

INSTITUTO FEDERAL

São Paulo

Câmpus São Paulo



HIDROGÊNIO VERDE: UMA ABORDAGEM CTS NO ENSINO DE QUÍMICA

PRODUTO EDUCACIONAL



Solange Lima Chioritti
Pedro Miranda Junior

Autorizamos a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons
Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional. Para visualizar uma
cópia desta licença, acesse:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> © 2 por

Solange Lima Chiovitti e Pedro Miranda Junior



Catálogo na fonte
Biblioteca Francisco Montojos – IFSP Campus São Paulo
Dados fornecidos pela autora

c532p Chiovitti, Solange Lima; Junior, Pedro Miranda
Produto educacional: hidrogênio verde: uma
abordagem CTS no ensino de química / Solange Lima
Chiovitti, Pedro Miranda Junior. São Paulo:
[s.n.], 2025.
62 f.

1. CTS. 2. Energias Renováveis. 3. Ensino de
Química.

CDD 510

Produto Educacional apresentado como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), *campus* São Paulo. Aprovado em banca de defesa de mestrado em 04 de abril de 2025.

AUTORES

Solange Lima Chiovitti: Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), *campus* São Paulo – SP (2025). Licenciada em Química pela Universidade Camilo Castelo Branco, *campus* São Paulo – SP (2013). Atualmente atua como professora de Química na rede privada de ensino na região leste da cidade de São Paulo.

Pedro Miranda Junior: Professor Titular do IFSP. Licenciado e Bacharelado em Química pela Universidade Mackenzie (1990). Mestre em Química (Química Inorgânica) pela Universidade de São Paulo (1996). Doutor em Química (Química Inorgânica) pela Universidade de São Paulo (2000). Atua desde 2008 como professor de química do Departamento de Ciências e Matemática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP-SP). Coordenou o curso de Licenciatura em Química do IFSP no período de 2009 a 2012. Coordenou o Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do IFSP no período de 2017 a 2018. Desenvolve pesquisas na área de Ensino de Ciências, orientando estudantes da graduação da Licenciatura em Química e estudantes do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática com os seguintes temas: educação de surdos, ensino por investigação e educação CTS.

Resumo

Este Produto Educacional (PE), “Hidrogênio Verde: Uma Abordagem CTS no Ensino de Química”, é o resultado de uma pesquisa de mestrado intitulada “Combustíveis Renováveis: análise de uma Sequência Didática CTS no Ensino de Química”, desenvolvida no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP. A pesquisa foi realizada com 40 estudantes do segundo ano do Ensino Médio em uma escola da rede privada localizada na região metropolitana de São Paulo. O PE consiste em uma Sequência Didática (SD) estruturada com base em três momentos pedagógicos: problematização inicial; organização do conhecimento; e aplicação do conhecimento. A proposta busca a construção de conhecimentos científicos a partir da discussão de questões socioambientais, fomentando o debate sobre sustentabilidade e a promoção da Alfabetização Científica (AC) dos estudantes. O tema “combustíveis renováveis”, com foco no hidrogênio verde, foi escolhido devido à sua relevância ambiental e ao seu potencial como alternativa aos combustíveis fósseis. A articulação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) permite ampliar a compreensão dos estudantes sobre a transição energética e os desafios ambientais contemporâneos. Ao contemplar o desenvolvimento de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais, a SD busca promover aprendizagem significativa, favorecendo a busca por soluções aos problemas socioambientais presentes no cotidiano por meio de tomada de decisões conscientes. Este PE tem o potencial de contribuir para as práticas pedagógicas Na educação Básica, ampliando a visão do estudante sobre a aplicação da Química no cotidiano, estimulando sua reflexão crítica e seu engajamento no debate sobre temas socioambientais.

Palavras-Chave: Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS); Energias Renováveis; Ensino de Química.

Sumário

Por que este material foi criado?	8
O que é a abordagem CTS e por que ela importa?	10
Alfabetização científica: construindo saberes para a vida	12
Hidrogênio verde: o combustível do futuro	13
Como ensinar Química de forma mais próxima da realidade?	14
Conheça a proposta didática (SD)	16
Vamos às atividades?	18
1º MOMENTO PEDAGÓGICO – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	18
Etapa I – Problematização	18
Etapa II – Contextualização Do Tema.....	19
2º MOMENTO PEDAGÓGICO – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	24
Etapa III – Aula Expositiva E Dialogada	24
Etapa IV – Aula Experimental	28
3º MOMENTO PEDAGÓGICO – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO	38
Etapa V – Sistematização Individual E Coletiva.....	38
Etapa VI – Questionário Final.....	48
Etapa VII – Divulgação Do Conhecimento.....	53
Encerrando a jornada: reflexões finais	58
Fontes que inspiraram este material	60

Boas-vindas

 **Olá, professor(a)!**

Você já pensou em levar para sua aula de Química uma proposta envolvente, atual e que conecta ciência, sustentabilidade e criatividade? Este PE foi feito para isso!

Aqui você encontrará uma SD sobre hidrogênio verde, pensada com muito carinho para despertar o interesse dos estudantes e promover a Alfabetização Científica (AC) por meio de uma educação CTS. Ele foi criado, testado e aprovado com alunos do segundo ano do Ensino Médio — e agora está aqui, prontinho para você usar, adaptar e reinventar com a sua turma.

Este PE, intitulado “Hidrogênio Verde: uma abordagem CTS no Ensino de Química”, foi desenvolvido e aplicado durante a realização de uma pesquisa de mestrado, intitulada “Combustíveis renováveis: análise de uma Sequência Didática CTS no Ensino de Química”, de autoria de Solange Lima Chiovitti, sob a orientação do professor Pedro Miranda Junior. O PE consiste em uma SD proposta para ser desenvolvida nas aulas de Química do Ensino Médio. A pesquisa está inserida na linha de pesquisa Epistemologia, Didática e Currículo no Ensino de Ciências e Matemática, com ênfase em educação CTS, do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP).

A abordagem CTS, que norteia este trabalho, destaca-se por conectar conceitos científicos ao cotidiano dos estudantes. Utilizando situações-problema, essa abordagem de ensino estimula reflexões críticas sobre questões contemporâneas, como a sustentabilidade e o impacto da ciência e tecnologia na sociedade. Ao mesmo tempo, promove a AC ao incentivar a análise crítica, a formulação de hipóteses e a argumentação fundamentada.

A SD foi estruturada com base nos Três Momentos Pedagógicos (3MP) propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007). No primeiro momento, os estudantes são instigados a refletir sobre questões relevantes, como a evolução dos

combustíveis e os impactos ambientais das fontes não renováveis. Durante a Organização do Conhecimento, conceitos científicos são explorados, destacando o hidrogênio verde como alternativa sustentável e sua obtenção por eletrólise da água. Na Aplicação do Conhecimento, os estudantes mobilizam os saberes adquiridos para propor soluções criativas durante o desenvolvimento de atividades/projetos, promovendo engajamento e autonomia.

Elaborado para subsidiar as práticas pedagógicas de professores de Química, este PE oferece uma proposta inovadora para o ensino de combustíveis renováveis. Ele integra conceitos científicos a questões sociais e ambientais, utilizando estratégias que fomentam o pensamento crítico dos estudantes e reforçam a importância do conhecimento químico em situações do cotidiano. Este estudo reflete uma perspectiva metodológica inovadora, promovendo a reflexão sobre a evolução dos combustíveis e destacando o papel do hidrogênio verde como uma solução sustentável. O produto está disponível para acesso livre, desde que seu uso seja devidamente referenciado, no site do IFSP e no portal EduCapes.

Esperamos que este produto possa ser amplamente utilizado e traga contribuições significativas para as suas aulas de Química. Acreditamos que este PE favorecerá a aprendizagem significativa, estimulando a reflexão crítica, a contextualização e o desenvolvimento de habilidades para a tomada de decisões conscientes. Desejamos que os professores encontrem neste material um recurso enriquecedor para suas práticas pedagógicas, incentivando os estudantes a explorarem a Química de forma integrada e aplicada ao cotidiano.

Boa leitura e boas aulas! 💡

Solange Lima Chiovitti

Por que este material foi criado?

Vivemos um tempo em que falar sobre energia, meio ambiente e sustentabilidade é urgente — e o Ensino de Química tem muito a contribuir com essas discussões. O que você encontrará aqui é uma proposta que conecta a Ciência à ação cidadã, mostrando aos estudantes que entender Química vai muito além de fórmulas e reações: é também uma forma de compreender o mundo e propor soluções.

Este material surgiu do desejo de aproximar os conteúdos escolares das questões que afetam diretamente a vida dos alunos. A SD foi construída durante uma pesquisa de mestrado, desenvolvida com estudantes do segundo ano do Ensino Médio de uma escola da rede privada da Grande São Paulo. A proposta foi aplicada com base na abordagem CTS, reconhecida por articular o conhecimento científico a questões reais e contemporâneas, promovendo uma compreensão crítica das interações entre CTS (Auler; Delizoicov, 2001).

O foco principal é promover a AC, entendida aqui como um processo de construção contínua que envolve não só o domínio de conceitos científicos, mas também a capacidade de investigar, levantar e testar hipóteses, justificar decisões e agir com responsabilidade diante de desafios reais (Sasseron; Carvalho, 2008; Hodson, 2018). Afinal, Ciência não é só conteúdo — é também atitude, participação e tomada de decisão.

O tema escolhido foi o hidrogênio verde, uma fonte de energia renovável promissora e cada vez mais presente em debates sobre sustentabilidade e transição energética. Além de ser atual, ele possibilita trabalhar conceitos importantes da Química, como transformações químicas, eletrólise, balanço energético e impactos ambientais, de forma contextualizada e interdisciplinar.

Ao longo deste material, você encontrará explicações teóricas acessíveis, sugestões de atividades, propostas de investigação, práticas experimentais simples e espaços para reflexão. Tudo isso está organizado com base nos 3MP — problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento

— valorizando a construção do saber a partir da realidade dos estudantes, conforme propõem Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007).

A ideia é oferecer um caminho possível — mas não engessado — para que você possa adaptar conforme a sua realidade, mantendo o foco em uma aprendizagem significativa, crítica e conectada ao cotidiano. Afinal, como nos propõe Chassot (2011), aprender ciência deve ser, também, um exercício de cidadania.

O que é a abordagem CTS e qual a sua importância?

