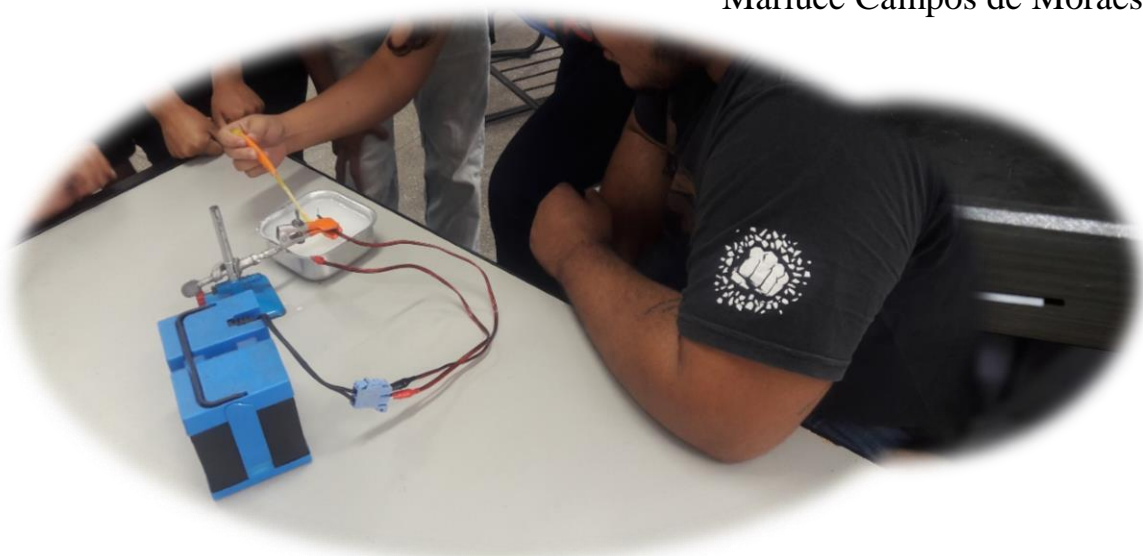




## **Cerâmicas e Interações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade): Uma Abordagem Experimental para o Ensino de Química.**

Mirele Cristina Furlan Rocha  
Mariuce Campos de Moraes



**Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

F985c Rocha, Mirele Cristina Furlan.  
Cerâmicas e Interações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade):  
Uma Abordagem Experimental para o Ensino de Química. / Mirele  
Cristina Furlan Rocha. -- 2019  
42 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Mariuce Campos de Moraes.  
Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de  
Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação  
Profissional em Ensino de Ciências Naturais, Cuiabá, 2019.  
Inclui bibliografia.

1. Cerâmicas. 2. eletroforese. 3. educação científica. 4. CTS. I.  
Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

# SUMÁRIO

EDITORIAL: .....	1
A SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	2
QUESTIONÁRIOS .....	5
<b>QUESTIONÁRIO DE PROBLEMATIZAÇÃO SOBRE CERÂMICAS E ELETROQUÍMICA .....</b>	<b>5</b>
<b>QUESTIONÁRIO DE APROFUNDAMENTO DE EXPERIMENTAÇÃO E INVESTIGAÇÃO SOBRE A ELETROQUÍMICA A PARTIR DA TÉCNICA DE ELETROFORESE.....</b>	<b>7</b>
<b>QUESTIONÁRIO DE APROFUNDAMENTO DE EXPERIMENTAÇÃO DO FERRIFLUIDO E INVESTIGAÇÃO SOBRE OXIRREDUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
TEXTOS DE REFERÊNCIA.....	9
TEXTO A - AS CERÂMICAS .....	9
Propriedade dos Materiais Cerâmicos e sua Produção .....	11
Níobio – Pó Cerâmico Tecnológico e os seus Impactos Econômicos e Sociais. ....	14
TEXTO B –TÉCNICA DE ELETROFORESE.....	17
TEXTO C – PROPRIEDADES FERRIMAGNÉTICAS DO PÓ CERÂMICO DE ÓXIDO DE FERRO. ....	27
SUPORTE EXPERIMENTAL PARA AS AULAS .....	29
PLANO DE AULA POR UNIDADE DIDÁTICA - ESTUDO DA REALIDADE .....	33
PLANO DE AULA POR UNIDADE DIDÁTICA- ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO .....	35
PLANO DE AULA POR UNIDADE DIDÁTICA - ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO .....	37
PLANO DE AULA POR UNIDADE DIDÁTICA - APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO .....	38
FICHA DE ACOMPANHAMENTO DE APRENDIZAGEM.....	39
REFERÊNCIAS .....	41

EDITORIAL:

## ***Querido(a) Professor(a),***

Como uma primeira problematização, propõe-se pensar o Ensino de Química a partir do ponto de vista da Experiência. Para Bondia (2002), costuma-se pensar a educação sob o prisma da relação entre ciência e técnica, entre teoria e prática, sendo-nos possível pensá-la a partir do par experiência e sentido. Tomar por partida a experiência nos propicia definir o conhecimento significativo, implica um contraste com a conservadora pedagogia da transmissão, além de ser revolucionária e desafiante (LAROSSA, 2001).

Experimentar é vivenciar e sentir, é poder criar expectativas e até extrapolá-las. O ser humano só foi à Lua porque teve a audácia de romper barreiras, sair da mesmice e deixar de ser dominado. Por muito tempo a visão newtoniana nos cegou, nos fez pensar que o futuro estaria determinado e que a realidade seria idealizada. Despertamos desse sono profundo para um novo tempo, um novo recomeço, cheio de rupturas, no qual o futuro não está definido e o presente é apenas uma seta que nos permite seguir em uma estrada com várias bifurcações (PRIGOGINE, 1997). Nessas bifurcações encontraremos diferentes realidades, cada uma delas com muitas variáveis, pois só as máquinas teoricamente terão sempre as mesmas respostas.

Seja bem-vindo, querido(a) amigo(a), ao mundo real. Que possamos seguir juntos e que cada um, em sua individualidade, habilidades e potenciais, possa construir um futuro melhor e encontrar as respostas para os novos desafios que emergem a cada dia. Seja em economia, em climas, em espécies de plantas etc., cada um desses sistemas é perturbado todos os dias por muitas variáveis, sejam elas tempo, temperatura, quantidade ou quais forem. Estejamos preparados para todos os desafios, com maturidade e criticidade.

Esta Sequência Didática foi preparada com muito carinho e é fruto do Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais (PPGECN) da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT. Você encontrará nela três frentes importantes: Cerâmicas; Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e Experimentação. Assim, adotamos um Ensino de Química com abordagem temática, por meio da qual planejamos atender ao estudo de conceitos de Eletroquímica.

As cerâmicas são materiais importantes desde a antiguidade. A contextualização via CTS proporciona o ensino de conteúdos por meio de temáticas que nos aproximam da compreensão do mundo complexo em que estamos inseridos e a experimentação faz o estudante estar mais próximo à realidade. Concordamos com a pesquisa no Ensino de Ciências e que essa, ao manipular materiais, faz com que nossos alunos fiquem motivados, sejam cada vez mais críticos e estejam cada vez mais

preparados para enfrentar os problemas do cotidiano, sendo autores das próprias histórias. Acreditamos no seu potencial, professor(a), e que você é a peça fundamental para modificar e desafiar o Ensino. Vamos juntos? Tenha um ótimo trabalho. Aproprie-se desse material sem moderação. Talvez nos encontremos em alguma bifurcação.

## A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

De acordo com Zabala, a sequência didática é um conjunto ordenado de atividades que são estruturadas e articuladas para atender um objetivo educacional, a qual tem princípio e fim conhecidos tanto pelos professores quanto pelos alunos (ZABALA, 2010).

A sequência proposta neste trabalho envolve um trabalho de educar pela pesquisa, pois, concordando com pressupostos do Ensino de Ciências, consideramos que os nossos estudantes serão críticos e não meros reprodutores de conceitos. Articulada para seis (6) aulas, esta sequência abordará conceitos de Eletroquímica<sup>1</sup> e Oxirredução a partir de abordagem temática<sup>2</sup>, de forma didática e experimental, buscando fazer interação complexa entre dimensões científicas, tecnológicas e sociais, destacando conceitos e categorias que promovem caracterizações, diferenciações e simultaneidades, de modo a representar totalidades. O tema escolhido para esta sequência didática (cerâmicas e interações CTS) foi pensado para que, junto com os conhecimentos científicos, seja possível uma leitura crítica do mundo contemporâneo e a sua problematização.

Com objetivo de contribuir para o ensino e a aprendizagem de conceitos químicos a partir da experimentação, a sequência didática foi dividida em três momentos: estudo da realidade, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2012):

- ❖ **Estudo da realidade:** apresentação da temática que será abordada e um diálogo com os estudantes como primeira problematização, além de busca de informações para experimentação.
- ❖ **Organização do conhecimento:** desenvolvimento da experimentação e aprofundamento dos conceitos químicos envolvidos no fenômeno do experimento.
- ❖ **Aplicação do conhecimento:** generalização e aplicação do conhecimento

Prigogine e Stengers (1997) defenderam que a ciência passou por uma metamorfose no século XX, possibilitando uma nova aliança entre o ser humano e natureza, que antes era visto como um mero espectador. Nesse sentido, a filósofa Isabelle Stengers, junto com Prigogine, nos ajuda entender melhor a relação sujeito e objeto em dois campos: epistemológico e ontológico. No campo epistemológico, o

---

<sup>1</sup> A **Eletroquímica** é uma área da química que estuda as reações em que há transferência de elétrons entre um condutor eletrônico (eletrodo) e um condutor iônico (eletrólito) por meio da **OXIDAÇÃO e REDUÇÃO**.

<sup>2</sup> A perspectiva da abordagem temática será desenvolvida com base em articular temas sociais e conteúdo curricular. Conforme Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2012, p. 272), a “adoção da abordagem temática representa também uma ruptura com a lógica segundo a qual os programas têm sido elaborados, a saber: a estruturação pela abordagem conceitual, que organiza os conteúdos escolares com base em um elenco de conceitos científicos”.

conhecimento é adquirido por meio não só de uma interação, mas também de uma participação com a natureza em determinado momento histórico. O campo ontológico nos indica que o sujeito e o objeto são indissociáveis e que a irreversibilidade do tempo é condição essencial para essa conexão, em que passado e presente são momentos diferentes e não eternos (PRIGOGINE; STENGERS, 1997).

A sequência proposta neste guia é composta de: questionários de problematização e de aprofundamento do conhecimento, textos de referência, suporte experimental, planos de aulas por unidades e uma ficha de avaliação da sequência didática.

### **Questionários de Problematização e Aprofundamento do conhecimento.**

Os questionários de problematização são uma forma de introduzir a temática para abrir uma discussão. Servem de base para descobrir em qual nível de desenvolvimento os alunos se encontram, sendo uma excelente oportunidade de promover a troca de experiências.

Segundo Vygotsky (1979) o aluno apresenta dois níveis de desenvolvimento: um deles engloba as funções mentais (estimado pelo que uma pessoa realiza sozinha) e o outro nível abrange o que ela conseguiria fazer ou alcançar com a ajuda de um colega ou do(a) professor(a). Essa distância entre os dois níveis é chamada de ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal). O que o aluno não consegue fazer sozinho hoje, em um futuro próximo ele fará porque se relaciona com o meio em que está inserido (VYGOTSKY, 1979). Essa troca de experiências faz com que a fonte de conhecimento não seja apenas advinda de docente, que continua, todavia, protagonizando a mediação decisiva, inclusive para a formação de grupos mistos com alunos que estão em diferentes níveis de conhecimento. Nesses grupos todos evoluem: o mais experiente aperfeiçoa suas habilidades ao ajudar o colega e o menos experiente, com assistência, passa a desenvolver tarefas que não realizava.

Os questionários de aprofundamento do conhecimento, que também compõem a sequência, são desafios propostos para extrapolação do conteúdo, para alcançar a generalização e a aplicação do que foi aprendido e vivenciado.

### **Textos de Referência**

Apresenta textos baseados em diversas obras (artigos, revistas e livros) que contemplam conhecimentos sobre ciência, tecnologia e sociedade com base na temática cerâmicas e na técnica de eletroforese. Os textos servem de base para que haja interação entre o professor(a) e os estudantes acerca da temática e dos conceitos de eletroquímica e oxirredução envolvidos, além de abrir discussão sobre o assunto abordado.

## **Suporte Experimental**

O Suporte Experimental propõe atividades que permitam a máxima inter-relação entre os diferentes conteúdos que são fundamentais para o processo de aprendizagem (ZABALA, 2010). Nesta seção você terá o suporte para realizar a experimentação, com uso de equipamentos e acessórios alternativos.

### **Planos de Aulas por unidades**

Cada momento didático tem um plano de aula elaborado, para que você, professor(a), possa ter uma visão das aulas que compõem a sequência didática. Os planos foram articulados de modo a contribuir com o ensino e a aprendizagem de conceitos químicos com fundamento na experimentação.

