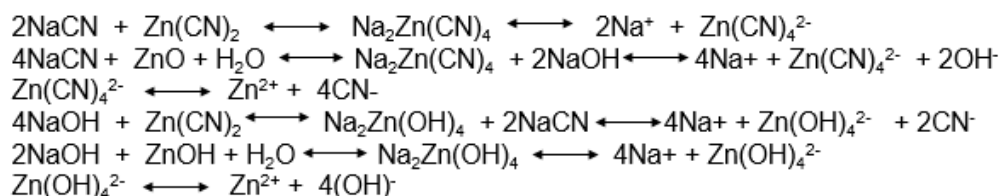
- Soluções agressivas ao equipamento;
- As peças devem ter alto grau de limpeza
- Uniformidade da camada não satisfatória possibilita a corrosão devido a retenção da solução que tem alto teor de cloreto;
- Equipamentos mais complexos;
- A lavagem após a zincagem antes da cromatização deve ter alto grau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

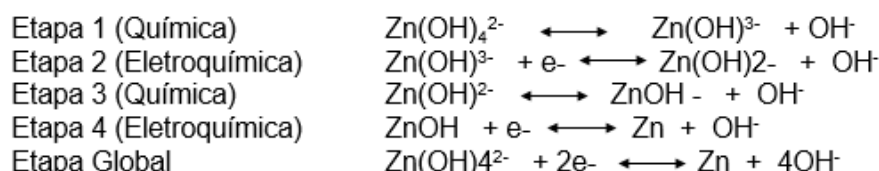
Desvantagens

- Baixa velocidade da eletrodeposição e alto consumo de energia;
- Grande emissão 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.



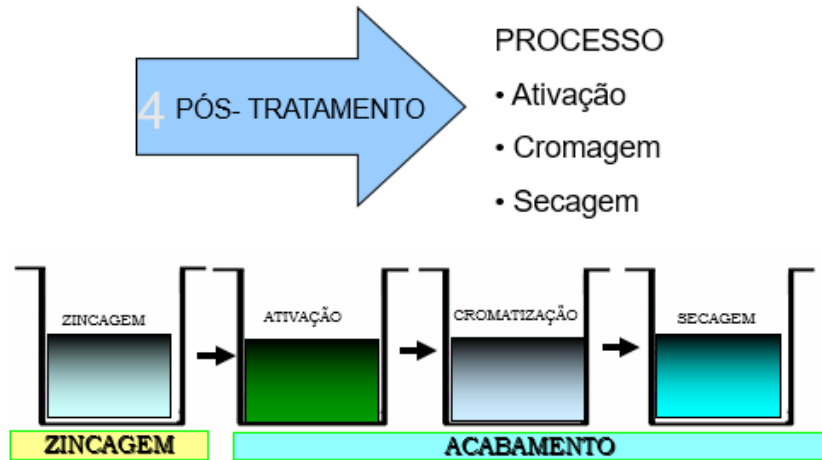
Vantagens

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

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 atívos que conferem a camada depositada uniformidade, brilho e aderência, além de conferir ação de contaminantes no eletrólito.

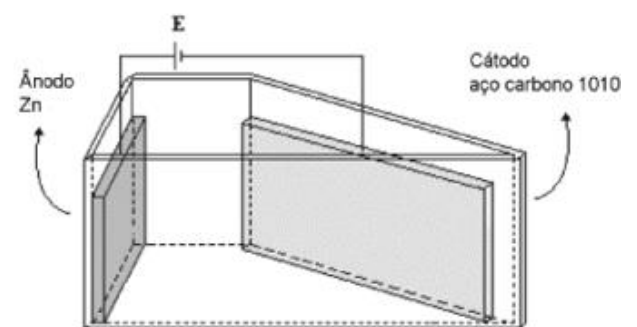


Figura 1. Diagrama esquemático da célula de Hull

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.