A sigla CTS — Ciência, Tecnologia e Sociedade — representa uma maneira de pensar o ensino que vai além da memorização de fórmulas e conceitos. Essa abordagem propõe que os conteúdos escolares estejam conectados a temas atuais e reais, que façam sentido na vida dos estudantes, promovendo uma educação que os prepara para atuar de forma crítica e participativa nas questões sociais e ambientais que impactam o mundo.

Segundo Chassot (2011), o ensino de Ciências deve ser voltado para uma AC que permita aos alunos não apenas entender os conceitos científicos, mas também fazer uma leitura crítica do mundo ao seu redor. Com isso, a ideia é transformar os estudantes em agentes de mudança, capazes de refletir sobre os impactos sociais, ambientais e tecnológicos das descobertas científicas. Quando os alunos se deparam com questões como as mudanças climáticas, a produção de energia ou o consumo consciente, a Química deixa de ser algo distante e se torna uma ferramenta essencial para compreender os fenômenos que moldam a sociedade.

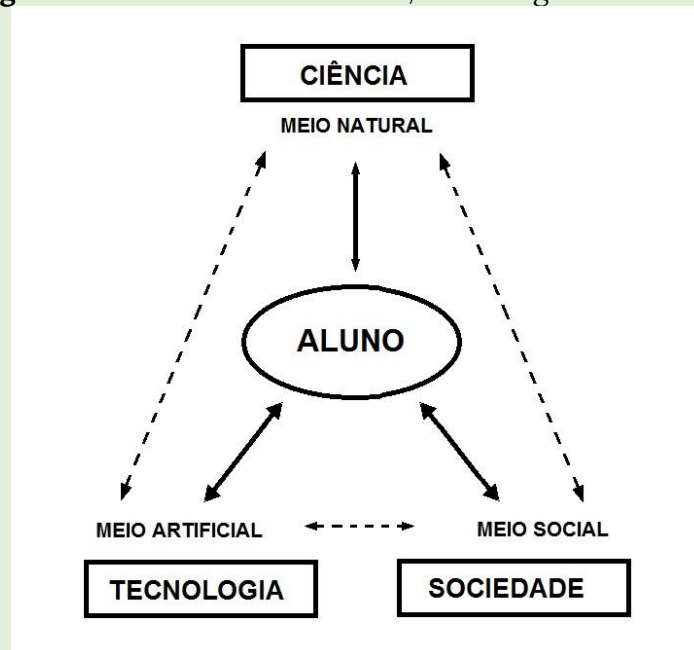
A abordagem CTS também favorece o desenvolvimento de uma cidadania mais ativa e consciente. Ao trabalhar com temas sociocientíficos, o professor cria espaços para os alunos refletirem e discutirem como a Ciência pode ser aplicada para resolver problemas reais. A ideia é estimular os estudantes a levantar hipóteses, analisar informações, argumentar com base em evidências e tomar decisões informadas, sempre com um olhar crítico. Esse processo, como afirmam Santos e Mortimer (2002), fortalece a AC, que não se limita ao saber científico, mas envolve a capacidade de usar a ciência para transformar a realidade.

Segundo Aikenhead (2005), o movimento CTS teve um impacto profundo na educação, demandando reformas curriculares que tornaram o ensino de Ciências mais humanizado, conectando-o com as questões sociais, econômicas e ambientais. No ensino de Química, isso significa incorporar mais contextos sociais e políticos, algo que, como destacam Santos e Schnetzler (1996), prepara os estudantes para enfrentar os desafios sociocientíficos do futuro. No caso da SD que propomos, o uso do

hidrogênio verde como tema central oferece uma oportunidade de explorar esses conceitos de forma interdisciplinar e contextualizada.

Por meio da educação CTS, a Química se torna uma ferramenta poderosa para discutir e buscar soluções para questões ambientais e sociais, ligando o conhecimento científico à realidade cotidiana.

Figura 1: Conexão entre Ciência, Tecnologia e Sociedade



Fonte: extraída de Hofstein *et al.*, (1988, tradução de Santos; Schnetzler, 2003).

A Figura 1 ilustra as inter-relações entre CTS, com o estudante no centro desse processo. A Ciência gera conhecimento, a tecnologia propõe soluções para problemas sociais, e a Sociedade influencia ambas, moldando suas prioridades e valores. Nesse contexto, a educação voltada para essas conexões contribui para o desenvolvimento de habilidades, como pensamento crítico, comunicação, trabalho em equipe e postura ética (Santos; Schnetzler, 2003).

Embora muitos autores utilizem a sigla CTSA para enfatizar a dimensão ambiental, Abreu, Fernandes e Martins (2009) argumentam que o meio ambiente já está integrado à própria ideia de sociedade — por isso, optamos por manter apenas CTS. Essa proposta de ensino busca promover uma visão crítica e informada sobre o papel da Ciência no mundo contemporâneo. A Química, inserida nesse cenário, torna-se uma ferramenta potente para refletir sobre problemas ambientais e sociais e buscar caminhos possíveis para enfrentá-los.

Alfabetização Científica: construindo saberes para a vida

Quando pensamos em alfabetização, logo nos vem à mente a capacidade de ler e escrever. Mas, quando falamos em AC, estamos nos referindo a algo mais amplo: ajudar os estudantes a compreender o mundo à sua volta por meio da Ciência — e a usar esse conhecimento para tomar decisões mais conscientes e responsáveis.

Ser alfabetizado cientificamente não significa apenas conhecer conteúdos de Química, mas também desenvolver habilidades como fazer perguntas, investigar, argumentar, refletir sobre problemas reais, interpretar informações científicas presentes no cotidiano e, a partir disso, agir com criticidade (Sasseron; Carvalho, 2008). Esse tipo de formação prepara os jovens para participarem ativamente da sociedade, fazendo escolhas mais éticas e sustentáveis (Chassot, 2011).

Segundo Sasseron e Carvalho (2008), esse processo envolve três eixos principais: a compreensão de conceitos científicos, o entendimento da natureza da ciência e o reconhecimento das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente. Para acompanhar esse desenvolvimento, as autoras propõem uma série de indicadores, como levantar e testar hipóteses, organizar e classificar informações, justificar escolhas, prever resultados e explicar fenômenos.

Ao longo desta SD, buscamos promover esse tipo de aprendizagem por meio de atividades que estimulam o raciocínio lógico, a curiosidade, a análise de dados e a formulação de hipóteses. Mais do que ensinar conteúdos, este material pretende formar cidadãos mais atentos, participativos e preparados para lidar com os desafios do presente e do futuro — e a AC é um passo essencial nessa direção.

Hidrogênio verde: o combustível do futuro

Falar de hidrogênio verde é falar de futuro — e também de Ciência, Tecnologia e Sustentabilidade. Esse tipo de combustível tem ganhado espaço nas discussões sobre transição energética justamente por ser uma alternativa limpa, que não emite gases de efeito estufa em sua produção nem na sua queima (CNI, 2022).

O hidrogênio já é conhecido por sua aplicação na indústria e em tecnologias como os foguetes espaciais. A novidade do “hidrogênio verde” está na forma como ele é produzido: por meio da eletrólise da água, um processo que separa o hidrogênio do oxigênio usando eletricidade gerada a partir de fontes renováveis, como a solar ou a eólica (Araújo *et al.* 2023). Isso o diferencia do hidrogênio “cinza” ou “azul”, que vem de fontes fósseis e pode envolver a captura de carbono (CNI, 2022).

No contexto do Ensino de Química, o tema permite explorar uma série de conteúdos curriculares — como reações de decomposição, eletrólise, ligações químicas, transformações químicas e balanço energético — de forma aplicada e significativa. Além disso, ele abre espaço para debates sobre consumo energético, impactos ambientais e escolhas tecnológicas (Sasseron; Carvalho, 2008).

Ao trazer esse tema para a sala de aula, mostramos aos estudantes que a Química está presente nas grandes decisões que movem o mundo. E mais: que eles também podem participar dessas decisões, compreendendo os processos, questionando soluções e propondo novas ideias. O hidrogênio verde, nesse contexto, é muito mais do que um conteúdo — é uma ponte entre a Ciência e a Cidadania.

Como ensinar Química de forma mais próxima da realidade?

Muitos alunos costumam perguntar: “Onde eu vou usar isso na vida?”. Essa dúvida é muito comum nas aulas de Química e mostra como, muitas vezes, o que aprendemos na escola parece distante da realidade. No entanto, essa pergunta também pode ser vista como uma chance de tornar o Ensino de Química mais interessante e relevante para os estudantes.

Quando ensinamos Química, não podemos apenas passar fórmulas e conceitos abstratos. O segredo está em relacionar os conteúdos com o dia a dia dos alunos, fazendo com que se sintam conectados com o que estão aprendendo. Por exemplo, quando falamos de eletrólise, reações químicas e transformação da matéria, podemos trazer questões atuais, como os impactos dos combustíveis fósseis e as alternativas sustentáveis, como o hidrogênio verde. Isso torna a Química mais atraente e ajuda os alunos a verem como ela pode resolver problemas reais que eles enfrentam (Lopes; Albuquerque, 2018; Morin, 2003).

Ensinar Química não deve ser apenas sobre aprender fórmulas. Deveria ser sobre entender o mundo ao nosso redor, como a Ciência influencia o que acontece em nossas vidas. Para isso, é importante ensinar Química de forma crítica e conectada com questões realmente importantes, como a sustentabilidade e o uso responsável dos recursos naturais. Isso ajuda os alunos a desenvolverem habilidades de pensamento crítico e os prepara para tomar decisões conscientes sobre o mundo em que vivem (Andrade; Zuin, 2023; Cachapuz *et al.* 2005).

Queremos mostrar, com esse PE, que é possível ensinar Química de forma interessante e reflexiva, sem perder o rigor científico. A abordagem adotada baseia-se nos princípios CTS e nos 3MP, o que permite um aprendizado mais envolvente e centrado no aluno. A ideia é ajudar os estudantes a entenderem como os conceitos químicos estão ligados às questões sociais, ambientais e tecnológicas que afetam o seu dia a dia (Oliveira *et al.* 2023; Brown *et al.* 2005).

Ao integrar a Química ao cotidiano dos alunos, criamos oportunidades para que eles se envolvam com o conteúdo, façam perguntas e se tornem mais

independentes no processo de aprendizagem. Isso cria uma educação mais significativa, em que os alunos não só aprendem Química, mas também começam a pensar em como usar esse conhecimento para atuar no mundo de forma mais crítica e responsável (Santos; Maldaner, 2010; Travitzki, 2024).