### **Ficha de acompanhamento de aprendizagem**

A Ficha de acompanhamento de aprendizagem tem a função de analisar a contribuição desse material para o ensino e a aprendizagem de conceitos químicos a partir da experimentação.

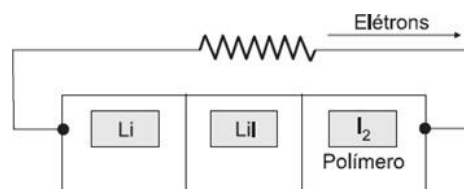
## QUESTIONÁRIOS

### QUESTIONÁRIO DE PROBLEMATIZAÇÃO SOBRE CERÂMICAS E ELETROQUÍMICA

- 1) O que você entende sobre cerâmicas? Explique e dê no mínimo três (3) exemplos de materiais cerâmicos.
- 2) Qual é a matéria prima para produzir objetos cerâmicos? Ela é proveniente de qual fonte? Pode citar alguma?
- 3) A produção dessa matéria prima envolve algum impacto ambiental? Se sim, qual ou quais?
- 4) Quais são as condições de trabalho das pessoas que laboram com cerâmicas?
- 5) Comente de que forma:
  - a) os impactos ambientais têm influenciado a ciência;
  - b) a pesquisa científica tem influenciado a tecnologia;

**Importante: Responda, individualmente e por escrito, às questões acima e, em seguida, discuta as respostas. Por fim, cada grupo socializará as suas respostas em uma discussão com toda a turma. As questões 6 e 7 só devem ser entregues após a discussão inicial.**

- c) a pesquisa científica tem mudado os hábitos das pessoas.
- 6) (Unifesp) A bateria primária de lítio-iodo surgiu em 1967, nos Estados Unidos, revolucionando a história do marca-passos cardíaco. Ela pesa menos de 20g e apresenta longa duração, cerca de cinco a oito anos, evitando que o paciente tenha que se submeter a frequentes cirurgias para trocar o marca-passos. O esquema dessa bateria é representado na figura.



Para esta pilha, são dadas as semi-reações de redução:



São feitas as seguintes afirmações sobre esta pilha:

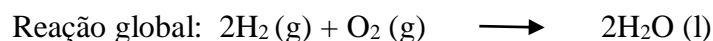
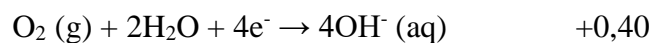
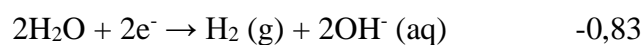
- I. No ânodo ocorre a redução do íon  $\text{Li}^+$ .
- II. A ddp da pilha é + 2,51 V.
- III. O cátodo é o polímero/iodo.
- IV. O agente oxidante é o  $\text{I}_2$ .
- V. O fluxo de elétrons será do Lítio para o Iodo.



São corretas as afirmações contidas apenas em:

- a) I, II e III.
- b) I, II e IV.
- c) I e III.
- d) II e III.
- e) III, IV e V.

7) (PUC) A indústria automobilística está desenvolvendo, para a movimentação de veículos, novas tecnologias que são mais limpas e econômicas do que as usadas atualmente com os atuais combustíveis fósseis. Uma das possibilidades é uma pilha composta por dois terminais onde são injetados oxigênio e hidrogênio. Esses gases passam por um material poroso (níquel) para um meio rico em íons  $\text{OH}^-$  que catalisam o processo a  $200\text{ }^\circ\text{C}$ . Abaixo, são mostradas as meia reações-padrão de redução que ocorrem na pilha e os respectivos potenciais-padrão e a reação global da pilha.



Identifique o ânodo e o cátodo, calcule o potencial padrão da pilha e indique o fluxo (sentido) dos elétrons.

## QUESTIONÁRIO DE APROFUNDAMENTO DE EXPERIMENTAÇÃO E INVESTIGAÇÃO SOBRE A ELETROQUÍMICA A PARTIR DA TÉCNICA DE ELETROFORESE

- 1) O que você conhece sobre óxidos? Lembra-se de tê-los estudado?
- 2) Toda mistura é chamada de dispersão, existindo três tipos de dispersões: soluções (tamanho das partículas dispersas abaixo de 1 nm), dispersões coloidais (entre 1 a 1000 nm) e suspensões (acima de 1000 nm). Dispersões coloidais são importantes para a técnica de deposição por eletroforese. Esquematize a dispersão experimental identificando o disperso e o dispersante.
- 3) Desenhe e descreva, com o máximo de detalhes, a observação da experimentação do óxido de que você participou.
- 4) A **Eletroquímica** é uma área da química que estuda as reações que produzem corrente elétrica por meio de reações chamadas de oxidação e redução. Também estuda as reações que ocorrem por intermédio do fornecimento de corrente elétrica, conhecidas como eletrólise. O experimento realizado utiliza uma bateria para que ocorra o processo. Pode-se dizer que o processo é espontâneo ou não espontâneo? Explique.
- 5) Qual é a vantagem em usar água em vez de etanol? Qual reação acontece durante a eletroforese quando usamos água como dispersante?
- 6) Após observar e interpretar o meio reacional, desenhe um esquema e represente quais cargas e espécies estão presentes no sistema. Identifique o ânodo e o cátodo. Quais espécies químicas se reduzem e quais se oxidam? Indique a direção do fluxo de elétrons e dos íons.
- 7) Sabendo que o óxido de nióbio, assim como o óxido de zinco, são anfóteros (não reagem com água) tendo apenas as superfícies hidratadas, tente equacionar as reações abaixo sobre a hidratação do óxido em pH ácido e básico.
  - a) (pH entre 0-7) Meio Ácido:
  - b) (pH entre 8-14) Meio Básico:
- 8) Durante o processo de deposição do óxido de Nióbio ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ), acontece uma reação próxima ao grafite. Qual é essa reação? Como poderíamos verificar que essa reação está acontecendo? Por que foi necessário aplicar um campo elétrico? Qual é a medida da corrente aplicada?
- 9) Equacione a reação da eletrólise da água. Escreva as semi-reações representativas.
- 10) (UFPR) A preparação industrial de NaOH se dá por meio da eletrólise em solução aquosa do NaCl, de acordo com a reação abaixo:



Marque as assertivas corretas e explique as que estão erradas.

- a) Na eletrólise, a oxidação ocorre no cátodo.

- b) A eletrólise é uma reação não espontânea, exigindo a passagem de uma corrente elétrica para se processar.
- c) Somente compostos iônicos, como o NaCl, conduzem a corrente elétrica quando dissolvidos em água.
- d) O cloro é a espécie química que reduz e o hidrogênio a espécie química que oxida.

### QUESTIONÁRIO DE APROFUNDAMENTO DE EXPERIMENTAÇÃO DO FERRIFLUIDO E INVESTIGAÇÃO SOBRE OXIRREDUÇÃO.

- 1) Quais propriedades dos materiais cerâmicos você conhecia?
- 2) O ferrifluido é um material produzido a partir de um pó cerâmico. Qual é o pó cerâmico em questão e qual propriedade ele apresenta?
- 3) Após uma queima da palha de aço, quais alterações você observou no material?
- 4) Escreva a reação de uma queima da palha de aço, observando a estequiometria e a lei de conservação de massa.
- 5) De acordo com a reação da queima da palha de aço, qual espécie química está oxidando e qual está reduzindo? Utilize os números de oxidação.
- 6) A espécie que é oxidada perde ou ganha elétrons? Quais grupos da tabela periódica apresentam elementos que são oxidados?
- 7) A espécie que é reduzida perde ou ganha elétrons? Quais grupos da tabela periódica apresentam elementos que são reduzidos?
- 8) Quais das reações abaixo não são de oxirredução? Justifique.
  - a)  $4 \text{ Fe} + 3 \text{ O}_2 \longrightarrow 2 \text{ Fe}_2\text{O}_3$
  - b)  $\text{CO} + 1/2 \text{ O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2$
  - c)  $\text{Zn} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
  - d)  $\text{HCl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

## TEXTOS DE REFERÊNCIA

### TEXTO A - AS CERÂMICAS

As civilizações antigas foram identificadas de acordo com o nível de desenvolvimento em relação à produção e à manipulação dos materiais que ocorriam naturalmente, como exemplo a argila, pedra, madeira e peles. A manipulação desses materiais levou à produção de novos materiais, que incluíam as cerâmicas. Estas poderiam ter suas propriedades alteradas por tratamento térmico e adição de outros átomos constituintes.

As cerâmicas, do grego *kéramos* (argila queimada), estão entre os materiais mais antigos utilizados nas atividades humanas. Isso indica que as propriedades desejáveis desses materiais são obtidas por tratamento térmico a altas temperaturas, chamado queima. Elas estão ligadas à sobrevivência do ser humano primitivo: pela necessidade de recipientes para transporte de água, por exemplo. Das necessidades básicas, originam-se, depois de longa evolução, dois ramos: "cerâmica vermelha" e "cerâmica branca". De acordo com a Associação Nacional da indústria Cerâmica – ANICER, as diferenças estão nos tipos de produtos fabricados por elas e nas matérias primas utilizadas, apesar de apresentarem algumas semelhanças nos processos de fabricação. (<https://www.anicer.com.br/>).

São muito conhecidas as cerâmicas tradicionais compostas por minerais de argila (exemplo: porcelana, vasos de barro), bem como cimento e vidro. Formadas por elementos metálicos e não metálicos, com ligações que vão desde a puramente iônica até a totalmente covalente (dependendo da eletronegatividade dos átomos, veja tabela 1), as cerâmicas vão muito além das argilas, sendo compostas na maioria das vezes por óxidos, nitretos e carbetos. Óxido de alumínio (ou alumina,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), pentóxido de nióbio ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ), óxido de zinco ( $\text{ZnO}$ ), óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dióxido de silício (ou sílica,  $\text{SiO}_2$ ) carboneto de silício ( $\text{SiC}$ ), nitreto de silício ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) são alguns exemplos de materiais cerâmicos (CALLISTER; RETHWISCH, 2016).

Nesse sentido, a importância de estudar as cerâmicas faz-se interessante, pois aumentará nosso campo de visão em relação a esse material, já que, até 60 anos atrás, era geralmente considerada apenas a existência das cerâmicas tradicionais (louças, porcelanas, pisos, vasos, tijolos, telhas, recipientes). Hoje em dia, a palavra cerâmica tem um significado mais amplo, como mostra a figura 1, e causa um efeito relevante sobre as nossas vidas por proporcionar diversos benefícios, conforto e comodidade, bem

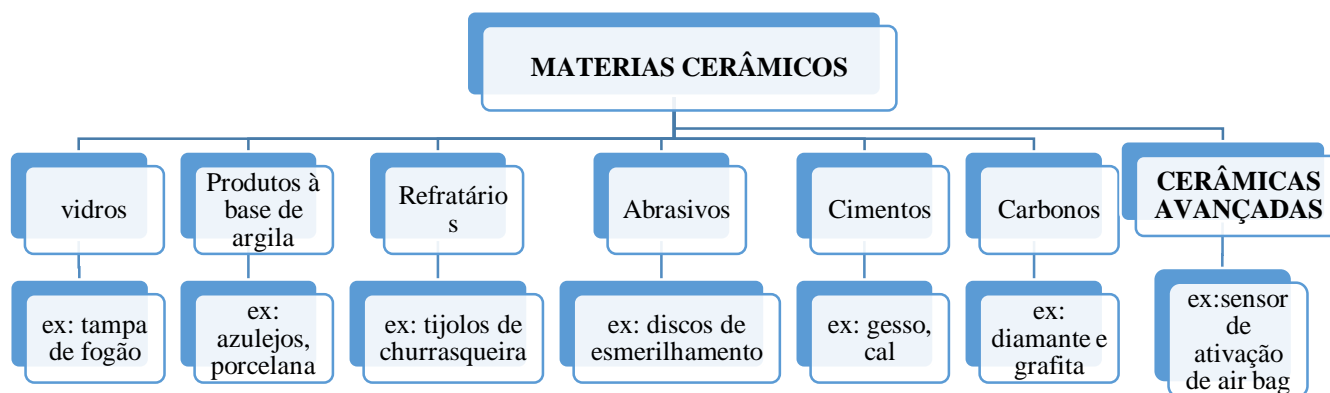
Tabela 1: Natureza iônica da ligação química.

Material	% da Natureza Iônica
$\text{CaF}_2$	89
$\text{MgO}$	73
$\text{NaCl}$	67
$\text{Al}_2\text{O}_3$	63
$\text{SiO}_2$	51
$\text{Si}_3\text{N}_4$	30
$\text{ZnS}$	18

Fonte: Adaptado de Callister e Rethwisch (2016).

como por estar em diversos componentes eletrônicos, a exemplo dos computadores, na comunicação e nas aeronaves, sendo conhecidas como cerâmicas avançadas.

Figura 1: Classificação dos materiais cerâmicos.



Fonte: Adaptado de Callister e Rethwisch (2016).