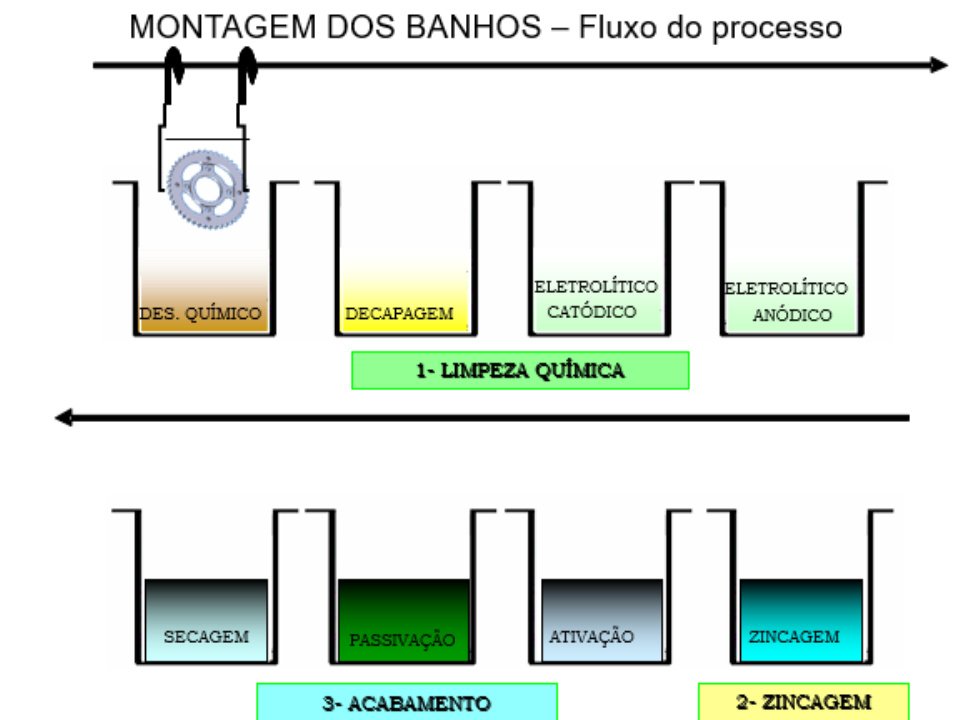


Condições:

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 3 – 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 relação 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 - $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ (na concentração que tiver disponível);
- Solução de CuSO_4 (na concentração que tiver disponível);
- Solução alcoólica 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 250 mL (ou que tiver disponível);
- Proveta de 250 mL (ou que tiver disponível);
- Proveta de 50 mL 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 sólidos;

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

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL PREPARAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA

Tomas e Gomes (2016) propõem 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 dar 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. 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 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 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 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.



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 preparada pelos grupos acima e 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° e do 2° tubo.

1º 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 2º experimento), em seguida, adicionar um fio de cobre. Deixar por 24 h – 48 h, Observar e anotar;

2º 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;

3º 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;

4º 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.

5º experimento

- Em béquer de capacidade adequada, colocar 60 mL de solução aquosa de H_2SO_4 , 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.

6º 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: lã 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.

Fonte: GENTIL, Vicente. Corrosão. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012 (adaptado)

**APÊNDICE 4 - 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.	

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

APÊNDICE 5 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (SITUAÇÃO PROBLEMA)

SITUAÇÃO PROBLEMA	PONTOS LEVANTADOS
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 desgasta 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).

APÊNDICE 6 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 1º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (PERGUNTAS DA SITUAÇÃO PROBLEMA)

PERGUNTAS	RESPOSTA
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.	
Por que as revisões e pinturas nesse segmento produtivo recomenda-se ser periodicamente?	
Na sua percepção, é possível não desenvolver corrosão em segmento industrial de produção de soda cáustica, gás cloro e hipoclorito de sódio? Explique.	
Qual a relação entre pintura e a corrosão?	
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).

**APÊNDICE 7 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 2º MOMENTO DA
SEQUÊNCIA – QUESTIONÁRIO PARA VERIFICAÇÃO DA FUNDAMENTAÇÃO
TEÓRICA APRESENTADA NO CONTEXTO DA SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM**

PERGUNTAS	RESPOSTA
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.	
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 potegendo 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.	
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 indústrias. 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 os participantes desse processo.	

Considerando a reação $\text{Cr}^{\circ} + \text{Ag}^{+} \longrightarrow \text{Cr}^{+3} + \text{Ag}^{\circ}$ 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 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).

APÊNDICE 8 - FORMULÁRIOS DE RESPOSTA PARA O 3º MOMENTO DA SEQUÊNCIA

FOTOS/VÍDEOS	LEVANTAMENTO/DISCUSSÃO

Fonte: Produzido a partir da pesquisa (2020).

**APÊNDICE 9 - FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 4º 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 10 – FORMULÁRIO DE RESPOSTA PARA O 4º MOMENTO DA SEQUÊNCIA (PERGUNTAS DOS EXPERIMENTOS ELETROQUÍMICOS)

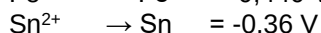
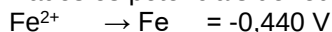
QUESTÕES DAS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS	RESPOSTAS
Questões da aula prática 1º) Apresente para todos os experimentos, as reações eletroquímicas envolvidas. Na resposta, deve-se ter as reações parciais e a total, especificando a reação de ânodo e do cátodo. 2º) A que se deve o diferente comportamento das reações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

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 $\text{pH} = 2$ 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.