Ao conectar o Ensino de Química com questões como o impacto ambiental e alternativas energéticas sustentáveis, estamos preparando os alunos para os desafios do futuro de maneira mais informada e responsável. Além disso, essa abordagem ajuda a desenvolver habilidades essenciais, como a capacidade de questionar e resolver problemas (Santos; Schnetzler, 2003).

Com a implementação das novas diretrizes do Ensino Médio, a BNCC enfatiza uma visão mais contextualizada e interdisciplinar dos fenômenos químicos, promovendo uma aprendizagem mais prática e investigativa. Isso vai além da memorização de fórmulas, incentivando os alunos a explorarem, questionarem e aplicarem o que aprendem em situações reais (Brasil, 2017). No entanto, sua implementação enfrenta desafios, como a sobrecarga de conteúdo e a falta de recursos adequados nas escolas, além da persistência de avaliações tradicionais que podem limitar o potencial da abordagem investigativa proposta.

Conheça a proposta da Sequência Didática (SD)

O Ensino Médio é uma etapa decisiva na formação dos jovens, pois é quando muitos começam a se perguntar: “Para que serve tudo isso que estou aprendendo?”. Nesse contexto, ensinar Química pode (e deve!) ir além das fórmulas e equações. A proposta que você encontrará nas próximas páginas foi construída justamente com esse objetivo: mostrar que é possível ensinar conteúdos químicos de forma interessante, crítica e conectada à realidade dos estudantes.

Essa SD foi elaborada com o tema “Hidrogênio verde: uma abordagem CTS no Ensino de Química”. Ela se apoia na proposta dos 3MP – Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento – conforme propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007). A estrutura permite uma abordagem mais ativa e investigativa, na qual os estudantes são convidados a pensar sobre problemas reais, buscar explicações com base nos conceitos científicos e aplicar o que aprenderam em situações práticas e criativas.

Além disso, o tema escolhido – o hidrogênio verde – possibilita discutir Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de maneira integrada, em sintonia com a perspectiva CTS. Essa abordagem defende que os conteúdos escolares façam sentido para os estudantes e estejam ligados a temas relevantes do mundo contemporâneo (Aikenhead, 1994; Carvalho; Gil-Pérez, 2006).

A SD foi aplicada em uma turma de 40 estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola particular na Grande São Paulo e foi estruturada em 16 aulas, conforme detalhado no quadro a seguir:

Quadro 1: Panorama da sequência: etapas, objetivos e habilidades

1º Momento Pedagógico – Problematização Inicial		
Aulas	Etapas	Atividades/Ações
1 (1 aula)	Etapa I: Problematização	Discussão em grupo sobre sustentabilidade. Aplicação de um questionário diagnóstico.
2 – 3 (2 aulas)	Etapa II: Contextualização do tema	Apresentação do filme “Carros 2”. Discussão de questões relacionadas ao contexto do filme, tais como o uso de fontes de energia limpas e sustentáveis. Aplicação de questionário relacionado à temática.

2º Momento Pedagógico – Organização do Conhecimento		
4 – 7 (4 aulas)	Etapa III: Aula expositiva e dialogada	Desenvolver os conceitos químicos: Entalpia-padrão de combustão; Energia e Combustíveis; Fatores que influenciam a rapidez da reação; Pilhas e Eletrólise Aquosa.
8 – 11 (4 aulas)	Etapa IV: Aula Experimental	Realização de cinco experimentos: (i) reação de combustão da palha de aço e do metal magnésio; (ii) pasta de dente do elefante; (iii) construção de uma pilha caseira; (iv) construção de uma célula eletrolítica (eletrólise); e (v) construção de uma “bomba” e um “foguetinho” de hidrogênio.
3º Momento Pedagógico – Aplicação do Conhecimento		
12 – 13 (2 aulas)	Etapa V: Sistematização individual e coletiva	Sistematizar os conhecimentos construídos ao longo das aulas de forma individual (realização resumos, mapas mentais, registros pessoais) e coletiva (apresentações de trabalhos, acompanhadas de discussões em grupo sobre os resultados obtidos nas etapas anteriores).
14 (1 aula)	Etapa VI: Questionário final	Aplicação de dez questões dissertativas, para avaliar a evolução da aprendizagem dos estudantes ao longo da SD.
15 – 16 (2 aulas)	Etapa VII: Divulgação do conhecimento	Divulgação do conhecimento para demais estudantes da escola utilizando espaços de grande circulação. Os grupos apresentaram os seguintes trabalhos: “Quadro Artístico” produzido a partir de reações de oxidação-redução; “Composteira Caseira”; “História em Quadrinhos”; “Teste de Carrinho” movido a energia solar.

Fonte: extraído de dados da pesquisa (2023).

A estrutura da SD permite a conexão do conhecimento científico com o cotidiano dos estudantes, atendendo aos princípios da AC (Sasseron; Carvalho, 2008). A proposta também visa a fomentar o diálogo, valorizando as experiências e vivências dos alunos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2007) e estabelecendo uma ponte entre CTS.

Conforme Freire (2018), a verdadeira educação é aquela que incorpora o diálogo e a problematização, permitindo que os estudantes reflitam criticamente sobre sua realidade e se insiram como protagonistas na transformação do mundo. A proposta da SD, portanto, busca ir além da simples transmissão de conteúdo, promovendo uma experiência educativa que seja ao mesmo tempo científica e socialmente relevante.

Vamos às atividades?

1º MOMENTO PEDAGÓGICO – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Etapa I – Problematização

Objetivo: levantar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do tema da SD a partir do debate sobre o tema em grupo e da aplicação de um questionário diagnóstico.

Recursos: questionário on-line ou impresso.

Tempo estimado da aula: 1 aula de 50 minutos.

Desenvolvimento

Para o(a) Professor(a):

Discussão sobre o tema

No primeiro momento da aula, organizar a turma em grupos de 4 ou 5 estudantes para debater sobre o tema da SD, tendo como foco os saberes sobre sustentabilidade, visando a promover a conscientização ambiental sobre a importância da conservação da biosfera, para um desenvolvimento sustentável e a inclusão social.

Sobre a Metodologia:

Segundo Delizoicov e Angotti (1991), a problematização é o ponto de partida e norteará as discussões em relação à temática escolhida. A definição da problematização inicial pode estar relacionada a uma determinada questão/problema socioambiental que, ao ser debatida em aula, contribui para o desenvolvimento do conhecimento científico. O início da intervenção didática a partir de um problema, por meio de uma abordagem CTS, tem como propósito promover a participação dos estudantes nas aulas de Química, aproximando conteúdos de Química às situações do cotidiano. A abordagem CTS contribui com uma construção gradativa do conhecimento com vistas à mudança conceitual no Ensino de Química, possibilitando desenvolver habilidades de formação de cidadãos

com conhecimentos necessários para se posicionarem criticamente frente às situações problemáticas.

Para os Estudantes:

Atividade

Em relação aos temas abaixo, que tal pensar em suas próprias experiências no dia a dia para conversar com os colegas de seu grupo?

- Sustentabilidade;
- Conservação da biosfera;
- Conscientização ambiental;
- Inclusão social.

Etapa II – Contextualização do Tema

Objetivo: contextualizar o tema da SD a partir da discussão do filme de animação “Carros 2”, buscando debater aspectos da Ciência e termos encontrados no filme sobre combustíveis alternativos.

Recursos: multimídia.

Tempo estimado da aula: 2 aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento

Para o(a) Professor(a):

Parte 1 – Apresentação do filme

A segunda etapa da SD ocorreu em duas aulas distintas. Na primeira, os estudantes assistiram a um compilado de 50 minutos do filme “Carros 2” da Pixar/Disney, previamente preparado para destacar os trechos mais relevantes relacionados à temática de combustíveis renováveis, considerando a duração limitada da aula de 50 minutos. Esse compilado foi projetado em sala de aula, permitindo que todos os alunos assistissem aos trechos selecionados diretamente na aula. O filme completo (Figura 3), com duração de 1h30min, foi previamente disponibilizado na plataforma digital institucional para que os alunos pudessem assisti-lo integralmente. Para projetá-lo em sala de aula, utilize o seguinte [Link](#).

É um filme da Disney – Pixar de 2011 que conta a história do carro que é astro das corridas Relâmpago McQueen e o incomparável guincho Mate demonstram sua amizade em novos e emocionantes lugares em “Carros 2”. Eles atravessam o oceano para competir no primeiro World Grand Prix, que vai definir o carro mais rápido do mundo. Porém, o caminho até o título é repleto de armadilhas, dificuldades e surpresas hilariantes, principalmente quando o Mate entra em uma aventura própria: espionagem internacional.

Figura 2:Imagens do filme “Carros 2”



Fonte: extraída de Disney; Pixar (2011).

Sobre a Metodologia:

A Cultura, em seu sentido mais amplo, é uma forma de atividade que implica alto grau de participação, na qual as pessoas criam sociedades e identidades (Kellner, 2001), ou seja, ela modela os indivíduos, evidenciando e cultivando suas potencialidades e capacidade de fala, ação e criatividade. Participando desses processos, temos a cultura da mídia gerada pela indústria cultural, como ouvindo rádio, assistindo televisão, frequentando cinemas, ouvindo músicas, lendo revistas, jornais e livros, todas veiculadas pelos meios de comunicação.

Para o(a) Professor(a):

Segundo Delizoicov e Angotti (1991), a Problemática Inicial é o ponto de partida do processo pedagógico, no qual uma situação-problema significativa é apresentada, conectando o conteúdo ao cotidiano dos estudantes. Essa etapa valoriza os conhecimentos prévios dos estudantes e, por meio da mediação do professor, estimula reflexões críticas e a percepção da necessidade de novos aprendizados, utilizando recursos variados para contextualizar o tema.

Além disso, como apontam Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007), a problematização inicial também direciona o aprendizado para o momento seguinte – a Organização do Conhecimento. Nessa fase, o professor problematiza as falas dos estudantes e introduz questões que serão objeto de estudo, ajudando-os a identificar lacunas em seus conhecimentos e promovendo a necessidade de aprofundamento crítico.

Parte 2 – Discussão do filme

Nesse momento, o professor promove uma discussão a partir do vídeo apresentado, incentivando os estudantes a refletirem sobre os combustíveis alternativos e sua relevância no contexto ambiental e social.