As **cerâmicas avançadas** estabelecem um nicho proeminente em nossas tecnologias de ponta, sendo utilizadas, por exemplo, em sistemas microeletromecânicos (MEMS) e nos nanocarbons (fulerenos, nanotubos de carbono e grafeno).

Os MEMS são sistemas inteligentes em miniatura que podem atuar como microssores ou microatuadores: o primeiro coleta informações do ambiente pela medição de fenômenos mecânicos, térmicos, químicos, ópticos ou magnéticos, enquanto o segundo executa uma resposta que pode ser movimentação, bombeamento, regulação ou filtragem. Essa tecnologia tão promissora está inserida no nosso cotidiano, como, por exemplo, nos carros equipados com *air bags*, nos quais o MEMS funciona como acelerômetro e envia um impulso elétrico para um microprocessador, que capta a desaceleração antes do acidente e ativa o *air bag*.

Os nanocarbons possuem esse nome porque apresentam partículas menores do que 100 nanômetros, sendo utilizados para diversos fins. Os furelenos são encontrados como antioxidantes em produtos de beleza, catalisadores, células solares orgânicas, supercondutores para altas temperaturas e ímãs moleculares. Os nanotubos de carbono podem ser encontrados em biomateriais (pele artificial), tratamento de água, capacitores, células solares, monitores de computador, tela de televisão etc. Os grafenos podem ser encontrados em telas sensíveis ao toque (*touch-screen*), sensores químicos, explosivos, músculos artificiais etc (CALLISTER; RETHWISCH, 2016).

## Propriedade dos Materiais Cerâmicos e sua Produção

De forma geral, as propriedades dos materiais cerâmicos dependem muito da natureza da ligação atômica do material e da sua estrutura. Pode-se dizer que eles são extremamente duros, mas ao mesmo tempo frágeis e suscetíveis às fraturas. Alguns desses materiais cerâmicos apresentam comportamento magnético (exemplo:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Com relação à passagem de corrente elétrica, alguns são isolantes, outros permitem facilmente a passagem de calor e eletricidade e existem ainda os capacitores, que, apesar de não conduzirem corrente, conseguem armazenar carga elétrica quando submetidos a uma polarização interna, sendo muito utilizados em computadores.

### Vamos pensar na passagem de corrente elétrica pelos materiais cerâmicos?

Para que as cargas elétricas sejam conduzidas de um ponto ao outro do material, elas precisam ser móveis e sejam aplicadas sobre um campo elétrico. Esse transporte pode ocorrer de duas formas:

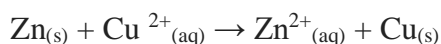
1) Por **condutividade iônica**: os íons espalham-se no campo elétrico, com os cátions migrando para o eletrodo negativo e os ânions para o eletrodo positivo.

2) Por **condução de elétrons**: comum em semicondutores, é o movimento de elétrons no interior do material, que é favorecido pela presença de diferença de potencial, pela posição da carga e pelo aumento de temperatura. Esses materiais dispersos em solução promovem reações simultâneas de oxidação e redução das espécies no meio.

### As reações de oxirredução

As reações de oxirredução são muito comuns e importantes e estão envolvidas em diversos processos, incluindo respiração celular, fabricação e ação de alvejantes, ferrugem do ferro etc.

Uma característica importante dessas reações é a transferência de elétrons, em que a oxidação se refere à perda de elétrons e a redução ao ganho de elétrons, como, por exemplo, na reação química a seguir:



Na reação acima temos que o Zn perde elétrons (oxida), enquanto o Cu ganha elétrons (reduz). Podemos montar as semi-reações e calcular o potencial padrão de redução ( $E^{\circ}_{\text{red}}$ ) dessa célula. A tabela 2 relaciona alguns potenciais-padrão de redução que, combinados, podem ser usados para calcular a força eletromotriz da célula ( $F_{em}$ ).

**Tabela 2. Potenciais-padrão de redução em água a 25°C E°/V**

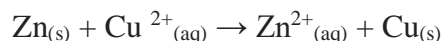
Potencial (V)	Semi-reação de redução
$F_2 (g) + 2e^- \rightarrow 2F^- (aq)$	+2,87
$MnO_4^- (aq) + 8H^+ (aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} (aq) + 4H_2O$	+1,51
$Cl_2 (g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^- (aq)$	+1,36
$O_2 (g) + 4H^+ (aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+1,23
$Fe^{3+} (aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+} (aq)$	+0,77
$O_2 (g) + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^- (aq)$	+0,40
$Cu^{2+} (aq) + 2e^- \rightarrow Cu (s)$	+0,34
<b><math>2H^+ (aq) + 2e^- \rightarrow H_2 (g)</math></b>	<b>0,00</b>
$Fe^{2+} (aq) + 2e^- \rightarrow Fe (s)$	-0,44
$Zn^{2+} (aq) + 2e^- \rightarrow Zn (s)$	-0,76
$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 (g) + 2OH^- (aq)$	-0,83
$Na^+ (aq) + e^- \rightarrow Na (s)$	-2,71
$Li^+ (aq) + e^- \rightarrow Li (s)$	-3,05

Nota: Esses valores foram obtidos para o estado padrão, isto é, concentração 1 mol/L para espécies em solução e 1 atm para espécies gasosas a 25°C. Existem tabelas especializadas para outras condições.

Quanto maior o valor do  $E^\circ_{RED}$ , mais fácil a redução do metal.

Fonte: Adaptado de Brown et. al (2005).

Vamos calcular a potencial padrão de redução ( $E^\circ_{red}$ ) dessa célula?



$$E^\circ_{cel} = E^\circ_{red} (\text{cátodo}) - E^\circ_{red} (\text{ânodo})$$

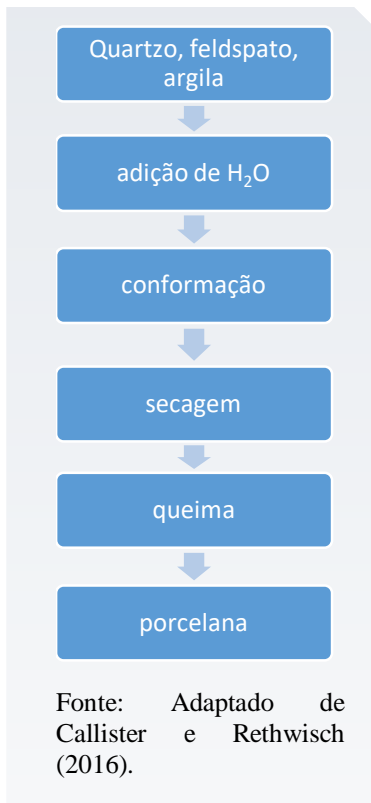
$$E^\circ_{cel} = +0,34 - (-0,76)$$

$$E^\circ_{cel} = +1,10V$$

O valor positivo indica que a reação acontece espontaneamente e libera +1,10 V de energia, esse sistema que produz corrente elétrica é conhecido como pilha. No exemplo acima temos a pilha de Daniell, que é constituída de uma placa de Zinco (Zn) em uma solução de  $ZnSO_4$  e uma placa de Cobre (Cu) em uma solução de  $CuSO_4$ . Essas relações que envolvem transferência de elétrons para a transformação de energia química em energia elétrica e vice-versa, isto é, reações de oxirredução, compreendem o estudo da ELETROQUÍMICA e serão abordadas adiante.

O estudo da condutividade elétrica, térmica, mecânica, ótica é importante porque influencia na conformação dos materiais cerâmicos e nas suas propriedades, pois, por muito tempo, os materiais cerâmicos ficaram limitados em razão de sua natureza frágil. Nesse sentido, a engenharia de materiais tem avançado no caminho para melhorar a resistência à fratura, com o fim de uso, por exemplo, em utensílios de cozinha e peças de automóveis.

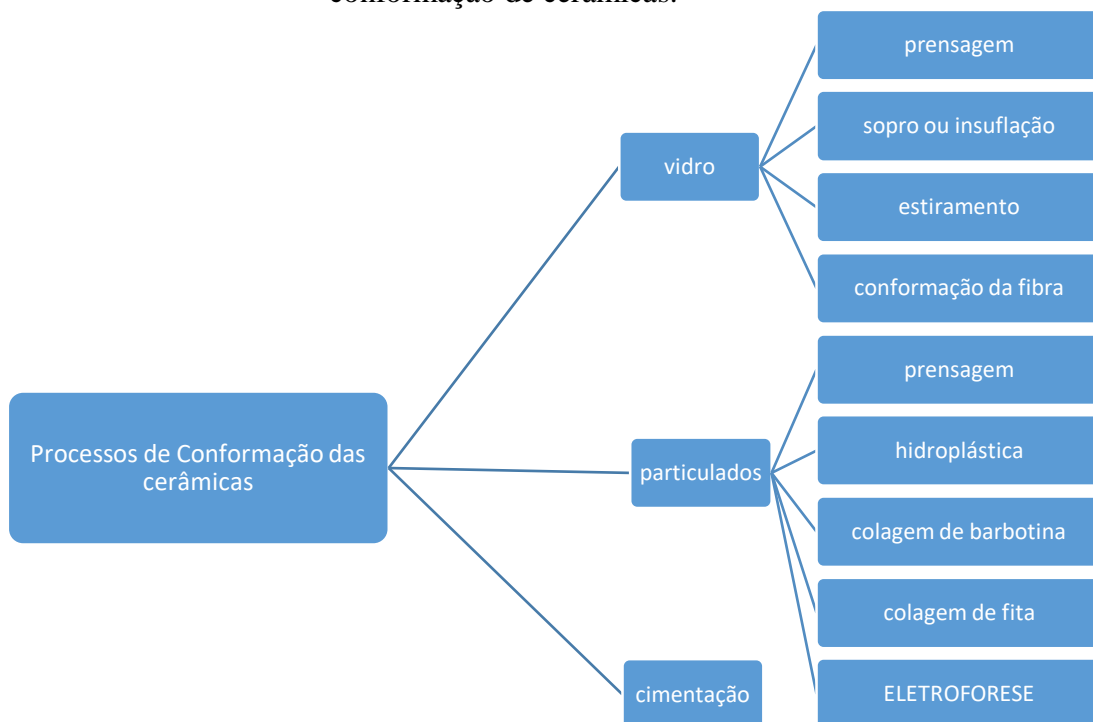
**Figura 2:** Produção da Porcelana.



A fabricação e o processamento dos materiais cerâmicos apresentam certa preocupação, pois muitas operações de conformação de metais dependem de fundição. Além disso, os materiais cerâmicos apresentam alto ponto de fusão, tornando sua fundição impraticável. Algumas peças cerâmicas são conformadas a partir dos pós, que devem posteriormente ser secos e queimados. Na figura 2, temos um esquema para a produção da porcelana.

Existem várias técnicas de conformação (figura 3), que devem ser escolhidas de acordo com a peça a ser produzida. Os vidros são conformados em temperaturas altíssimas, o que faz com que a massa fluida se torne viscosa com o resfriamento, enquanto o cimento é conformado pela colocação de uma pasta fluida em moldes, onde endurece em virtude de reações químicas.

Figura 3. Diagrama de classificação de alguns processos de conformação de cerâmicas.



Fonte: Adaptado de Callister e Rethwisch (2016).

Sugestão de vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=-3EDT9JL5AU&t=20s>



## Nióbio – Pó Cerâmico Tecnológico e os seus Impactos Econômicos e Sociais.

O pentóxido de Nióbio ( $Nb_2O_5$ ) é um pó cerâmico de grande interesse em materiais avançados. Suas propriedades químicas e físicas fazem com que seja utilizado na produção de capacitores cerâmicos, lentes ópticas, elementos estruturais

Os capacitores são dispositivos eletrônicos que armazenam energia elétrica e são amplamente utilizados nas mais diversas aplicações. Quanto maior a capacitância de um capacitor, mais energia ele pode armazenar (CERNIAK, 2012)

resistentes ao calor e à abrasão, sensor de gases, elemento semiconductor em células solares sensibilizadas por corantes, filtros especiais para receptores de TV, componentes eletrônicos e, sobretudo, como fotocatalisador. Essa última propriedade permite a sua utilização para diferentes finalidades, como a fotodegradação de poluentes e microrganismos presentes em sistemas de água ou ar e a produção de hidrogênio molecular, entre outras (OLIVEIRA et al, 2014).

Capacitores Cerâmicos encontrados em praticamente qualquer circuito eletrônico



Fonte : <https://athoselectronics.com/capacitor/>

Levantamento feito pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), extinto no fim de 2018 para dar lugar à Agência Nacional de Mineração (ANM), indica que as reservas brasileiras de nióbio somam 842,4 milhões de toneladas, representando mais de 90% do total mundial, seguido por Canadá e Austrália. Estas reservas estão concentradas principalmente nos estados de Minas Gerais (75%), no município de Araxá; Amazonas (22%), nos municípios de São Gabriel da Cachoeira e Presidente Figueiredo; e Goiás (3%), nos municípios de Catalão e Ouidor (Sumário Mineral Brasileiro, 2015). O nióbio é obtido a partir de minérios como: a columbita-tantalita, o pirocloro e a loparita. O mais disponível é o pirocloro. Sua extração é realizada por três empresas em todo o mundo e duas delas são brasileiras: Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia – CBMM e Mineração Catalão de Goiás; a outra é a canadense Cambior (BNDES,2010).