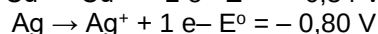
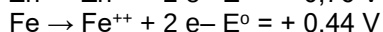
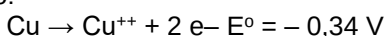
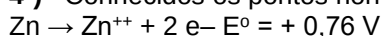
3º) Alguns trocadores de calor utilizam tubos de alumínio por meio dos quais passa a água utilizada para a refrigeração. Em algumas indústrias, essa água pode conter sais de cobre. Sabendo que o potencial padrão de redução para o alumínio (Al^{3+} para Al^0) é de $-1,66 \text{ V}$ e, para o cobre (Cu^{2+}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

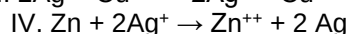
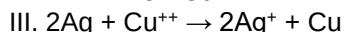
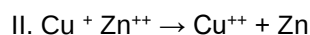
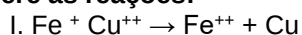
() Na pilha eletroquímica formada, o cobre é o agente redutor.

() 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

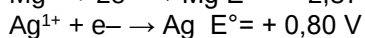
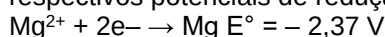
b) II e III

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.

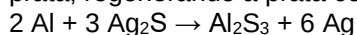
9º) A bateria de óxido de prata é um dispositivo usado, atualmente, em relógios de pulso e calculadoras. Ela tem a vantagem de gerar uma voltagem relativamente alta, em torno de $1,5 \text{ V}$. A

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 ?

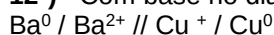
11º) Com o passar do tempo, objetos de prata geralmente adquirem manchas escuras que são películas de sulfeto de prata (Ag_2S) formadas na reação da prata com compostos que contêm enxofre encontrados em vários alimentos. Um dos processos para limpar o objeto escurecido consiste em colocá-lo em um recipiente 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.



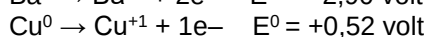
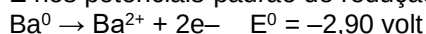
Sobre o assunto relativo ao texto acima, escreva V para as afirmativas verdadeiras ou F para as afirmativas falsas.

- () 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:



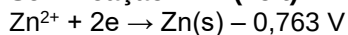
Qual a diferença de potencial da pilha?

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:

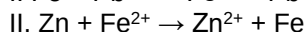
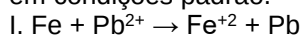
Temperatura = 25°C; pressão = 1 atm; concentração da solução no eletrodo = 1,0 M

Semi reação ΔE^0 (volt)



Calcule a ddp da mesma:

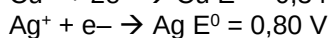
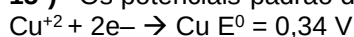
14º) I e II são equações de reações que ocorrem em água, espontaneamente, no sentido indicado, em condições padrão.



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.

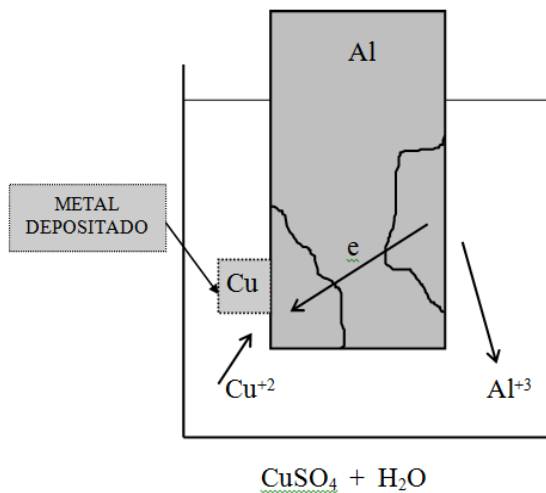
22º) O que é passivação ? Porque metais passivados são sujeitos à corrosão quando riscados ?

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.

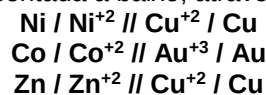
27º) O que é corrosão e suas consequências?

28º) Explique sobre a instabilidade termodinâmica dos metais.

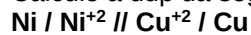
29º) Explique resumidamente sobre:

- Corrosão uniforme, Corrosão por placas, Corrosão por pites, Corrosão erosão, Corrosão por frestas e Corrosão galvânica

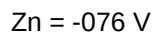
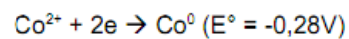
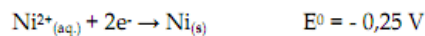
30) Considere a pilha galvânica representada a baixo, através da tabela de potencial de redução:



Calcule a ddp da seguinte pilha



Dados



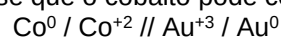
31º) Considere a pilha galvânica representada a baixo:



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:

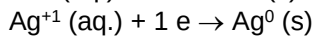
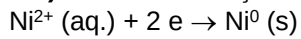


Calcule:

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