Para enriquecer esse diálogo, podem ser utilizados textos complementares. Caso não seja possível projetar o filme sugerido, textos relacionados ao tema da SD podem ser utilizados, buscando aprofundar alguns termos/conceitos observados no filme, assim como trazer conteúdos científicos desenvolvidos nas próximas etapas da SD. Sugerimos o uso de um dos dois textos apresentados a seguir.

Texto 1:

Impactos causados pelo uso dos combustíveis fósseis e o uso do biocombustível como solução viável

Segundo o Centro Paula Souza (SÃO PAULO, 2023), os combustíveis fósseis estão entre os principais responsáveis pelos impactos ambientais no planeta, especialmente devido à emissão de gases de efeito estufa e à degradação ambiental associada à sua extração e uso. Diante desse cenário, os biocombustíveis surgem como uma alternativa viável para mitigar esses impactos, oferecendo uma opção renovável e menos poluente para

a matriz energética.

A adoção dos biocombustíveis pode contribuir significativamente para a redução da poluição, pois sua queima interfere pouco no balanço de carbono na atmosfera, uma vez que o CO₂ liberado é reabsorvido pelas plantas durante a fotossíntese, caracterizando o ciclo do carbono. Além disso, a produção de biocombustíveis, como o etanol e o biodiesel, é baseada em fontes renováveis, como biomassa vegetal e resíduos orgânicos, promovendo uma economia circular e sustentável.

Dados de pesquisa de campo realizada por Oliveira *et al.* (2021), que analisaram a percepção da sociedade sobre biocombustíveis e seus impactos ambientais por meio de entrevistas com diferentes grupos de participantes, indicam que mais de 75% dos entrevistados estão dispostos a utilizar biocombustíveis regularmente, reconhecendo seus benefícios ambientais e sociais. Esses resultados ressaltam a importância da disseminação de informações sobre o tema, permitindo que mais pessoas compreendam as vantagens dessa alternativa energética.

Na prática docente, a discussão sobre os biocombustíveis pode ser integrada ao Ensino de Química por meio da abordagem CTS. Essa estratégia possibilita que os estudantes analisem criticamente os impactos ambientais dos diferentes tipos de combustíveis e reflitam sobre alternativas sustentáveis. A exploração desse tema em sala de aula pode envolver experimentos, análises comparativas e debates sobre políticas energéticas e suas implicações para o futuro.

SÃO PAULO (Estado). CPS. Os biocombustíveis como alternativa aos combustíveis fósseis. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/6774>. Acesso em: 29 dez. 2023.

Texto 2:

Utilização de combustíveis renováveis coloca o Brasil em fase promissora de inovação no setor energético

De acordo com a Universidade de São Paulo (SÃO PAULO, 2023), a transição para combustíveis renováveis é uma estratégia essencial para reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e mitigar os impactos das mudanças climáticas. Diante desse cenário, diversos países têm investido em alternativas energéticas mais sustentáveis, buscando conter o aquecimento global e promover uma matriz energética menos poluente.

O Brasil, historicamente líder na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, está em um momento promissor de inovação no setor energético. Além da tradicional produção de biocombustíveis, novas matérias-primas e tecnologias vêm sendo exploradas,

consolidando o País como referência no desenvolvimento de combustíveis renováveis e na redução das emissões de carbono (Silva, 2024).

A trajetória brasileira nesse setor remonta ao século XVI, mas um avanço significativo ocorreu na década de 1970, com a criação do programa Proálcool. Esse programa foi lançado em resposta à crise do petróleo, impulsionando o etanol como uma alternativa viável aos combustíveis fósseis. Desde então, o Brasil se tornou o segundo maior produtor mundial desse biocombustível, atrás apenas dos Estados Unidos.

O potencial brasileiro na produção de combustíveis renováveis reforça a importância de abordar esse tema no Ensino de Química, e a CTS é uma abordagem de ensino adequada para promover este debate. A abordagem CTS possibilita aos estudantes fazer uma reflexão crítica sobre as implicações ambientais e econômicas decorrentes do uso de diferentes fontes energéticas, compreendendo o papel do Brasil na busca por soluções sustentáveis.

SÃO PAULO (Estado). USP. Utilização de combustíveis renováveis coloca o Brasil em fase promissora de inovação no setor energético. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/utilizacao-de-combustiveis-renovaveis-coloca-o-brasil-em-fase-promissora-de-inovacao-no-setor-energetico/>. Acesso em: 29 dez. 2023.

Para o(a) Professor(a):

Parte 3 – Questionário relacionado à temática

Após a introdução do tema, por vídeo ou texto, é solicitado aos estudantes que respondam às seguintes questões:

- 1) No filme Carros 2, surge a discussão sobre o uso de combustíveis alternativos, como o 'Allinol', apresentado como uma opção mais limpa que a gasolina. A história, porém, também mostra situações de sabotagem e resistência à mudança. Que reflexões esse enredo pode gerar sobre os desafios da adoção de energias mais sustentáveis no mundo real? Quais interesses podem estar envolvidos nesse tipo de transição?
- 2) Os combustíveis fósseis, como o petróleo, o carvão e o gás natural, são amplamente utilizados para a geração de energia em diversas atividades humanas. No entanto, o uso desses recursos tem gerado impactos significativos ao meio ambiente, como emissões de gases de efeito estufa e mudanças climáticas.
 - a) Cite dois impactos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis.
 - b) Explique como os biocombustíveis podem ser considerados uma solução viável para minimizar esses impactos, destacando uma vantagem em relação aos combustíveis fósseis.

3) O Brasil tem se destacado no cenário internacional devido ao investimento em combustíveis renováveis, como o etanol e o biodiesel, impulsionando inovações no setor energético. Cite um exemplo de combustível renovável amplamente utilizado no Brasil e descreva um benefício econômico ou ambiental associado ao seu uso.

2º MOMENTO PEDAGÓGICO – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Etapa III – Aula Expositiva e Dialogada

Objetivo: desenvolver os seguintes conceitos químicos: Entalpia-padrão de combustão; Energia e Combustíveis; Fatores que influenciam a rapidez da reação; Pilhas e Eletrólise Aquosa.

Recursos: lousa, material virtual on-line, sala de informática.

Tempo estimado da aula: 4 aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento

Para o(a) Professor(a):

Parte 1: Apresentação do material

O material didático (Figura 4) foi elaborado para apoiar o professor no ensino de combustíveis renováveis e sustentabilidade, explorando temas como hidrogênio verde, etanol e energia solar. Composto por conteúdos teóricos e atividades estruturadas, ele pode ser utilizado como está ou adaptado conforme a necessidade. Além de integrar conceitos de termoquímica, cinética e eletroquímica, o material apresenta questões contextualizadas e propostas investigativas, estimulando a análise crítica e a conexão com situações reais. Projetado para facilitar a abordagem em sala de aula, pode ser utilizado diretamente na projeção para os alunos, incentivando discussões e aprofundamentos.

O material Química em Ação está disponível para acesso [aqui](#).

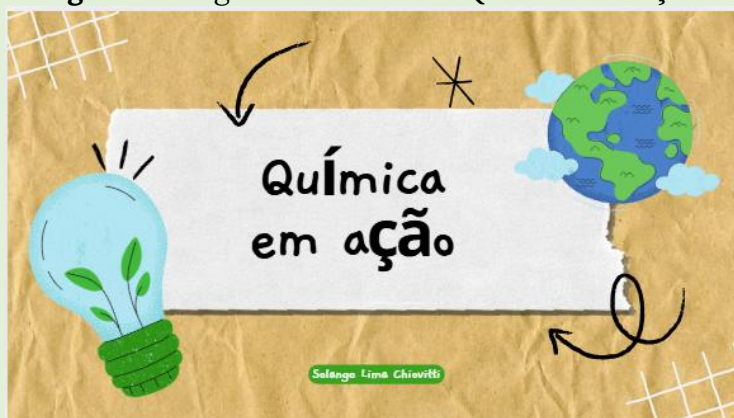
Hora de trocar ideias: aula expositiva e diálogo

Nesta etapa, a proposta é realizar uma aula expositiva com espaço para diálogo e troca entre os estudantes e o(a) professor(a). Esse tipo de aula pode tornar a compreensão dos conceitos químicos mais clara, além de ajudar no esclarecimento de dúvidas que surgem ao longo do percurso.

Afinal, ensinar Química vai muito além de apresentar fórmulas ou reações: trata-se de mostrar como ela está presente nas questões sociais e ambientais que enfrentamos todos os dias. Como destacam Santos e Schnetzler (2003), participar da sociedade de forma crítica e responsável exige que o estudante entenda tanto os conteúdos químicos quanto os contextos em que esses conteúdos se aplicam.

O diálogo, nesse cenário, é uma ferramenta poderosa. Freire (2018) nos lembra que conversar sobre os temas ajuda a construir sentidos e compreender a realidade de forma mais profunda. Por isso, esta aula é pensada para ser um momento em que o conhecimento é compartilhado, questionado e ampliado coletivamente.

Figura 3: Imagem do material: “Química em Ação”



Fonte: elaborada pelos autores.

Sobre a metodologia:

Neste momento, os conceitos científicos são aprofundados e organizados para auxiliar na compreensão da questão apresentada anteriormente. Por meio de atividades interativas, busca-se promover a construção do conhecimento de forma ativa, incentivando os estudantes a explorar e integrar novos conteúdos com os conhecimentos prévios. O papel do professor é proporcionar situações de aprendizado que estimulem a reflexão e a conexão entre o que foi aprendido e as experiências anteriores dos estudantes.

Para o(a) Professor(a):

Parte 2: Realização de atividades propostas

O material (Química em ação) também contém diversos exercícios que podem ser resolvidos individualmente pelos estudantes, permitindo a fixação dos conceitos

abordados. Além disso, há atividades de "Investigue", que incentivam o trabalho em grupo, promovendo a pesquisa e o desenvolvimento de habilidades colaborativas. Caso seja necessário aprofundar o conhecimento, disponibilizamos a seguir exercícios extras, permitindo que os estudantes ampliem sua compreensão dos conceitos abordados.

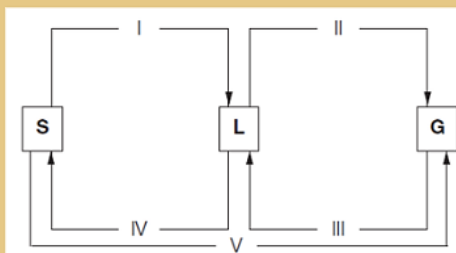
Para o(a) Professor(a):

Embora a contextualização seja um princípio norteador da sequência, sobretudo nas etapas de problematização e desenvolvimento, em determinados momentos — como nos exercícios conceituais — optou-se por atividades mais diretas. Ainda assim, esses momentos mantêm relação com os temas explorados, evitando uma ruptura com a proposta da abordagem CTS.