### Mineração e seus Impactos

A mineração é um dos setores básicos da economia de um país, pois dela provêm os minérios que utilizamos em larga escala nos diversos materiais, como o ferro. É uma atividade antiga que movimentou a economia de muitas famílias, por gerar muitos empregos. Sendo assim, podemos pensar na mineração como uma coisa boa, mas não nos cabe esquecer que ela pode gerar grandes impactos ambientais negativos, o que nos faz pensar na atividade mineradora em um grande contexto que envolve o minério, mineradores, renda e ambiente.

### **Nióbio, o metal fabuloso.**

O nióbio é um metal refratário e, como todo material refratário, possui alto ponto de fusão, baixa ductilidade à temperatura ambiente e ligações atômicas fortes. Todas essas propriedades o tornam ideal para diversas aplicações, como por exemplo, na indústria aeroespacial (turbinas de avião), pois resiste às altas temperaturas a que as peças são submetidas; em aços inoxidáveis de alta resistência, em que apenas 100 g de Ni em 1 tonelada de aço o deixa mais forte e maleável; na indústria nuclear, em mísseis, em marca-passos, em sensores de sondas espaciais e em supercondutores utilizados na fabricação de bobinas para gerar campos magnéticos intensos aplicáveis em trens bala e aparelhos de ressonância magnética nuclear (CERNIAK, 2012). Os foguetes mais avançados do mundo, da empresa americana SpaceX, também têm nióbio na sua composição.

e os resíduos da mineração; sem contar a subsidência do terreno (deslocamento da terra para baixo relativamente a um nível de referência, como seja o nível médio do mar) (MILANEZ, WANDERLEY e SOUZA, 2017).

O objetivo de produzir riquezas é também pensar em como o ambiente é desgastado. A evolução da ciência é importante, mas será que a qualquer custo? Será que a ciência é capaz de salvar tudo e todos? Será que necessitamos de tudo o que a ciência produz?

O local da atividade mineradora não é escolhido pelas empresas de mineração, pois a mineração, diferentemente de outras atividades industriais, possui rigidez locacional. Neste sentido, faz-se necessário pensar que temos que fiscalizar e cobrar das autoridades posições ambientais para que não aconteçam acidentes como o rompimento das barragens de Mariana em 2015 e Brumadinho em 2019, ambas em Minas Gerais. Consideradas as maiores tragédias ambientais do Brasil, nas quais vidas foram perdidas, famílias desaparecidas, localidades devastadas, daí resultando a desagregação dos vínculos

Na literatura podemos observar que a mineração do Brasil tem duas frentes: os que a defendem por entenderem que ela tem participação relevante no PIB, no superávit da balança comercial; e os que são contrários, por esta atividade causar sérios impactos socioeconômicos e socioambientais (ALMEIDA, 2019).

Os principais problemas da mineração no Brasil, no caso dos municípios que a sediam, envolvem crescimento urbano e demográfico acelerados que resultam em condições de vida precárias para a população; forte dependência da economia local em relação a uma atividade baseada na exploração de um recurso não-renovável; além dos incontáveis prejuízos ao meio ambiente com a poluição sonora, do ar e da água, o desmatamento e a perda da biodiversidade, a deposição inadequada de rejeitos

### **CATÁSTROFE DE SAMARCO**

A represa foi especificamente construída para servir de depósito dos resíduos gerados durante o processo de mineração de ferro. Porém, o rompimento da barragem de rejeitos da mineradora Samarco em novembro de 2015, cujos donos são a Vale e a anglo-australiana BHP, causou uma enxurrada de lama que inundou várias casas no distrito de Bento Rodrigues, em Mariana, na Região Central de Minas Gerais



Fonte: File:Bento Rodrigues, Mariana, Minas\_Gerais\_(2 2828956680).jpg

## **CATÁSTROFE DA VALE**



A barragem pertencente à mineradora Vale se rompeu em 25/01/2019, milhões de metros cúbicos de rejeitos da produção de minério de ferro soterraram casas e propriedades rurais da comunidade da Vila Ferteco, além de encobrir a área administrativa da mina "Córrego do Feijão".

Fonte:

<https://www.gazetadopovo.com.br/politica/república/veja-tudo-que-se-sabe-ate-agora-sobre-o-rompimento-da-barragem-em-brumadinho-8q7hqp0fdbtjmyfcmi65u18s/>

sociais e biológicos das comunidades. Destruição de áreas agrícolas e pastos, com perdas de receitas econômicas, interrupção da geração de energia elétrica pelas hidrelétricas atingidas, destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa de Mata Atlântica, mortandade de biodiversidade<sup>3</sup> aquática e fauna terrestre e assoreamento de cursos d'água foram apenas alguns dos desastres ocasionados pelo rompimento dessas barragens (IBAMA, 2015).

### **Sugestões de vídeos:**

[https://www.youtube.com/watch?v=bR\\_u6mSC1Qw](https://www.youtube.com/watch?v=bR_u6mSC1Qw)

<https://globoplay.globo.com/v/2490977/>

<https://www.youtube.com/watch?v=6TlaXe6mUqk>

<https://www.youtube.com/watch?v=gPqGeCA5iOs>

[https://www.youtube.com/watch?v=XD\\_8y3VweZc](https://www.youtube.com/watch?v=XD_8y3VweZc)

<https://globoplay.globo.com/v/7330206/>

**ATENÇÃO, PROFESSOR(A):  
SEMPRE SE ATUALIZE!!!**

<sup>3</sup> Entendida como a “[...] a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas (Ministério do Meio Ambiente)

## TEXTO B –TÉCNICA DE ELETROFORESE

*A eletroforese é um método de separação baseado nas velocidades de migração diferenciais de espécies carregadas em um campo elétrico. Essa técnica de separação para as amostras de tamanho macro foi desenvolvida inicialmente por Arne Tiselius, um químico sueco, nos anos 1930, para o estudo de proteínas do soro sanguíneo, que ganhou o Prêmio Nobel por esse trabalho. A eletroforese em escala macro é aplicada a uma variedade de problemas envolvendo separações analíticas difíceis: ânions e cátions inorgânicos, aminoácidos, catecolaminas, drogas, vitaminas, carboidratos, peptídeos, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, polinucleotídeos e inúmeras outras espécies. (SKOOG, et al., 2014).*

Inovações na área de materiais cerâmicos têm sido realizadas com o intuito de aperfeiçoar e desenvolver processos, técnicas de fabricação e descoberta de novos materiais. A deposição por eletroforese (EPD) é uma das técnicas utilizadas para conformação desses materiais cerâmicos. Ela permite a produção de peças baratas e com estruturas complexas ou planas, de acordo com o formato do eletrodo de depósito do material. A técnica envolve a presença de dois eletrodos conectados aos polos de uma bateria ou fonte de energia, para a passagem de corrente elétrica por uma dispersão coloidal do pó cerâmico. O solvente pode ser tanto polar quanto apolar. Do ponto de vista experimental, a técnica de conformação de cerâmicas por eletroforese pode ser dividida em dois processos: no primeiro, as partículas de cerâmica dispersas no líquido (polar ou apolar) se movimentam para o eletrodo de carga oposta quando se aplica o campo elétrico. No segundo processo, as partículas se aproximam o suficiente do eletrodo para coagularem e permanecerem depositadas, formando um compacto ou um filme denso e homogêneo (HEISE, RIVERA e

BOCCACCINI, 2019).

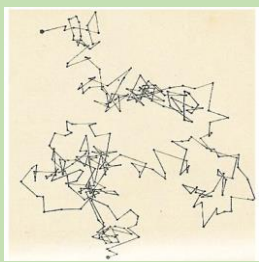
O uso de etanol como dispersante faz com que seja necessária a passagem de uma corrente elétrica maior pelo sistema para acontecer a deposição. Além disso, necessita de substâncias (potencialmente prejudiciais ao meio ambiente, como poliacrilatos) que dispersam o óxido para que ele não flocule e nem decante rapidamente no recipiente. Uma alternativa seria usar solventes polares, no caso a água, que, além de requerer corrente elétrica menor, não precisa de substâncias prejudiciais ao meio ambiente, porém em voltagens baixas (2V) teremos a **eletrólise** da água (GALEGO, 2019).

A ciência nos proporciona benfeitorias, tecnologias de ponta, mas temos de refletir sobre todos os impactos ambientais que estarão envolvidos no processo e no uso indevido de algumas substâncias. No caso da eletroforese da cerâmica, é interessante usar a água. Essa visão que envolve o processo total, desde a extração do óxido, e não só com produto final da peça cerâmica, é contemplada pela abordagem CTS.

A abordagem CTS é interessante por subsidiar questionamentos sobre construções históricas com relação à atividade científica e tecnológica, dentre elas: a visão salvacionista, que tem como crença que a Ciência e a Tecnologia são solução dos problemas da humanidade; a superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, que defende que os especialistas são responsáveis exclusivos por tomarem decisões sobre assuntos que envolvam conhecimentos científicos; o determinismo tecnológico, que associa a compreensão de que a causa da transformação social está na mudança tecnológica, e esta é autônoma (AULER; DELIZOICOV, 2006).

Além das questões ambientais, a EPD, em uma abordagem no nível microscópico, envolve vários fenômenos, entre eles: co-íons, potencial zeta, ponto isoeletrônico, interações Van Der Waals e várias outras variantes que podem interferir e até modificar o meio da dispersão. A influência dessas variáveis pode ser notada pela experimentação, em que podemos observar o movimento das partículas e o seu depósito no eletrodo.

*O movimento irregular de pequenas partículas imersas numa solução foi originalmente observado em 1828 pelo botânico inglês Robert Brown. Ele notou que as partículas em suspensão adquiriam uma espécie de movimento errático que posteriormente ficaria popularmente conhecido pelo nome de movimento browniano (MB).*



Um dos problemas é manter as partículas de óxido dispersas, já que elas possuem a tendência natural (devido ao movimento browniano<sup>4</sup> e as forças van der Waals<sup>5</sup>) de se reduzirem em número, em função do tempo decorrido com as diversas colisões. A redução no número de partículas é denominada de floculação.

Isso só nos faz refletir que os processos não acontecem separadamente. Consideramos que vivemos em uma complexidade e não em uma segregação. O meio reacional de estudo é influenciado por todas as partículas presente. Pensar que o óxido que está em suspensão vai apenas migrar para o eletrodo de depósito sem nenhuma interação com a água e seus minerais dissolvidos seria muito simplista.

Vamos pensar além? Vamos experimentar todas as possibilidades? Vamos pensar em cada interação?

Propomos pensar, experimentar e interagir com base nesta sequência, que abordará conceitos de Eletroquímica e Oxirredução tomando como ponto de partida o tema da conformação cerâmica, de forma didática e experimental, buscando fazer interação complexa das dimensões tecnológicas e sociais acima apresentadas com as dimensões pedagógicas e conceituais, que seguem abaixo, destacando conceitos e premissas que promovem caracterizações, diferenciações e simultaneidades reacionais, de

<sup>4</sup> **Premissas conceituais:** as partículas na dispersão mudam continuamente de direção devido a colisões com outras moléculas e com as paredes do recipiente e seguem uma complicada trajetória irregular em ziguezague (SHAW, 1975, p. 14).

<sup>5</sup> **Premissas conceituais:** existem três forças atrativas entre moléculas neutras: dipolo-dipolo, dispersão de London e ligação de hidrogênio, que são conhecidas como forças de Van der Waals, são as mesmas forças responsáveis pelas ligações químicas.

modo a representar a totalidade dos processos envolvidos e assim ultrapassar fragmentações comuns na abordagem desses temas e conteúdos selecionados.

Resumindo, a deposição por eletroforese (EPD) utilizada para conformação desses materiais cerâmicos envolve a presença de dois eletrodos conectados aos polos de uma bateria ou fonte de energia, para a passagem de corrente elétrica por uma suspensão coloidal do pó cerâmico. Do ponto de vista experimental, devem-se planejar dois processos: no primeiro, as partículas de cerâmica dispersas no líquido (polar ou apolar) movimentam-se para o eletrodo quando se aplica o campo elétrico. No segundo passo, as partículas irão coagular e permanecer depositadas. Nesse contexto, trazemos um suporte a respeito de quatro fenômenos importantes:

1. O fenômeno reacional devido às partículas dispersas no líquido, caracterizando a coexistência das partículas e as reações que ocorrem, diferenciando os materiais envolvidos e a simultaneidade das reações;
2. O fluxo de partículas, a direção do fluxo de elétrons no circuito externo e do fluxo de íons no circuito interno, dado o movimento das partículas para os eletrodos;
3. A aplicação do campo elétrico e a condição adequada para forçar a formação de uma reação não espontânea;
4. A eletrodeposição decorrente da deposição eletrolítica sobre a grafite.