Exercícios extras:

- **Termoquímica**

1) Considere o esquema a seguir, no qual estão demonstradas mudanças de estado físico de uma substância e dê o nome de cada mudança de estado e identifique as processos exotérmicos:



2) (UA-AM) Reação exotérmica é aquela na qual:

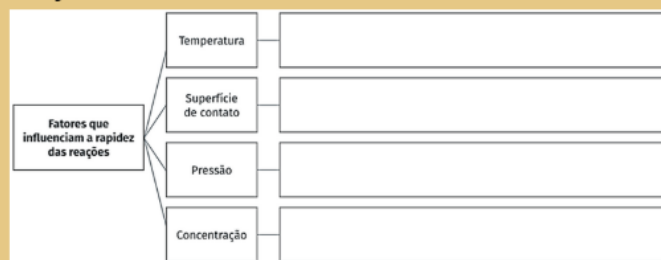
- 1 — há liberação de calor.
- 2 — há diminuição de energia.
- 3 — a entalpia dos reagentes é maior que a dos produtos.
- 4 — a variação de entalpia é negativa.

Estão corretos os seguintes complementos:

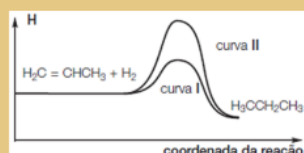
- a) Somente 1.
- b) Somente 2 e 4.
- c) Somente 1 e 3.
- d) Somente 1 e 4.
- e) 1, 2, 3 e 4.

- **Cinética Química**

1) Para cada um dos fatores a seguir, escreva sua relação com a rapidez da reação.



2) (UFMG) As curvas I e II representam caminhos possíveis para a reação de hidrogenação do propeno.



a) Indique a curva que corresponde ao caminho da reação mais rápida.

b) Escreva o fator responsável por essa diferença de velocidade.

• Eletroquímica

1) Complete o esquema de pilha abaixo, seguindo as recomendações:

- Complete o box com contorno em ROXO com a expressão "Processo espontâneo" ou "Processo não espontâneo".
- Complete as boxes com contorno em VERMELHO com as expressões "Eletrodo positivo (+)" ou "Eletrodo negativo (-)".
- Complete as boxes com contorno em AMARELO com as expressões "Ocorre oxidação" ou "Ocorre redução".
- Complete as boxes com contorno em VERDE com as expressões "Perda de elétrons" ou "Ganho de elétrons".



2) Complete os boxes em branco a seguir com os termos "Agente oxidante" ou "Agente redutor":



1) Para cada sal a seguir, indique as substâncias que se formam no ânodo e no cátodo, considerando a eletrólise aquosa de cada um.

a) LiBr:

b) KNO₃:

c) FeCl₃:



Zoom no submicro: o que acontece na reação?

Quando falamos sobre reação química, é importante diferenciar dois conceitos:

- Rapidez da reação está relacionada ao tempo que a reação leva para acontecer — por exemplo, o gás hidrogênio pode ser produzido rapidamente quando usamos um catalisador.
- Velocidade da reação, no contexto químico, tem um significado mais técnico: ela se refere à quantidade de reagentes transformados em produtos por unidade de tempo.

No nível submicroscópico, isso está ligado à frequência dos choques entre partículas. Quanto mais energia, maior a frequência e maior a velocidade da reação!



Essa ideia pode ser observada na prática proposta nesta sequência: ao alterar a concentração ou a temperatura, você pode notar a diferença no tempo da produção de gás hidrogênio.

Etapa IV – Aula Experimental

Objetivo: Desenvolver as seguintes habilidades relacionadas ao desenvolvimento da AC dos estudantes, tais como: interpretar resultados de fenômenos naturais e de processos tecnológicos; e justificar conclusões em situações-problemas.

Recursos: laboratório de Química/Ciências

Tempo estimado da aula: 4 aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento

Para o(a) Professor(a):

Nesta etapa, sugerimos a realização dos seguintes experimentos: (i) reação de combustão da palha de aço e do metal magnésio; (ii) pasta de dente de elefante; (iii) construção de uma pilha caseira; (iv) construção de uma célula eletrolítica (eletrólise); e (v) construção de uma “bomba” e um “foguetinho” de hidrogênio.

O procedimento de cada experimento logo a seguir.

Sobre a Metodologia:

De acordo com Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), é papel do professor criar oportunidades de reflexão que favoreçam uma Alfabetização Científica e Tecnológica voltada à compreensão das inter-relações entre CTS, fundamentais para o desenvolvimento de competências e para o exercício da cidadania. Nessa

perspectiva, a realização de experimentos no ensino de Ciências pode contribuir significativamente, desde que planejada com intencionalidade pedagógica, objetivos claros e vínculo com situações do cotidiano, como aponta Hodson (2018).

Durante a prática experimental, sugere-se que os roteiros orientativos estejam disponíveis aos estudantes, funcionando como um ponto de partida. No entanto, espera-se que haja espaço para que os alunos explorem o tema central, proponham ajustes e tomem decisões fundamentadas sobre o procedimento. Assim, estimula-se uma postura mais investigativa, fortalecendo a autonomia e a participação ativa no processo de aprendizagem. Como ressalta Abreu (2021), ao se apropriarem do percurso investigativo com liberdade para experimentar, propor e justificar caminhos, os estudantes exercitam a construção do conhecimento de forma crítica e significativa, ampliando sua autonomia e capacidade de tomada de decisão.

Para o(a) Professor(a) e Estudantes:

Atividade (i): reação de combustão da palha de aço e do metal magnésio

Objetivo: verificar a reação de combustão e liberação de energia de materiais comuns no cotidiano.

Materiais e reagentes

Palha de Aço:

- Palha de aço
- Fonte de ignição (bateria de 9V)
- Pinça
- Placa de Petri
- Óculos de proteção
- Avental

Metal Magnésio

- Magnésio em aparas
- Fonte de ignição (bico de Bunsen)
- Placa de Petri
- Pinça
- Óculos de proteção
- Avental

Procedimento experimental

Palha de Aço:

- 1- Utilize a pinça para segurar a palha de aço.
- 2- Aproxime a fonte de ignição da palha de aço até que ela comece a brilhar e incandescer.
- 3- Observe atentamente a reação apresentada na Figura 5. O que você percebe em relação à liberação de energia? Há formação de resíduos, como óxidos de ferro,

por exemplo? Relacione o fenômeno observado com o processo de oxidação/redução. Discuta os resultados e compare com a produção de energia em sistemas como baterias, que também envolvem reações de oxidação/redução.

Metal Magnésio

- 1- Segure a apara de magnésio com a pinça.
- 2- Acenda o magnésio usando a fonte de ignição.
- 3- Observe cuidadosamente o que ocorre durante a queima, evitando olhar diretamente para a chama (Figura 5).
- 4- Descreva o que foi observado, considerando cor, intensidade da luz e resíduos formados. O que esses aspectos indicam sobre o tipo de reação? Compare esse fenômeno com a combustão da palha de aço, destacando a diferença na cor da chama e nos produtos formados. Discuta a reatividade do magnésio, o processo de oxidação e a liberação de energia, fazendo uma analogia com combustíveis como o hidrogênio.

Figura 4: Reações de combustão.



Fonte: extraída de dados da pesquisa (2023).



BOXE: O que há por trás da chama – a combustão em diferentes níveis



Quando a palha de aço incandesce, ocorre uma reação de oxidação do ferro com o oxigênio do ar, liberando energia. No nível submicroscópico, os átomos de ferro estão perdendo elétrons (oxidação), enquanto o oxigênio está ganhando elétrons (redução), formando óxidos. Esse processo libera calor e luz, perceptíveis no experimento.

Para o(a) Professor(a) e Estudantes:

Atividade (ii): pasta de dente de elefante

Objetivo: verificar a velocidade da reação com a utilização de um catalisador.

Materiais e reagentes:

- Peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 35% (130 volumes);
- Detergente líquido;
- Corantes alimentícios (opcional);
- Iodeto de potássio em pó (ou levedura como catalisador);
- Proveta de 2L;
- Béquer de 50mL;
- Bandeja para contenção (opcional);
- Óculos de proteção;
- Avental.

Procedimento experimental

1. Coloque 100mL de detergente líquido em uma proveta de 2L. Coloque algumas gotas de corante alimentício na borda da proveta para fazer o efeito da “pasta”.
2. Adicione 200mL de peróxido de hidrogênio.
3. Em seguida, coloque a proveta em uma bandeja. Despeje rapidamente cerca de 20g de iodeto de potássio sobre a mistura e observe a reação (Figura 6).
4. Em seguida, reflita sobre as seguintes questões:
 - a) O que você percebe logo após adicionar o iodeto de potássio?
 - b) Há alguma variação de temperatura? O que isso pode indicar sobre a reação?
 - c) Qual pode ser o papel do iodeto de potássio nesse experimento?
 - d) O que poderia acontecer se variássemos a concentração dos reagentes ou utilizássemos outra substância no lugar do iodeto de potássio?



Importante: embora o experimento “Pasta de dente de elefante” proporcione uma visualização envolvente de uma reação química exotérmica com liberação de gás, é necessário refletir sobre seu impacto ambiental. É fundamental orientar os alunos sobre o descarte correto dos resíduos e discutir alternativas para tornar práticas experimentais mais sustentáveis. Essa abordagem crítica reforça a importância de aliar o encantamento científico à responsabilidade socioambiental.

Figura 5: Reação de decomposição do Peróxido de Hidrogênio.



Fonte: extraída de dados da pesquisa (2023).



BOXE HISTÓRICO: a pilha de volta e o início da eletroquímica



Em 1800, Alessandro Volta criou a primeira pilha elétrica, empilhando discos de cobre e zinco separados por tecido embebido em salmoura. Essa invenção foi a base do que conhecemos hoje como eletroquímica e marcou o início da geração contínua de corrente elétrica.

Para o(a) Professor(a) e Estudantes:

Atividade (iii): construção de uma pilha caseira

Objetivo: obter eletricidade a partir de reações de oxirredução, utilizando eletrodos metálicos e um eletrólito ácido ou básico.

Materiais e reagentes:

- Fio de cobre (+/- 1 metro);
- 4 jacarezinhos (para prender os fios);
- 2 moedas de 5 centavos;
- 2 parafusos ou clips;
- Calculadora adaptada (sem pilha);
- 3 batatas médias e 2 limões;
- Óculos de proteção;
- Avental.

Procedimento experimental:

a) Pilhas em série com batatas: neste experimento, foram utilizadas três batatas,

moedas e cliques ou parafusos para a construção de três pilhas em série.

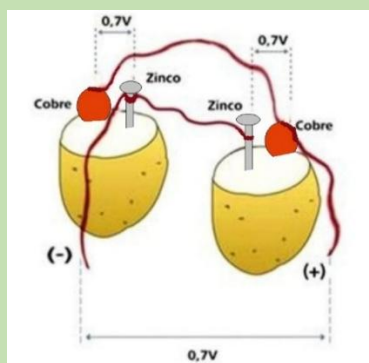
1. Insira uma moeda em uma extremidade de cada batata e um clipe ou parafuso na outra extremidade.
2. Conecte as batatas em série, ligando o clipe/parafuso de uma batata à moeda da próxima, até formar um circuito contínuo.

Testes realizados:

- Teste 1: utilize um multímetro para medir a diferença de potencial (ddp) gerada pela pilha caseira e registre o valor obtido.
- Teste 2: conecte a pilha caseira a uma lâmpada de LED e observe se ela acende.

b) Uso da pilha caseira feita por batatas para o funcionamento de uma calculadora:

1. Corte uma batata ao meio. Em cada metade, insira uma moeda em e um parafuso ou clipe.
2. Conecte os parafusos e as moedas das duas metades da batata, conforme representado na imagem abaixo. Se necessário, aumente o número de batatas cortadas para obter a diferença de potencial desejada.



Fonte: adaptada de <https://agracadaquimica.com.br/pilha-de-batata/>.

3. Ligue os terminais da pilha caseira aos polos da calculadora e verifique se o dispositivo funciona.
4. Substitua as batatas por limões e repita o mesmo procedimento.
5. Compare os resultados obtidos com os dois tipos de vegetais utilizados.
6. Obs.: na Figura 7 são apresentadas imagens do experimento.

Figura 6: Construção de pilhas caseiras – ligando LED e calculadora.



Fonte: extraída de dados da pesquisa, 2023.

Para o(a) Professor(a) e Estudantes:

Atividade (IV): construção de uma célula eletrolítica (eletrólise)

Objetivo: verificar o processo de decomposição de uma substância usando corrente elétrica.

Materiais e reagentes:

- Fonte de alimentação DC (bateria ou fonte de energia);
- Vela;
- Fósforo;
- Fios de conexão;
- Béquer de 100mL;
- 100 mL de solução de hidróxido de potássio (KOH) 0,5 mol/L;
- Água destilada;
- Mangueira de plástico;
- Recipiente de vidro (pote) (sugestão 100 mL);
- Dois eletrodos (carbono ou metais inertes);
- Óculos de proteção;
- Avental;
- Luvas de proteção.

Procedimento experimental

1. Faça três furos na tampa do pote de vidro para introduzir os dois eletrodos e a mangueira de plástico; na sequência, faça a vedação dos furos para não ocorrer perda de gás produzido.
2. Prepare 100 mL de solução de KOH 0,5 mol/L e transfira para dentro do pote. Submerja os eletrodos na solução eletrolítica.



Dica: a solução não precisa ser saturada. A ideia é observar a condução da corrente e os produtos formados, portanto, pequenas quantidades e concentrações moderadas já são suficientes para o experimento.



Nota de Segurança: o hidróxido de potássio é uma substância corrosiva. Mesmo em soluções diluídas, recomenda-se o uso de luvas e óculos de proteção durante o preparo e manuseio da solução, evitando o contato com a pele e os olhos.

3. Conecte os eletrodos à fonte de alimentação e observe o que ocorre. Conecte a mangueira do pote em um béquer contendo uma solução com água e sabão e registre as mudanças que ocorreram na solução (Figura 8).
4. Analise as bolhas formadas e reflita sobre como identificar o gás produzido. Utilize EPIs e explore uma forma segura de testá-lo (Figura 9).
5. Interprete o processo ocorrido:

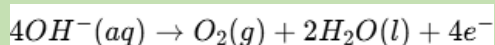
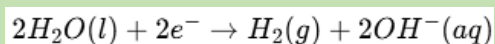
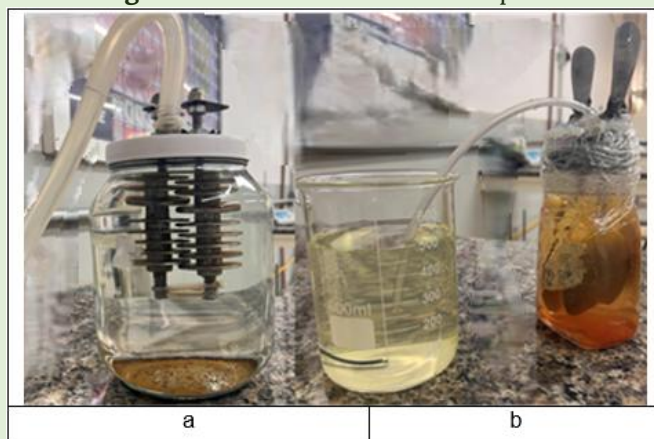


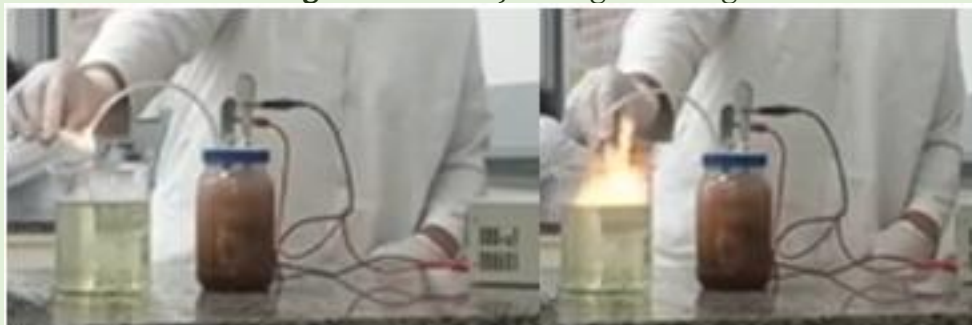
Figura 7: Células de Eletrólise Aquosa.



(a) produzida pela professora (b) produzido pelos estudantes.

Fonte: extraída de dados da pesquisa (2023).

Figura 8: Obtenção do gás Hidrogênio.



Fonte: extraída de dados da pesquisa (2023).



Você sabia? O que acontece na reação de combustão do hidrogênio?



Quando o hidrogênio (H_2) reage com o oxigênio (O_2), eles formam água (H_2O) e liberam energia. No nível submicroscópico, as moléculas de hidrogênio e oxigênio se “esbarram”, quebrando suas ligações e formando novas, liberando energia. A equação é simples:



E na célula a combustível?

A célula a combustível usa o hidrogênio para gerar eletricidade, separando-o em prótons (H^+) e elétrons (e^-), enquanto os prótons se combinam com oxigênio para formar água. O resultado? Energia limpa, com a única “emissão” sendo água.



Por que é importante?

Essa reação limpa é uma grande promessa para um futuro sustentável, com potencial para

Para o(a) Professor(a) e Estudantes:

Atividade (V): “Bomba” e “Foguetinho de Hidrogênio”

Objetivo: elaborar dispositivos que possibilitem a síntese e a aplicação de conceitos relacionados à Energia e aos Combustíveis, com ênfase na observação da liberação de energia por meio da reação do gás hidrogênio com o oxigênio atmosférico.

Materiais e reagentes

- | | |
|---|------------------------|
| • 1 célula de eletrólise construída anteriormente | • Fósforo |
| • Balão de látex | • Garrafa Pet de 500mL |
| • 1 pedaço de cano de PVC | • Suporte Universal |
| • 1 vela | • Barbante |
| • Óculos de proteção | • Béquer de 500mL |
| | • Avental |

Procedimento experimental

Construção da “Bomba”:

1. Conecte os eletrodos à bateria ou fonte de alimentação elétrica, assim que começar a produzir o gás hidrogênio, conecte a mangueira na boca de um balão de borracha. Ao observar que o balão se encheu moderadamente

(aproximadamente 1/3 de sua capacidade), desligue a fonte de alimentação, amarre a boca do balão com cuidado e desligue a fonte da eletrólise.

2. Utilizando o suporte universal, amarre o balão na ponta com o auxílio do barbante. Adapte a vela em uma das pontas do cano de PVC e, utilizando os EPIs necessários, acenda a vela e leve-a até o balão. Observe a reação (Figura 10).

Construção do “Foguetinho”:

1. Com a célula ligada já produzindo o gás hidrogênio, pegue a garrafa PET e vire de boca para baixo no béquer com solução de sabão. Introduza a ponta da mangueira e aguarde o gás hidrogênio preencher toda a garrafa.
2. Quando bolhas começarem a sair pela boca da garrafa, significa que ela está cheia de gás hidrogênio. Desligue a célula.
3. Em um espaço aberto, posicione a garrafa com a boca para baixo em um suporte universal (Figura 11). Com uma vela acesa adaptada na extremidade de um cano de PVC, aproxime a chama da boca da garrafa.



Nota de Segurança: este experimento deve ser realizado sob supervisão do(a) professor(a) utilizando EPIs e com extrema cautela, devido à inflamabilidade do hidrogênio e aos riscos associados ao lançamento do foguete.

Figura 9: Obtenção do gás Hidrogênio.



Fonte: extraída de dados da pesquisa (2023).

Figura 10: Reação de combustão do hidrogênio “Foguetinho”.



Fonte: extraída de dados da pesquisa (2023).

Para o(a) Professor(a):

Durante os experimentos, estimule os estudantes a formularem hipóteses antes da realização das atividades, registrarem suas observações ao longo do processo e refletirem sobre os resultados obtidos. Esse movimento favorece a construção de sentido e o desenvolvimento de habilidades investigativas. Ao final de cada experimento, promova uma discussão sobre os conceitos envolvidos e suas possíveis aplicações no cotidiano. Reforce, sempre que necessário, as medidas de segurança e a importância de seguir corretamente os procedimentos experimentais.