### **Vamos pensar no caso da água como dispersante:**

#### **Interação da água com o óxido.**

Os solventes polares apresentam uma forte interação com a superfície dos óxidos em consequência da característica iônica da interface óxido/solvente. A mistura de partículas finas com um solvente é instável com o tempo e a sedimentação é um processo natural. O retardamento dessa sedimentação (processo de estabilização), no entanto, pode ser obtido pela adsorção de íons e/ ou moléculas na superfície das partículas micro ou submicrométricas, que geram forças repulsivas, tanto por ação de cargas elétricas<sup>6</sup>, como por impedimento espacial (estérico), ou ambas (OLIVEIRA et al, 2000).

#### **A estabilização eletrostática**

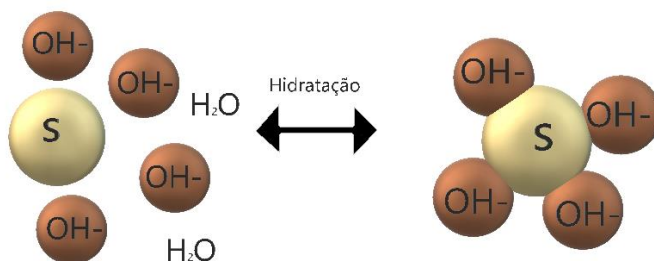
O desenvolvimento de cargas nas superfícies<sup>7</sup> das partículas dos pós-cerâmicos é o responsável pelo mecanismo de estabilização eletrostática da dispersão. Quando colocadas em contato com a água, essas partículas são submetidas à hidroxilação ou hidratação superficiais (figura 4).

---

<sup>6</sup>**Premissas conceituais:** Ao conduzir uma eletrólise em solução, temos que saber das espécies presentes que podem ser oxidadas e reduzidas pela corrente elétrica. (ATKINS, 2006, p. 543)

<sup>7</sup> **Premissas conceituais:** Como em todas as células eletroquímicas, a corrente passa pelo eletrólito, carregada pelos íons presentes.

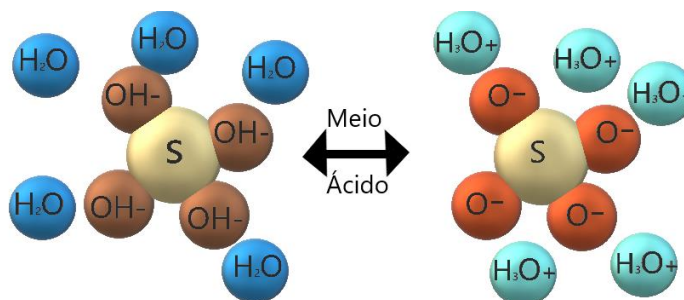
Figura 4: Hidratação das partículas do óxido (representado pela letra S, usada como referente de superfície)



Fonte: a autora, 2019.

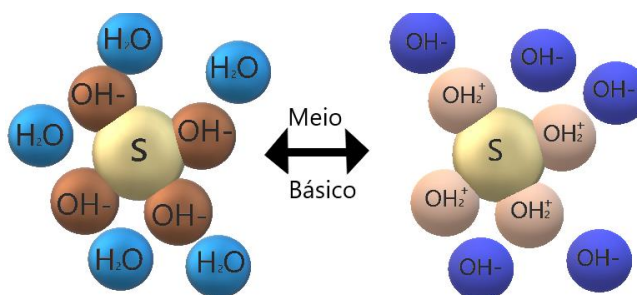
A hidratação das superfícies dos óxidos faz que eles fiquem carregados eletricamente. Por isso o pH da solução é tão importante, pois a partir dele podemos inferir a carga superficial do óxido. As figuras 5 e 6 apresentam possíveis cargas do óxido em pH ácido e básico, respectivamente.

Figura 5: Possíveis interações do óxido com H<sub>2</sub>O em pH ácido, em que S representa a superfície das partículas dos óxidos



Fonte: a autora, 2019.

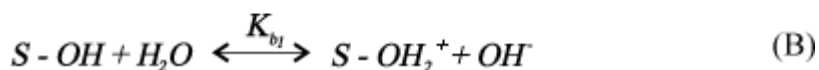
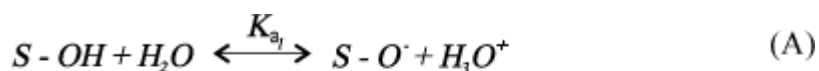
Figura 6: Possíveis interações do óxido com H<sub>2</sub>O em pH básico, onde S representa a superfície das partículas dos óxidos.



.Fonte: a autora, 2019

*Os óxidos de zinco e nióbio, são anfóteros. Essa qualidade faz que eles sejam pouco solúveis em água e, ao reagirem com ácidos e bases fortes, produzam água e sal.*

As ilustrações acima exemplificam o que acontece no meio reacional e podem ser representadas pelas reações A e B. Em suspensões aquosas, o pH final é resultado da ionização de grupos hidroxilas superficiais:



A letra S acima representa a superfície do óxido e  $K_{a1}$  e  $K_{b1}$  representam as constantes de dissociação ácida e básica em água, respectivamente. Pelas reações temos que, quando temos um meio ácido, a superfície do óxido deve apresentar carga negativa (Equação A). No caso de o meio apresentar pH básico, a superfície do óxido deve apresentar carga positiva (Equação B) (OLIVEIRA et al, 2000).

O depósito do pó cerâmico no eletrodo será influenciado por vários fatores já discutidos, dentre eles a carga superficial do óxido. As figuras 7 e 8 mostram o pH dos óxidos de nióbio e zinco, respectivamente, em água.

Figura 7: suspensão de óxido de nióbio em água.

Figura 8: suspensão de óxido de zinco em água.



Fonte: a autora, 2019



Fonte: a autora, 2019.



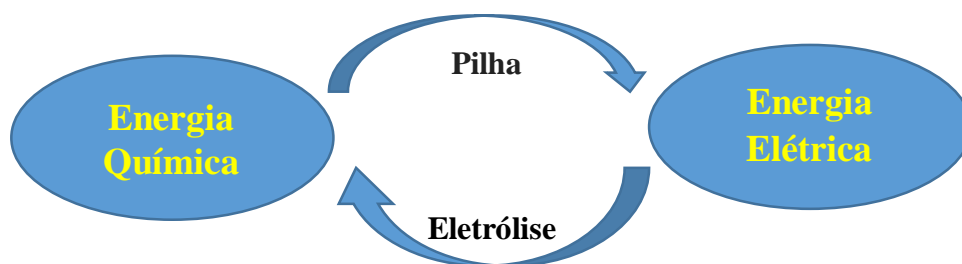
É muito importante lembrar que as interações acontecem a todo tempo e que existem muitos outros átomos, elétrons, ânions, cátions e partículas envolvidas no processo. Devemos pensar no meio como um todo e não em uma fragmentação das partes, na interação do material com o meio e o seu fluxo de elétrons, bem como nos cátions e ânions presentes na dispersão.

**Meio reacional** – caracteriza-se pela solução aquosa, responsável pelas condições para coexistência das reações redox. Nessa solução estão dispersos os íons e insere-se (ou mergulham-se) os eletrodos<sup>8</sup>. Logo, o contato propicia a reação de oxidação e de redução, simultaneamente. As reações se dão com o **eletrodo e com o eletrólito**.

**Eletrólitos em solução** – corresponde aos íons da solução (íons são espécies químicas carregadas eletricamente). Durante a deposição do óxido no eletrodo, por exemplo, temos a sedimentação acontecendo e a **ELETRÓLISE** da água.

Conhecendo o comportamento da superfície da partícula do óxido em decorrência da sua interação com o meio, vamos entender a **ELETRÓLISE** envolvida no processo.

A **ELETRÓLISE** é uma área da química que estuda as reações em que há transferência de elétrons entre um condutor eletrônico (eletrodo) e um condutor iônico (eletrólito) por meio de reações de **OXIDAÇÃO e REDUÇÃO**.



Na eletroquímica temos, então, dois tipos de reações envolvidas: as espontâneas (que convertem energia química em elétrica) e as não espontâneas<sup>9</sup> (precisam de energia para acontecer).

<sup>8</sup>**Premissas conceituais:** A célula eletrolítica é a célula eletroquímica na qual ocorre a eletrólise. O arranjo dos componentes das células eletrolíticas é diferente do arranjo da célula galvânica (baterias e pilhas). Em geral, os dois eletrodos ficam no mesmo compartimento, só existe um tipo de eletrólito e as concentrações e pressões estão longe das condições padrões. Como em todas as células eletroquímicas, a corrente passa pelo eletrólito. (ATKINS, 2006, p. 543)

<sup>9</sup> **Premissas conceituais:** eletrólise é o processo usado para forçar uma reação na direção não espontânea com o auxílio de uma corrente elétrica. Então, podemos forçar que a reação ocorra em um dos eletrodos. A eletrólise demonstra como uma reação energeticamente desfavorecida pode ser executada. (ATKINS, 2006, P. 542)

Nas reações espontâneas, como no caso das pilhas, das baterias e do nosso próprio metabolismo celular, há produção de energia até que a reação química se esgote.

Pilha: Processo Espontâneo		
REAÇÕES	Material-Eletrodo	Oxirredução em Semi-células
Oxidação (ânodo)	Polo negativo	$A \longrightarrow A^+ + e^-$ (libera elétrons)
Redução (cátodo)	Polo positivo	$B^+ + e^- \longrightarrow B$ (reage com elétrons)

Na pilha, o fluxo espontâneo de elétrons sempre ocorrerá de um material de maior potencial de oxidação para o material de menor potencial de oxidação, ou seja, há diminuição de energia<sup>10</sup>, aumento no deslocamento das partículas e geração de trabalho.

Nas reações não espontâneas, muito importantes para produção de cloro gasoso e de hidróxido de sódio, recargas de baterias e eletrólise da água que acontece junto com a deposição por eletroforese, é necessário fornecer energia elétrica (advindas das baterias, pilhas) para acontecer a reação química.

Tendo feito esta distinção destacam-se, a seguir, as representações necessárias para compreensão dos fenômenos envolvidos na experimentação com o Óxido de Nióbio.

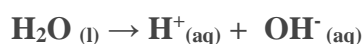
*Vale lembrar que a água destilada não é boa condutora de eletricidade, pois a quantidade de íons na água pura é muito pequena cerca de  $2.10^{-14} \text{ molL}^{-1}$*

### Eletrólise da Água

A água é estável em relação ao hidrogênio e ao oxigênio. A decomposição da água envolve uma grande energia de Gibbs, sendo, por isso, uma reação não espontânea.

A condutividade elétrica da água pura é baixa, sendo importante adicionar uma pequena quantidade de um eletrólito forte para que haja condução de corrente elétrica.

A passagem de corrente elétrica na dispersão de cerâmica faz que tenhamos as seguintes espécies no meio reacional derivadas da ionização da água:



**Eletrólito forte** é uma substância que está completamente ionizada em solvente. Suas soluções conduzem eletricidade melhor que o soluto puro. Os **eletrólitos** são oferecidos normalmente por compostos iônicos solúveis. Ex.: NaCl, HCl.

<sup>10</sup> **Premissas conceituais:** Os elétrons gerados no ânodo de uma célula eletroquímica movem-se por meio de um circuito externo em direção ao cátodo, e a força necessária para mover os elétrons surge da diferença de energia potencial dos elétrons nos dois eletrodos. Essa diferença de energia potencial por carga elétrica é chamada de força eletromotriz.

**Fique ligado: a água da torneira conduz corrente elétrica porque existem substâncias dissolvidas, como sais minerais, que sofrerão o processo de dissociação produzindo íons em solução. Esses íons (eletrólitos) na solução é que permitem a passagem da corrente elétrica**

### Semi-reações<sup>11</sup> nos eletrodos:

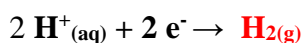
No ânodo (ocorre a oxidação) teremos a formação do O<sub>2</sub>.



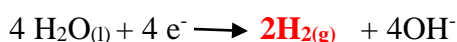
ou



No cátodo (ocorre a redução) teremos a formação do H<sub>2</sub>.

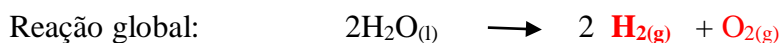
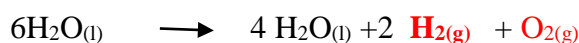
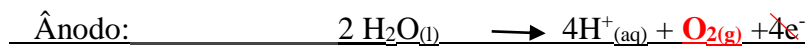
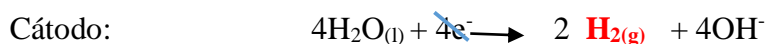


ou



Observe: o volume de gás hidrogênio produzido é o dobro do volume de gás oxigênio. Por isso, é possível evidenciar qual gás está sendo borbulhado em cada eletrodo.