3º MOMENTO PEDAGÓGICO – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Etapa V – Sistematização Individual e Coletiva

Objetivo: sistematizar os conhecimentos construídos ao longo das aulas, durante a socialização e interação em um debate sobre os tópicos mais relevantes abordados.

Recursos: multimídia.

Tempo estimado da aula: 2 aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento

Para o(a) Professor(a):

Nesta etapa, os estudantes devem consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo da SD por meio de quatro atividades práticas e reflexivas: (i) responder à pergunta “Por que o gás hidrogênio é considerado um combustível do futuro?”, retomando os conhecimentos construídos nas discussões anteriores sobre fontes renováveis e as potencialidades do hidrogênio apresentadas na Etapa II da SD; (ii) elaborar uma resenha sobre o experimento “Árvore de Natal” que explora conceitos de

oxirredução; (iii) construção de um calorímetro com materiais reciclados e utilizá-lo para determinar o valor energético da queima de uma castanha, exemplificando o conceito de entalpia de combustão; e (iv) elaboração de um mapa mental abordando os diferentes tipos de hidrogênio.

Sobre a Metodologia:

Vygotsky (1989) destaca a influência significativa do ambiente social e das interações sociais no desenvolvimento cognitivo dos indivíduos. Ele enfatiza especialmente a importância da interação entre pares e da colaboração na aprendizagem. Nesse contexto, o terceiro momento pedagógico da SD desempenha um papel fundamental na consolidação do aprendizado, uma vez que promove uma compreensão mais aprofundada e integrada dos conteúdos. Por meio da interação entre os estudantes, espera-se que ocorra uma construção ativa do conhecimento, facilitada pela socialização e colaboração, possibilitando também a observação de possíveis mudanças de atitudes dos alunos ao longo do processo de aprendizagem.

Para os Estudantes:

Atividade (i): Pergunta reflexiva

“Por que o gás hidrogênio é considerado um combustível do futuro?”.

Objetivo: estimular a pesquisa e a reflexão crítica sobre as características do gás hidrogênio como combustível alternativo.

Orientação aos Estudantes:

- Pesquise sobre as propriedades químicas do hidrogênio, sua produção, aplicações e vantagens ambientais.

Para os Estudantes:

Atividade (ii): Resenha sobre o experimento “Árvore de Natal”

Objetivo: compreender os conceitos de oxirredução aplicados ao experimento realizado.

Materiais e reagentes:

- 100mL de solução de nitrato de prata (AgNO_3) 0,1 mol/L;
- Fio de cobre (30cm);
- Béquero de 250mL.

Procedimento experimental:

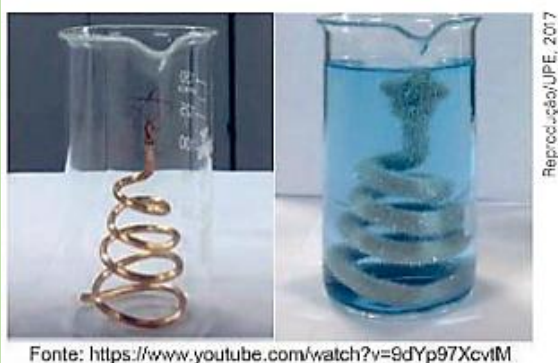
1. Molde o fio de cobre em formato de espiral, simulando uma árvore de Natal.
2. Coloque o fio de cobre dentro do béquer. Adicione à solução de nitrato de prata até que o metal fique completamente submerso.
3. Observe atentamente quaisquer mudanças na solução e no fio de cobre ao longo do tempo, registrando as alterações de cor, textura e possíveis formações na superfície do fio.

Orientação aos Estudantes:

- Revise o exercício teórico previamente proposto sobre os conceitos de oxidação e redução.
- Realize a prática do experimento “Árvore de Natal”, seguindo as instruções.
- Após a realização prática, elabore uma resenha de até 20 linhas abordando:
 - I. A relação entre o exercício teórico e os resultados práticos observados.
 - II. Os conceitos de oxirredução envolvidos no experimento.
 - III. A relevância do experimento para a compreensão de processos químicos no contexto da sustentabilidade.

Exercício proposto:

(UPE – Adaptada) Um fio de cobre foi retorcido em formato de uma “árvore de Natal” e colocado dentro de um béquer. Em seguida, transferiu-se um volume de uma solução salina para a vidraria, o suficiente para cobrir o objeto metálico.



Dados:

$\text{Na}^+ + 1 \text{e}^- \rightarrow \text{Na}^0$	$E^\circ_{\text{red}} = -2,71 \text{ V}$
$\text{Mg}^{++} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}^0$	$E^\circ_{\text{red}} = -2,36 \text{ V}$
$\text{Ag}^+ + 1 \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}^0$	$E^\circ_{\text{red}} = +0,80 \text{ V}$
$\text{Cu}^{++} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0$	$E^\circ_{\text{red}} = +0,34 \text{ V}$
$\text{Ni}^{++} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}^0$	$E^\circ_{\text{red}} = -0,25 \text{ V}$

Observe o que ocorre com a solução e com o fio metálico ao longo do tempo e responda: qual é o sal presente na solução adicionada ao béquer?

- a) NaCl
- b) MgCl_2
- c) AgNO_3
- d) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
- e) $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$



Nota dos Autores: para obter esse efeito com um sal mais barato, é necessário utilizar um metal mais reativo do que o cobre, como ferro (Fe) ou zinco (Zn), em contato com uma solução de sulfato de cobre (CuSO_4).

Para os Estudantes:

Atividade (iii): construção de um calorímetro para determinação do calor de combustão de uma castanha

Objetivo: determinar a capacidade calorífica de um calorímetro e o calor de combustão de uma castanha, utilizando um calorímetro simples de fácil construção, feito com materiais acessíveis. O experimento permite aplicar conceitos de calor específico, conservação de energia e eficiência na transferência de calor.

Materiais e reagentes

- | | |
|---|--|
| • 1 lata de refrigerante vazia | • Castanha-do-pará sem casca |
| • 1 rolha de cortiça ou tripé com tela de amianto | (ou outra castanha oleaginosa) |
| • 1 suporte universal com garra | • Fósforos |
| • 1 termômetro | • Balança digital |
| • 1 vareta (caso não tenha a garra) | • Material isolante (papel alumínio, isopor ou EVA) para revestir a lata |
| | • 1 proveta de 200 mL |

Procedimento experimental

Determinação da capacidade calorífica do calorímetro (C_{cal})

- Monte o calorímetro conforme o desenho a seguir, utilizando a latinha, que fará o papel de calorímetro. Certifique-se de revesti-la com um material

isolante para minimizar a perda de calor para o meio externo, conforme descrito nos materiais e no procedimento.



- Transfira 100 mL de água destilada para o interior do calorímetro (lata de refrigerante vazia). Agite, aguarde alguns minutos e meça a temperatura da água fria (T_{fria}).
- Aqueça 100 mL de água destilada em um béquer até a temperatura atingir aproximadamente 70°C. Cesse o aquecimento e anote a temperatura da água quente (T_{quente}).
- Transfira rapidamente a água quente para o calorímetro, agite e meça a temperatura final do sistema após atingir o equilíbrio térmico (T_{eq}).
- Para reduzir a perda de calor, envolva a lata com um material isolante, como isopor ou papel-alumínio.

Cálculo da capacidade calorífica do calorímetro:

- Considerando que o calor cedido pela água quente é absorvido pela água fria e pelo calorímetro, utilize a equação abaixo para determinar a capacidade calorífica do calorímetro:

$$[m_{H_2O_{quente}} \cdot c_{H_2O} \cdot (T_{eq} - T_q)] + [m_{H_2O_{fria}} \cdot c_{H_2O} \cdot (T_{eq} - T_f) + C_{cal} \cdot (T_{eq} - T_f)] = 0$$

Onde:

T_f = temperatura da água fria (°C);

T_q = temperatura da água quente (°C);

T_{eq} = temperatura da água no equilíbrio térmico (°C);

m_{H_2O} = massa da água em gramas (*considere* $d_{H_2O} = 1 \frac{g}{mL}$);

c_{H_2O} = calor específico da água ($1,0 \frac{cal}{g^{\circ}C}$);

C_{cal} = capacidade calorífica do calorímetro ($1,0 \frac{cal}{^{\circ}C}$).

Determinação do calor de combustão da castanha:

- Coloque 200 mL de água na lata de refrigerante vazia (calorímetro).
- Meça e anote a temperatura inicial da água ($T_{inicial}$).
- Com a balança digital, meça e anote a massa inicial da castanha ($m_{inicial}$).
- Fixe a castanha em um suporte de metal ou rolha de cortiça e acenda-a com o fósforo.
- Posicione a lata sobre a chama da castanha e aguarde até que a combustão cesse.
- Meça e anote a temperatura final da água (T_{final}).
- Meça e anote a massa final da castanha após a queima (m_{final}).

Cálculo do calor de combustão da castanha:

- Utilize a expressão abaixo para determinar o calor de combustão da castanha:

$$q_{castanha} = q_{calorímetro} + q_{água}$$

Em que:

$$q_{calorímetro} = C_{cal} \cdot \Delta T;$$

$$q_{água} = (m_{água} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T);$$

$$\Delta T = T_{final} - T_{inicial};$$

$q_{combustão}$ = quantidade de calor liberada na combustão da castanha (cal);

m_{H_2O} = massa da água em gramas (*considere* $d_{H_2O} = 1 \frac{g}{mL}$);

$c_{H_2O} = 1,0 \frac{cal}{g^{\circ}C}$;

C_{cal} = capacidade calorífica do calorímetro determinada na etapa anterior.

Calor liberado por grama de castanha (unidade cal/g):

- Para calcular o calor liberado por grama de castanha queimada, utilize a equação:

$$q_{castanha} = \frac{q_{combust\tilde{a}o}}{m_{castanha\ queimada}}$$

- $q_{combust\tilde{a}o}$ = quantidade de calor liberado na combust\~ao da castanha;
- $q_{castanha}$ = quantidade de calor liberado por grama de castanha queimada;
- $m_{castanha\ queimada} = (m_i - m_f)$;
- (m_i) = massa inicial da castanha (g);
- (m_f) = massa final da castanha (g).

Para o(a) Professor(a):

O experimento proposto permite aos alunos compreender, na pr\~atica, conceitos fundamentais de calorimetria, como conserva\~ao de energia, capacidade t\~ermica e calor de combust\~ao.