Os íons H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup> formados combinam-se formando água, sendo a reação global a soma das duas semi-reações:



<sup>11</sup> **Reação de oxidação e reação de redução** – como toda reação tem reagentes e produtos. Os elétrons são reagentes da reação de redução e são produtos da reação de oxidação. **Premissas conceituais:** reação de oxidação e reação de redução, ou redox, são reações que ocorrem simultaneamente. Por isso, o processo reacional caracteriza-se por semi-reações, ocorrendo em distintas semi-células.

Na literatura encontramos tabelado que a  $25^{\circ}\text{C}$  e  $\text{pH} = 7$ ,  $E^{\circ}_{\text{célula}}$  (potencial padrão da célula) é de  $-1,23\text{ V}$ . Esse valor negativo indica que a reação da eletrólise da água é não espontânea, sendo necessário fornecer uma voltagem de no mínimo  $+1,23\text{ V}$ .

Vamos pensar e enfatizar sempre o que acontece no meio reacional e pensar no fluxo de elétrons.

Eletrólise: Processo não espontâneo			
Reações	Meio reacional	Material - Eletrodo	Oxirredução em semi-células
Oxidação (ânodo)	Centro de cargas negativas ( $\text{OH}^-$ )	Polo positivo	$2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{e}^- + \frac{1}{2}\text{O}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ (libera elétrons)
Redução (cátodo)	Centro de cargas positivas ( $\text{H}^+$ )	Polo negativo	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_{2(\text{g})}$ (reage com os elétrons)

Os elétrons que estão envolvidos no sistema fluem do centro gerador para o centro que precisa de elétrons, ou seja, do ânodo para o cátodo.

Se imaginarmos o meio reacional como um todo, teremos várias espécies iônicas na dispersão coloidal, que irão interagir quando conectadas com o processo espontâneo de uma bateria<sup>12</sup>. Os ânions (espécies carregadas de elétrons) que estão no meio reacional fluem para o eletrodo conectado ao ânodo da bateria<sup>13</sup>, sendo assim, se oxidam (perdem elétrons) e, em seguida, a bateria força<sup>14</sup> esses elétrons a fluir para o cátodo. O aumento do fluxo de elétrons no cátodo faz com que haja um aumento na quantidade de cátions (espécies carregadas de cargas positivas) nas proximidades do eletrodo conectado ao cátodo da bateria, onde se reduzem<sup>15</sup>.

*Os eletrodos utilizados para deposição por eletroforese são inertes, ou seja, não reagem com as espécies iônicas presentes no meio. Por isso este trabalho considera as reações que ocorrem no meio e não nos eletrodos.*

<sup>12</sup> **Premissas conceituais:** os elétrons passam do ânodo para o cátodo por um fio externo.

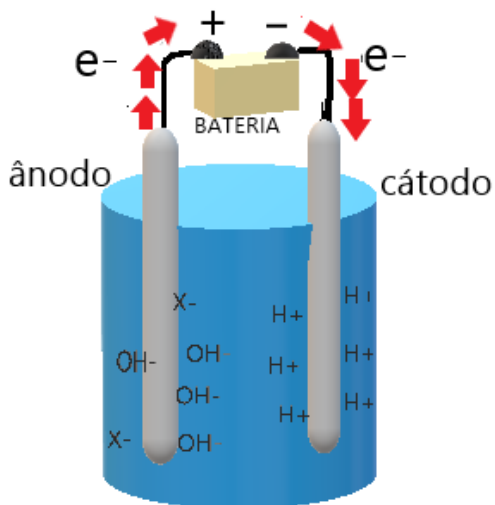
<sup>13</sup> **Premissas conceituais:** os elétrons passam do ânodo para o cátodo por um fio externo.

<sup>14</sup> **Premissas conceituais:** Dada a força motriz gerada no meio reacional, o fluxo é forçado a ocorrer.

<sup>15</sup> **Premissas conceituais:** os cátions descarregados, portanto um material neutro, após a redução, podem permanecer livres ou podem produzir reação com os eletrodos, com o solvente ou entre si em reações secundárias.

A figura 9, ilustra a descrição da eletrólise. Os depósitos<sup>16</sup> dos pós cerâmicos nos eletrodos será de acordo com o pH da suspensão, que influenciará a carga superficial do óxido de acordo com sua

hidratação, descritas anteriormente pelas reações A e B. Além do depósito, teremos a formação de H<sub>2</sub>, que é observado pela formação de bolhas durante o depósito do material cerâmico no eletrodo.



Observação: o cátodo de uma célula eletroquímica é onde ocorre a reação de redução e o ânodo é onde ocorre a oxidação. Isso sempre estará presente em uma célula galvânica (pilha) ou numa eletrolítica (eletrólise) (HOLLER et al, 2009).

Figura 9: Representação de uma célula eletrolítica.  
Fonte: a autora, 2019, adaptado de Holler et al, 2009.

<sup>16</sup> **Eletrólise** – é uma deposição eletrolítica de um filme fino de metal sobre um objeto (metal ou plástico) coberto por grafita. Eletrólito é uma solução, em água, de um sal do metal a ser depositado. O metal é depositado no cátodo pela reação dos íons na solução de eletrólito. Esses cátions são fornecidos pelo sal adicionado ou pela oxidação no ânodo. No nosso caso, não é sal, então não é carregado positivamente, ou seja, não é um cátion clássico; no nosso caso, é um óxido cuja superfície ficará carregada positivamente ou mesmo negativamente em função das condições do meio reacional.

## TEXTO C – PROPRIEDADES FERRIMAGNÉTICAS DO PÓ CERÂMICO DE ÓXIDO DE FERRO.

As propriedades dos materiais cerâmicos são inúmeras. Dentre elas temos o ferrimagnetismo, uma propriedade muito interessante em aplicações elétricas, sendo responsável por grandes avanços em circuitos de TV, computadores, chaves magnéticas, aparelhos de ressonância, além de aplicações forenses para coletar impressões digitais.

O ferrimagnetismo é caracterizado por uma magnetização permanente em que os materiais impõem uma força ou interação de atração ou repulsão sobre outros materiais. O mecanismo por trás desse fenômeno é complexo, mas se pode afirmar que a estrutura atômica está associada a essa propriedade. Um exemplo clássico de mineral magnetita, chamado de pedra-ímã, é o  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , que pode ser escrito como  $\text{Fe}^{2+} \text{O}^{2-} - (\text{Fe}^{3+})_2 (\text{O}^{2-})_3$ , em que os íons Fe existem nos estados de valência +2 e +3 na razão de 1:2 respectivamente (CALLISTER; RETHWISCH, 2016).

O óxido de ferro ou magnetita (pó cerâmico) é utilizado para preparar **ferrofluidos**, que são assim chamados por apresentarem as características dos elementos ferrimagnéticos dissolvidos em substâncias fluídicas (água ou outro solvente orgânico).

Os ferrofluidos surgiram em 1960, em uma tentativa da NASA (National Aeronautics and Space Administration) de produzir um combustível que pudesse ser controlado na ausência de gravidade. Os cientistas moeram partículas magnéticas para serem dispersas no combustível. Essa foi a solução encontrada, pois assim eles poderiam direcionar o combustível por meio da aplicação de um campo magnético. Desde então, as técnicas de síntese se aperfeiçoaram e hoje se produzem fluidos magnéticos das mais diferentes características, usados em diversas aplicações tecnológicas e biomédicas. Na medicina, os ferrofluidos são usados como meios de contraste para a ressonância magnética e podem ser usados para a detecção do câncer (JORDAN et al, 1999).

Os ferrofluidos, na presença de um ímã, criam esculturas fantásticas de maneira bastante simétrica, pois atendem à uniformidade do magnetismo envolvido, em que o ferro é atraído pelo ímã e a água ou outro solvente utilizado permanecem estáticos.

As propriedades do ferrofluido podem ser experimentadas de forma caseira por meio de uma reação de oxirredução.

Na presença de oxigênio, o ferro pode sofrer uma oxidação e produzir óxido de ferro. Considerando que tanto o ferro como o aço (liga metálica de Fe e C) reagem com o oxigênio, temos a seguinte equação química:

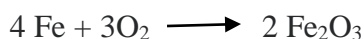


Figura 10: ferrofluido



Fonte:

[https://pixabay.com/pt/  
/%C3%ADquido-  
ferrofluido-  
espig%C3%B5es-17-  
709502/](https://pixabay.com/pt/%C3%ADquido-ferrofluido-espig%C3%B5es-17-709502/)

O oxigênio é um elemento representativo muito reativo da família 6A. Entre todos os elementos químicos, o oxigênio perde apenas para o flúor na eletronegatividade, o que torna aquele um forte agente oxidante.

### Idade do Ferro

Período estabelecido pelo primeiro surgimento de que se tem notícia de sociedades com conhecimento do manuseio do ferro, datado de 1200 anos a.C., ou seja, no século XII a.C., nas regiões do Oriente Próximo e do Sudeste da Europa.

Fonte:

<https://www.infoesco.la.com/historia/idade-do-ferro/>

O ferro é um dos elementos mais abundantes do universo. O núcleo da Terra é formado por níquel e ferro. Este metal é tão importante historicamente que um período da história recebeu seu nome: Idade do Ferro.

Na queima da palha de aço, podemos ter a formação dos dois óxidos de ferro:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (óxido ferroso) ou o  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (óxido férrico), ambos pós cerâmicos de grande interesse tecnológico. Misturando esse pó com um fluido (água ou óleo), teremos nosso **ferrofluido**.

*A esponja de aço é constituída por 99% Ferro (Fe), 0,9% Carbono (C) e 0,1% Manganês (Mn). Ao reagir com o oxigênio ( $\text{O}_2$ ) presente no ar (oxidação), a esponja de aço aumenta sua massa. Isso ocorre devido à reação entre o Fe presente na esponja e o oxigênio ( $\text{O}_2$ ), formando o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (óxido ferroso) ou o  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (óxido férrico).*

## **SUPORTE EXPERIMENTAL PARA AS AULAS**

É muito importante valorizar as situações problemáticas que aparecem no nosso dia a dia. Os nossos estudantes lançam novos desafios a todo o momento. Realizar trabalhos de caráter científico em grupos e interagir com o meio são formas importantes para o desenvolvimento humano. Estar inserido em uma comunidade, conviver e experimentar são aspectos fundamentais para ajudar na busca de solução das ditas situações problemáticas.

Isso só será possível se você, caro(a) educador(a), conduzir suas aulas experimentais de forma oposta à tradicional, colocando os estudantes sempre frente a situações problemáticas, para que se propicie assim a construção do próprio conhecimento. Nesse sentido, é importante considerar o envolvimento dos alunos com um problema real e contextualizado.

A abordagem experimental deve promover o protagonismo dos estudantes. Ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental.

### **COMPETÊNCIA ESPECÍFICA**

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2017).

### **HABILIDADES**

Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, para propor ações que visem à sustentabilidade – EM13CNT107 (BRASIL, 2017).



## ELETROFORESE – EXPERIMENTAÇÃO

**Desafio do experimento - Eletroforese:** Os estudantes devem participar ativamente da experimentação. O professor(a) apenas auxiliará, instigando-os com perguntas referentes a eletroforese e eletrólise que estão nos questionários deste material. Deve-se deixar claro que o resultado não esperado na experimentação também gera um aprendizado, logo não é certo dizer que dado experimento “deu errado”. Durante a experimentação os estudantes devem tentar compreender os processos espontâneos (pilhas) e não espontâneos (eletrólise) em meio reacional; equacionar as reações de oxirredução que ocorrem no sistema, incluindo a eletrólise da água; compreender quais espécies estão sendo oxidadas e quais estão sendo reduzidas, bem como as que estão sendo formadas. Com o experimento vivenciado, devem responder às questões sugeridas neste material, inclusas as que envolvem a Eletroquímica.

*Agradecimento especial à empresa CBMM (Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração), localizada em Araxá, Minas Gerais, que cedeu gentilmente óxido de nióbio para os experimentos.*

### Materiais

- ✓ 1 bateria de 12 V (aquelas usadas em triciclo infantil);
- ✓ 2 pedaços de 50 cm no mínimo de fios flexíveis de 4 mm conectados em pequenas garras jacarés (encontrados em lojas de produtos elétricos e eletrônicos);
- ✓ 1 vasilha pequena de inox ou alumínio (15 cm por 15 cm);
- ✓ 1 grafite de 5 mm (lapiseira);
- ✓ Óxido de Nióbio;
- ✓ Água destilada (adicionar eletrólitos<sup>17</sup>) ou água da torneira;
- ✓ 1 pHmetro digital (encontrado em lojas de produtos para piscina ou aquário);
- ✓ 1 agitador magnético (ou agitação manual);
- ✓ 1 balança (pode ser de cozinha).

Obs: o pH pode ser medido com fitas testes ou solução de repolho roxo.

Indicador de pH com repolho roxo: <https://www.youtube.com/watch?v=0rubKAuMARG>

<sup>17</sup> Eletrólitos são todas as substâncias que, dissociadas ou ionizadas, originam íons positivos (cátions) e íons negativos (ânions) pela adição de um solvente ou por aquecimento. Dessa forma, torna-se um condutor de eletricidade. Exemplos: KCl e NaCl.

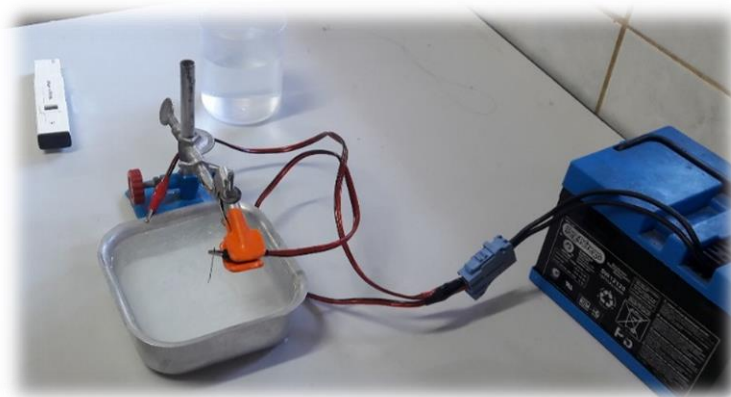
### Procedimento:

1. Prepare uma dispersão coloidal 10% em peso de água com óxido de nióbio. Misture bem.
2. Conecte as garras jacarés nos pólos da bateria.
3. Um dos jacarés deve ficar preso na vasilha e o outro no grafite – as polaridades dependerão da medida do pH da dispersão coloidal, para observar qual é a carga superficial adquirida pelo óxido.
4. Deixe o sistema ligado por 20 minutos, em cima de um agitador magnético (na falta deste, misturar devagar com uma colher de plástico).

**IMPORTANTE:** outros óxidos podem ser utilizados na experimentação, devendo-se observar o pH da dispersão para conectar o grafite no polo certo. O óxido utilizado no experimento não precisa ser descartado. Pode ser recuperado por filtração simples e secagem, o que possibilita o uso outras vezes.

O sistema montado para a deposição por eletroforese (figura 11) possibilita a conformação dos materiais cerâmicos (figura 12) nas mais variadas formas. Nesse experimento, utilizou-se o grafite para o depósito do óxido. O grafite permite a deposição do óxido em todos os lados, proporcionando assim uma peça cerâmica com uma maior área de contato.

Figura 11: Sistema adaptado para deposição por eletroforese.



Fonte: a autora, 2019.

Figura 12: Depósito de óxido de nióbio no grafite.



Fonte: a autora, 2019.

## FERRIMAGNETISMO – EXPERIMENTAÇÃO

**Desafio do experimento - Ferrimagnetismo:** os estudantes devem participar ativamente da experimentação. O(a) professor(a) apenas auxiliará. Durante a experimentação do ferrimagnetismo, os estudantes devem ser capazes identificar e conhecer as propriedades ferrimagnéticas dos materiais cerâmicos; analisar e verificar a queima da palha de aço e equacionar as reações de oxirredução.

### Materiais

- ✓ 1 pacote de palha de aço;
- ✓ Fósforo;
- ✓ 1 panela velha para colocar a palha de aço;
- ✓ 1 peneira;
- ✓ Óleo de cozinha;
- ✓ 1 tampa (plástica ou de metal);
- ✓ 1 ímã de neodímio (encontrado em compartimento de cd ou dvd). Pode ser usado ímã de caixa de som.

A esponja de aço é constituída por 99% Ferro (Fe), 0,9% Carbono (C) e 0,1% Manganês (Mn). Ela é um material bastante utilizado em experimentos, por ser de fácil acesso e baixo custo. Ao reagir com o  $O_2$  presente no ar (oxidação), a esponja de aço aumenta sua massa. Isso ocorre devido à reação entre o Fe presente na esponja e o  $O_2$ , formando o  $Fe_2O_3$  (óxido ferroso) ou o  $Fe_3O_4$  (óxido férrico).

### Procedimento:

1. A palha de aço deve ser aberta e queimada dentro de uma panela velha e peneirada.
2. Misture o pó obtido com óleo.
3. Coloque a mistura em cima de uma tampa plástica – embaixo da tampa deve ficar um ímã em

IMPORTANTE O USO DE MÁSCARAS, ÓCULOS E LUVAS PARA A REALIZAÇÃO DOS

movimento.

A queima da palha de aço (figura 13) pode ser iniciada com a chama de um fósforo. A fonte de calor faz com que as finas fibras de ferro reajam rapidamente com o oxigênio do ar, resultando na formação de dois óxidos de ferro:  $Fe_2O_3$  (óxido ferroso) ou o  $Fe_3O_4$  (óxido férrico), ambos pós cerâmicos de grande interesse tecnológico e calor. Misturando esse pó cerâmico com um fluido (água ou óleo) teremos nosso *ferrofluido* (figura 14).

Figura 13: Queima da palha de aço.



Fonte: a autora, 2019.

Figura 14: Ferrofluido.



Fonte: a autora, 2019.

## PLANO DE AULA POR UNIDADE DIDÁTICA - ESTUDO DA REALIDADE

**Título:** Introduzindo as Cerâmicas e a Eletroquímica

**Premissa temática:** Historicamente, os materiais cerâmicos estão presentes nas nossas vidas há mais de 10 mil anos. Os materiais cerâmicos avançados projetam muitos estudos científicos por desempenharem um papel fundamental na vida moderna, por isso a importância de conhecê-los e estudá-los.

**Premissa conceitual para a Eletroquímica:**

**Sobre as reações de oxirredução:** Essas reações são muito comuns e importantes e estão envolvidas em diversos processos, inclusive respiração celular, fabricação e ação de alvejantes, ferrugem do ferro. Uma característica importante dessas reações é a transferência de elétrons, em que a oxidação se refere à perda de elétrons e a redução ao ganho de elétrons.

**Problematização temática:** Qual é a importância de estudar as cerâmicas? Além das argilas, quais outros elementos formam os materiais cerâmicos?

**Problematização Conceitual:** Qual é a natureza elétrica dos elementos químicos dos óxidos de nióbio e de zinco? Como calcular o potencial padrão de uma célula a partir de suas semi-reações de oxirredução?

**Conteúdos específicos envolvidos**

- ✓ A presença das cerâmicas em nossas vidas; O estudo das cerâmicas avançadas e das suas aplicações; os métodos de conformação de cerâmicas; os impactos ambientais com a extração das matérias primas para a produção das cerâmicas; reações de oxirredução; potencial padrão de redução.

**Objetivos**

- ✓ Apresentar, problematizar e discutir conhecimentos químicos, físicos e de CTS que envolvem a extração da matéria prima para a confecção das cerâmicas;
- ✓ Conhecer as cerâmicas avançadas e a sua importância na vida moderna;
- ✓ Levantar concepções prévias dos alunos e levar ao desenvolvimento de um pensamento frente às cerâmicas e a eletroquímica, relacionado a CTS.

**Desenvolvimento metodológico**

- ✓ A aula deve iniciar com questionamentos sobre a temática para que se estabeleça um diálogo com os estudantes em sala;
- ✓ Solicitar aos estudantes que respondam, em um primeiro momento, às questões de investigação propostas com relação ao objeto de estudo, para que possam refletir sobre elas no final da aula, após a apresentação do texto base;
- ✓ Comentar os fatos históricos sobre a extração da matéria-prima para a confecção das cerâmicas, os impactos da mineração e como isso poderia ser feito de forma a ocasionar menor prejuízo ambiental, sempre levando os estudantes a pensar que a ciência sempre estará relacionada com a tecnologia e a sociedade (obs.: há sugestões de vídeos no texto-base que podem ser utilizados);
- ✓ Comentar sobre as cerâmicas, segundo caracterizações e as diferenciações dos textos-base, enfatizando cerâmicas avançadas e a sua importância na vida moderna - também abordar como a química está presente em nosso cotidiano por meio das cerâmicas.

**Recursos didáticos**

- ✓ Questionário de problematização sobre cerâmicas e eletroquímica;

- ✓ Texto A – As cerâmicas;
- ✓ Quadro e giz ou quadro branco e pincel.

### **Tempo**

- ✓ 1 aula de 50 minutos.

### **Avaliação**

- ✓ Observar a participação e a argumentação dos estudantes, bem como a cooperação entre eles durante a problematização e a investigação da temática proposta;
- ✓ Avaliar o questionário de problematização que eles deverão entregar.

## PLANO DE AULA POR UNIDADE DIDÁTICA- ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

**Título:** Experimentando com as cerâmicas – Eletroforese do pó cerâmico de Pentóxido de Nióbio. (Pode ser substituído por óxido de zinco ou alumínio.)

**Premissa temática:** Existem muitas técnicas de conformação de cerâmicas. A eletroforese vista na aula anterior se destaca por ser uma técnica barata com a vantagem de produzir peças em diferentes formatos, levando cientistas de todo mundo a estudar suas variáveis.

**Premissas conceituais para a Eletroquímica:**

**Sobre o meio reacional** - eletrólise é o processo usado para forçar uma reação na direção não espontânea com o auxílio de uma corrente elétrica. Ao conduzir uma eletrólise em solução, temos que saber as espécies presentes que podem ser oxidadas e reduzidas pela corrente elétrica. Então, podemos forçar que a reação ocorra em um dos eletrodos;

**Sobre a direção dos fluxos e a aplicação do campo elétrico:** Os elétrons passam do ânodo para o cátodo por um fio externo e a força necessária para mover os elétrons surge da diferença de energia potencial entre os eletrodos. A eletrólise demonstra como uma reação energeticamente desfavorecida pode ser executada. Como em todas as células eletroquímicas, a corrente passa pelo eletrólito, carregada pelos íons presentes;

**Sobre a eletrodeposição:** A célula eletrolítica é a célula eletroquímica na qual ocorre a eletrólise. O arranjo dos componentes das células eletrolíticas é diferente do arranjo da célula galvânica (baterias e pilhas). Em geral, os dois eletrodos ficam no mesmo compartimento, só existe um tipo de eletrólito e as concentrações e pressões estão longe das condições padrões. O material é depositado no cátodo pela reação dos íons na solução de eletrólito. Esses cátions são fornecidos pelo sal adicionado ou pela oxidação no ânodo.

**Problematização temática:** Como se comporta uma dispersão cerâmica de óxido de nióbio a partir da técnica de eletroforese? Quais reações acontecem? Qual é a forma da peça cerâmica produzida?

**Problematização conceitual para a Eletroquímica:** O que você entende por eletrólise? Quais espécies estão presentes na dispersão coloidal que podem ser oxidadas e reduzidas pela corrente elétrica?

**Conteúdos específicos envolvidos:** reações de oxirredução e eletrólise, comportamento (propriedades) da suspensão de pentóxido de nióbio.

**Objetivos:**

- ✓ Reconhecer a importância da eletroforese em relação a outros métodos de conformação de cerâmicas;
- ✓ Reconhecer a importância do óxido do Nióbio e a sua história no Brasil;
- ✓ Compreender as possíveis reações envolvidas na técnica de eletroforese e ser capaz de equacioná-las por compreensão, caracterizações, diferenciações e simultaneidades, não pela chamada “decoreba”;
- ✓ Reconhecer a importância da Eletroquímica nos processos físico químicos e entender os processos espontâneos (pilhas) e não espontâneos (eletrólise) no meio reacional;
- ✓ Equacionar as reações de oxirredução que ocorrem no sistema, incluída a eletrólise da água;
- ✓ Compreender quais espécies estão sendo oxidadas e quais estão sendo reduzidas, bem como as que estão sendo formadas.

**Desenvolvimento metodológico**

- ✓ A aula deve iniciar com a formação de grupos pelos estudantes e estes devem pesquisar sobre o óxido de nióbio e a técnica de eletroforese, usando o texto sobre eletroforese disponível no

material, além de celular ou computador (obs.: se a escola não tiver subsídios para essa pesquisa, o docente pode pedir aos estudantes que pesquisem em casa), para que juntos os grupos possam chegar a possíveis conclusões de como montar os materiais propostos para a experimentação;

- ✓ Peça para que o grupo desenhe um possível sistema para a experimentação com os materiais disponíveis;
- ✓ Proposta a experimentação, o(a) professor(a) deve orientar os grupos para que observem todo o processo de experimentação;
- ✓ Pedir aos alunos que fotografem, filmem e anotem todas as evidências experimentais, a fim de que possam formular hipóteses para as possíveis reações envolvidas;
- ✓ Após a experimentação os alunos devem refletir e responder às questões de experimentação propostas, fazendo caracterizações e diferenciações e identificando as simultaneidades – podem utilizar o livro didático para possível pesquisa.

### **Recursos didáticos**

- ✓ Texto B – Técnica de Eletroforese;
- ✓ Questionário aprofundamento de experimentação e investigação sobre a eletroquímica a partir da técnica de eletroforese;
- ✓ Livro didático de Química.

### **Tempo**

- ✓ 2 aulas de 50 minutos.

### **Avaliação**

- ✓ Observar o empenho e a criatividade para propor a experimentação.
- ✓ Observar a responsabilidade, a participação dos alunos e a cooperação em grupo durante a experimentação;
- ✓ Avaliar a capacidade de responder as questões propostas sobre os conteúdos abordados no questionário de aprofundamento de experimentação e investigação sobre a eletroquímica.

## PLANO DE AULA POR UNIDADE DIDÁTICA - ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

**Título:** Experimentando com as cerâmicas – Propriedade Ferrimagnética do pó cerâmico de Óxido de Ferro

**Premissa temática:** De forma geral, as propriedades dos materiais cerâmicos são históricas. Pode-se dizer que são extremamente duras, mas extremamente frágeis e suscetíveis às fraturas. São isolantes à passagem de calor e eletricidade e algumas delas apresentam comportamento magnético (exemplo,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

**Premissa conceitual para a Eletroquímica:**

**Sobre as reações de oxirredução:** Um exemplo clássico de mineral magnetita, chamado de pedra-ímã, é o  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , que pode ser escrito como  $\text{Fe}^{2+} \text{O}^{2-}$  combinado com  $(\text{Fe}^{3+})_2 (\text{O}^{2-})_3$ , onde os íons Fe existem nos estados de valência +2 e +3 na razão de 1:2, respectivamente. Uma característica importante dessas ligações é que esses elementos transferem elétrons, podendo oxidar ou reduzir.

**Problematização temática:** Como é possível fazer um pó ferrimagnético com palha de aço? Como se comporta um pó cerâmico com propriedades ferrimagnéticas na presença de um ímã?

**Problematização conceitual para a Eletroquímica:** Quais espécies químicas estão envolvidas no processo? Qual elemento será oxidado e qual será reduzido?

**Conteúdos específicos envolvidos:** Reações de oxirredução, propriedades ferrimagnéticas.

### Objetivos

- ✓ Identificar e conhecer as propriedades ferrimagnéticas dos materiais cerâmicos;
- ✓ Analisar e verificar a queima da palha de aço;
- ✓ Equacionar as reações de oxirredução;

### Desenvolvimento metodológico

- ✓ A aula deve iniciar com a formação de grupos pelos alunos e eles devem pesquisar sobre as propriedades do pó de cerâmico de óxido de ferro e como obtê-lo a partir da palha de aço usando o texto sobre propriedades das cerâmicas disponível no guia, além de celular ou computador (obs: se a escola não tiver subsídios para essa pesquisa, o professor pode pedir para que os alunos pesquisem em casa) para que juntos os grupos possam chegar a possíveis conclusões de como montar os materiais propostos para a experimentação.
- ✓ Proposta a experimentação, o professor deve orientar os grupos para que observem e participem de todo o processo da experimentação.
- ✓ Pedir para que os alunos fotografem, filmem, anotem todas as evidências experimentais para que possam formular hipóteses para as possíveis reações envolvidas.
- ✓ Após a experimentação os alunos devem refletir e responder as questões de experimentação propostas enfatizando caracterizações e diferenciações e identificando simultaneidades;
- ✓ Compartilhar e discutir as respostas das questões com toda a turma;

### Recursos didáticos

- ✓ Texto C – Propriedades ferrimagnéticas do pó cerâmico de óxido de ferro;
- ✓ Livro didático de Química;
- ✓ Questionário de aprofundamento de experimentação do ferrifluido e investigação sobre oxirredução; Quadro e pincel.

### Tempo

- ✓ 2 aulas de 50 minutos

### Avaliação

- ✓ Observar o empenho e a criatividade para propor a experimentação;
- ✓ Observar a responsabilidade, participação dos alunos e a cooperação em grupo durante a experimentação;
- ✓ Avaliar a capacidade de responder as questões propostas sobre os conteúdos abordados.



## PLANO DE AULA POR UNIDADE DIDÁTICA - APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

**Título:** Cerâmicas: Uma visão geral e aplicada aos conceitos da Eletroquímica e da oxirredução

**Premissa pedagógica:** O que o aluno não consegue fazer sozinho hoje, em um futuro próximo ele fará porque se relaciona com o meio em que está inserido (VYGOTSKY, 1979). Essa troca de experiências faz que a fonte de conhecimento não seja apenas advinda de uma origem e sim de interações constantes.

**Problematização pedagógica:** Segundo Vygotsky (1979) o aluno apresenta dois níveis de desenvolvimento: um deles engloba as funções mentais (estimado pelo que uma pessoa realiza sozinha) e o outro nível o que ela conseguiria fazer ou alcançar com a ajuda de um colega ou do professor(a). Essa distância entre os dois níveis é chamada de ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal). Como a sequência didática foi importante para construção e o alcance de nível mais elevado de conhecimento, para a aplicação e generalização do que foi aprendido?

### Conteúdos específicos envolvidos

- ✓ Caracterizações, diferenciações e simultaneidades nas reações de oxirredução e eletrólise, pós cerâmicos de óxido de nióbio e óxido de ferro.

### Objetivos

- ✓ Ajudar na elucidação das respostas erradas com a explicação teórica do conteúdo;
- ✓ Após as explicações, pedir aos estudantes que reformulem as respostas das questões.

### Desenvolvimento metodológico

- ✓ Fazer uma roda de conversa para a discussão dos estudantes sobre todas as atividades propostas durante as aulas;
- ✓ Registrar as dúvidas, identificar os erros e propor explicações conceituais;
- ✓ Relacionar os conhecimentos obtidos a outras situações.

### Recursos didáticos

- ✓ Questionários anteriores;
- ✓ Quadro e giz;
- ✓ Aparelho de Filmagem e áudio.

### Tempo

- ✓ 1 aula de 50 minutos

### Avaliação

- ✓ Avaliar o trajeto percorrido pelo aluno no desenrolar das aulas, qual foi a compreensão conceitual e a aplicação crítica dos conhecimentos aprendidos.

## FICHA DE ACOMPANHAMENTO DE APRENDIZAGEM

### BLOCO A – Caracterização dos sujeitos da pesquisa

Escola: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

( ) Masculino ( ) Feminino Idade: \_\_\_\_\_

É a primeira vez que cursa o 3º ano do ensino médio? Sim  Quantas vezes, contando com esse ano? \_\_\_\_\_ Não

De qual disciplina gosta mais? \_\_\_\_\_ Por quê? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### BLOCO B – Aspectos do Material Didático (Geral e EXPERIMENTAÇÃO)

- 1) A sequência didática “Cerâmicas e Interações CTS: Uma abordagem Experimental para o Ensino Química” foi clara e coerente?
- 2) A experimentação fez que você vivencie e esteja inserido(a) no aprendizado?
- 3) Baseado(a) na experimentação, você acha que ela proporciona uma maior interação estudante/fenômeno e professor/estudante?
- 4) A experimentação da eletroforese e a do ferrofluido foram importantes para entender conteúdos de química?
- 5) Complemente:
  - a) Eu gostei de
  - b) Eu aprendi nas aulas que
  - c) A experimentação é
- 6) De forma geral, quais são suas maiores dificuldades em entender a química?

### **BLOCO C — Aspectos pedagógicos do Material Didático (Conteúdo de Química)**

- 1) Quais conceitos sobre o temática da aula você desconhecia?
- 2) O que aprendeu de conteúdos químicos com a sequência didática?
- 3) Complemente:
  - a) A eletroquímica
  - b) A oxirredução
  - c) A eletroforese
  - d) Minha visão sobre as cerâmicas

### **BLOCO D — Abordagem CTS**

- 1) Sabendo dos problemas ambientais que envolvem a mineração, acredita ser importante estudar o conteúdo de ciências abordando os impactos ambientais na sociedade? Com isso é possível ver as ciências com outro olhar?
- 2) As aulas apresentaram discussões sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e meio ambiente?
- 3) O material discute os impactos decorrentes da aplicação do conhecimento científico?
- 4) Foi possível aprender conceitos de química com a contextualização das cerâmicas?
- 5) Qual é a vantagem de utilizar a técnica de eletroforese em comparação a tantas outras técnicas de conformação?
- 6) O óxido de níobio é uma riqueza brasileira. O que você conhecia sobre ele?
- 7) A mineração tem sido importante para a economia do país, porque dela provêm muitas matérias primas essenciais para confecção de inúmeros materiais da sociedade moderna. Como exemplos temos o ferro, o ouro, a prata, o zinco. Baseando-se nos seus conhecimentos adquiridos durante suas leituras, os noticiários e a sala de aula, comente sobre a mineração e os seus impactos na vida das pessoas.

Espaço para comentários, sugestões ou críticas:

---

---

---

---

---

Obrigada!

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Raphael Villela. População, território e recursos minerais: riscos e impactos socioambientais associados à mineração industrial no Brasil. **Anais do XXI Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, p. 1-21, 2019.
- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- ANM - Agência Nacional de Mineração. **Nióbio**. Disponível em <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/3-3-niobio> acessado em 01 set. 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade Brasileira**: glossário. Brasília, 2015. Disponível em <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira/gloss%C3%A1rio.html> acessado em 02 de set 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#apresentacao>. Acesso em: 04 set. 2019.
- BROWN, R.; MAZEY, D. J. The Philosophical Magazine. **Annals of Chemistry, Mathematics, Astronomy, Natural History and General Science**, v. 4, p. 161-173, 1828.
- CALLISTER, W. D.; Rethwisch, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais**, Uma Introdução. Tradução Sérgio Soares. Revisão Técnica José Roberto d'Almeida .rio de janeiro.LTC editora. 9ª edição, 2016.
- CERNIAK, Samuel Nogueira. **Estudo e desenvolvimento de um capacitor eletrolítico de nióbio**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2ª edição, 2012.
- Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral Brasileiro 2015**. Disponível em: [www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015](http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015). Acessado em 01 de out. 2019.
- DONADEL, K. **Preparação e caracterização de partículas magnéticas de óxido de ferro revestidas com os biomateriais quitosana e hidroxiapatita**. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis
- DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli; MORAIS, Paulo Cezar de. **Nanotecnologia**: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. São Paulo: Artliber Editora, 2006. 208 p.
- GALEGO, E. et al. Estudo de adsorção de Eosin Y por eletroforese em ZnO nanoestruturado. 2019.
- GOMES, J. D.. **Estudo das Propriedades Estruturais Locais de Fluidos Magnéticos: Da Nanopartícula à Dispersão**. Tese (Doutorado) — Universidade de Brasília, Instituto de Física. DF, Brasília, Brasil (2007).

HAPP, Rebecca. **Relatório Final: Ferrofluido**. Universidade Estadual de Campinas Instituto de Física Gleb Wataghin, Campinas, 2010. Disponível em: [https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F609\\_2010\\_sem2/RebeccaS-Happ\\_RF2.pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F609_2010_sem2/RebeccaS-Happ_RF2.pdf). Acessado em 11 de fev. 2019.

HEISE, Svenja; RIVERA, Laura Ramos; BOCCACCINI, Aldo R. Bioactive Glass Containing Coatings by Electrophoretic Deposition: Development and Applications. In: **Biomedical, Therapeutic and Clinical Applications of Bioactive Glasses**. Woodhead Publishing, 2019. p. 3-33.

HERVAL, L. K. S et al; The role of defects on the structural and magnetic properties of Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 653, p. 358–362, 2015

HOLLER, F. James; SKOOG, Douglas A.; CROUCH, Stanley R. **Princípios de análise instrumental**. Bookman, 2009.

IBAMA. **Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão**, em Mariana, Minas Gerais. 2015.

JORDAN, Andreas et al. Magnetic fluid hyperthermia (MFH): Cancer treatment with AC magnetic field induced excitation of biocompatible superparamagnetic nanoparticles. **Journal of Magnetism and Magnetic materials**, v. 201, n. 1-3, p. 413-419, 1999.

LOPES, Luciano Motta Nunes. O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. **Sinapse Múltipla**, v. 5, n. 1, p. 1, 2016.

NELSON, David L.; COX, Michael M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger-7**. Artmed Editora, 2018.

OLIVEIRA, L. C. A. et al; One-pot synthesis of CdS@Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> core-shell nanostructures with enhanced photocatalytic activity. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 152–153, n. 1, p. 403–412, 2014.

PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. **A nova aliança: metamorfose da ciência**. Tradução: Miguel Faria e Maria Joaquina Machado Trincheira. Brasília: UnB, 1997.

OLIVEIRA I.R. et al; **Dispersão e Empacotamento de Partículas: Princípios e aplicações em Processamento Cerâmicos**. São Paulo: Fazendo Arte Editorial, v. 224, p. 119-137, 2000.

SHAW, D.J. **Introdução à química de colóides e de superfícies**. Trad. de J.H. Maar. São Paulo: Edgard Blucher/Edusp, 1975.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Trad. M. Resende. 42 ed. Lisboa: Ed. Antídoto, 1979;

ZABALA, A. **A Prática Educativa: como ensinar**. Tradução: ROSA, E. F. F, Porto Alegre: ArtMed, 1998, Reimpressão 2010.