Recomendamos que a equa\~ao utilizada para determinar a capacidade calor\~ifica do calor\~metro seja apresentada de forma contextualizada, destacando o papel do calor\~metro como um sistema que tamb\~em absorve calor.

Para maior detalhamento, apresentamos coment\~arios e um exemplo de c\~alculo realizado a partir dos dados obtidos no experimento. Caso identifique dificuldade por parte dos alunos, proponha uma discuss\~ao orientada com perguntas sobre as trocas de calor no sistema, incentivando-os a construir o conceito de forma gradual.

1. Determina\~ao da capacidade calor\~ifica do calor\~metro (C_{cal})

Antes de medir o calor de combust\~ao da castanha, \~e essencial determinar a capacidade calor\~ifica do calor\~metro. Pois o calor\~metro recebe parte do calor cedido pela queima da castanha.

O c\~alculo \~e baseado na conserva\~ao da energia t\~ermica, considerando a troca de calor entre a \~agua quente, a \~agua fria e o calor\~metro. O princ\~ipio \~e que a soma das energias trocadas deve ser zero, ou seja:

$$q_{cedido} + q_{absorvido} = 0$$

Substituindo os termos de calor temos a express\~ao:

$$\left[m_{H_2O_{quente}} \cdot c_{H_2O} \cdot (T_{eq} - T_q) \right] + \left[m_{H_2O_{fria}} \cdot c_{H_2O} \cdot (T_{eq} - T_f) + C_{cal} \cdot (T_{eq} - T_f) \right] = 0$$

Dados:

- $T_f = 23^\circ\text{C}$
- $T_q = 72^\circ\text{C}$
- $T_{eq} = 36^\circ\text{C}$
- $m_{\text{H}_2\text{O}_{\text{quente}}} = 100 \text{ g}$
- $m_{\text{H}_2\text{O}_{\text{frio}}} = 100 \text{ g}$
- $c_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
- C_{cal} (a ser determinada)

$$\left[100_{\text{g}} \cdot 1,0 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot (36^\circ\text{C} - 72^\circ\text{C}) \right] + \left[100_{\text{g}} \cdot 1,0 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot (36^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C}) + C_{\text{cal}} \cdot (36^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C}) \right] = 0$$

$$-3.600 + 1.300 + C_{\text{cal}} \cdot 13 = 0$$

$$C_{\text{cal}} = \frac{2.300}{13} = 177 \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}}$$

Ao resolver essa equação, isolamos C_{cal} e calculamos seu valor, permitindo que os cálculos subsequentes considerem a energia absorvida pelo calorímetro. Isso assegura maior precisão nas medições e uma estimativa mais confiável do calor transferido para a água durante o experimento.

2. Determinação do calor de combustão da castanha:

Em seguida, utilizando o mesmo calorímetro, realizamos a etapa experimental para determinar a energia liberada pela combustão da castanha. O processo envolve medir a variação de temperatura da água dentro do calorímetro enquanto a castanha queima. Como a energia liberada pela combustão é absorvida pela água e pelo calorímetro, utilizamos a equação:

$$q_{\text{castanha}} = q_{\text{calorímetro}} + q_{\text{água}}$$

Onde:

- $q_{\text{calorímetro}} = C_{\text{cal}} \cdot \Delta T$
- $q_{\text{água}} = (m_{\text{água}} \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta T)$
- $\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$

Dados:

- $m_{\text{H}_2\text{O}} = 200 \text{ g}$

- $c_{H_2O} = 1,0 \frac{cal}{g^{\circ}C}$
- $C_{cal} = 177 \frac{cal}{^{\circ}C}$
- $\Delta T = 56^{\circ}C - 25^{\circ}C = 31^{\circ}C$

Cálculos:

$$q_{combustão} = \left(200g \cdot 1,0 \frac{cal}{g^{\circ}C} \cdot 31^{\circ}C \right) + (177 \frac{cal}{^{\circ}C} \cdot 31^{\circ}C)$$

$$q_{combustão} = 6.200 + 5.487 = 11.687_{cal}$$

Transformando cal em kcal: $k_{cal} = \frac{Q_{cal}}{1000_{cal}}$ $k_{cal} = \frac{11.687_{cal}}{1.000_{cal}} = 11,687 \text{ kcal}$

3. Cálculo do calor de combustão por grama de castanha

Para comparar a eficiência energética de diferentes combustíveis ou alimentos, apresentamos o resultado do calor liberado por grama de amostra queimada. Para isso, basta dividir o valor de $q_{combustão}$ pela massa de castanha queimada:

$$q_{castanha} = \frac{q_{combustão}}{m_{castanha \text{ queimada}}}$$

Onde:

- $q_{combustão}$ = quantidade de calor liberado na combustão da castanha
- $q_{castanha}$ = quantidade de calor liberado por grama de castanha queimada
- $m_{castanha \text{ queimada}} = (m_i - m_f)$
- (m_i) = massa inicial da castanha (g)
- (m_f) = massa final da castanha (g)

Dados:

- $q_{combustão} = 11.687_{cal}$
- Massa inicial da castanha (m_i) = 4,105 g
- Massa final da castanha (m_f) = 1,847 g
- Massa da castanha queimada ($m = m_i - m_f$) = 2,258 g

$$q_{castanha} = \frac{11.687_{cal}}{2,258g} = 5.176 \frac{cal}{g} \quad \text{ou} \quad q_{castanha} = \frac{11,687_{Kcal}}{2,258g} = 5,176 \frac{Kcal}{g}$$

Após a realização do experimento, os resultados foram comparados com o valor energético da castanha-do-pará (6,59 kcal/g), conforme informado pelo USDA¹

¹ Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/170569/nutrients>. Acesso em: 04 jun. 2025.

(United States Department of Agriculture) – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. No exemplo analisado, o valor obtido foi 5,176 kcal/g, indicando uma diferença que pode estar relacionada a perdas de calor para o ambiente e às limitações do sistema utilizado.

Essa comparação evidencia a influência das condições experimentais nos resultados obtidos, destacando a importância do controle de variáveis, como o isolamento térmico do calorímetro, para aumentar a precisão das medições. Ainda assim, os valores encontrados permitiram uma análise qualitativa da energia liberada na combustão da castanha, favorecendo reflexões sobre os desafios experimentais na determinação do valor energético dos alimentos.

Ao discutir esses resultados com os alunos, recomenda-se propor questões que envolvam diferentes contextos de liberação de energia em alimentos ou em outros combustíveis naturais, incentivando a extrapolação dos conceitos de calorimetria para situações do cotidiano ou do contexto ambiental.



Nota dos autores: os dados apresentados foram coletados por um grupo de alunos participantes da pesquisa.

Para os Estudantes:

Atividade (iii): Mapa Mental sobre os Tipos de Hidrogênio

Objetivo: elaborar um mapa mental que aborde os diferentes tipos de hidrogênio, suas formas de obtenção, diferenças e aplicações.

Orientação aos Estudantes:

- Pesquisar sobre os diferentes tipos de hidrogênio (cinza, azul, verde, entre outros).
- Elaborar um mapa mental manual, utilizando materiais e modelos escolhidos livremente.
- Utilizar palavras-chave e esquemas visuais que facilitem o entendimento do conteúdo.
- Incluir no mapa:
 - I. Formas de obtenção: como cada tipo de hidrogênio é produzido;

- II. Diferenças: principais características que diferenciam os tipos de hidrogênio;
- III. Aplicações: setores e contextos em que o hidrogênio pode ser utilizado.
- Apresentar os mapas mentais ao final da aula, promovendo troca de ideias e reflexões entre os colegas.



Nota dos autores: a atividade favoreceu a construção de diferentes representações visuais, o que revelou a diversidade de compreensões e interpretações dos estudantes sobre os tipos de hidrogênio. Muitos grupos ampliaram suas produções incluindo dados sobre investimentos em hidrogênio verde por países como Alemanha e Japão, além de citar aplicações em setores como transportes e siderurgia. Isso contribuiu para tornar o conhecimento mais significativo e contextualizado, alinhando-se à perspectiva da abordagem CTS ao articular o conteúdo científico com aspectos sociais, econômicos e tecnológicos do mundo contemporâneo.

Para o(a) Professor(a):

Esta etapa tem como objetivo consolidar os conceitos abordados ao longo da SD por meio de atividades práticas e reflexivas. Oriente os estudantes durante o desenvolvimento das tarefas, garantindo que compreendam os objetivos e relacionem as atividades aos conceitos estudados. Estimule a pesquisa, a criatividade e a organização, incentivando-os a buscar soluções inovadoras e a apresentar resultados claros. Promova momentos de discussão coletiva para que os estudantes compartilhem suas descobertas, refletindo sobre as implicações científicas e tecnológicas dos temas trabalhados. Ao final, valorize a participação e o empenho dos estudantes, priorizando o aprendizado colaborativo e reflexivo.

Etapa VI – Questionário Final

Objetivo: avaliar a aprendizagem de conceitos químicos abordados durante a SD. A análise das respostas também possibilita verificar os indicadores da AC manifestados pelos estudantes durante a SD, considerando as inter-relações entre CTS.

Recursos: multimídia.

Tempo estimado da aula: 1 aula de 50 minutos.

Desenvolvimento

Para o(a) Professor(a):

O desenvolvimento das atividades propostas ao longo da SD sobre a temática “combustíveis renováveis” possibilita que vários conceitos científicos, tecnológicos inovadores e suas implicações sociais sejam explorados. Nesta etapa da SD, os estudantes responderão a um questionário, possibilitando ao professor avaliar a aprendizagem química e também verificar as potencialidades da abordagem CTS para o Ensino de Química, evidenciadas a partir da manifestação dos indicadores de alfabetização científica pelos alunos.

Sobre a Metodologia:

Serão questões que irão conciliar o desenvolvimento sustentável com a inclusão social e questões científicas envolvidas sobre sustentabilidade, preservação ambiental com a produção de um combustível limpo, não derivado de petróleo.

Carvalho e Gil-Pérez (2006) afirmam que, para favorecer a construção de conhecimentos pelos estudantes, os professores devem propor questões interessantes e desafiadoras aos mesmos para que, ao resolverem os questionamentos propostos, possam conhecer os enfoques próprios da cultura científica, promovendo um processo de enculturação.

Para os Estudantes:

Atividade:

1) (UFPB 2011) Considere a letra da música de Sá, Rodrix e Guarabyra.

Sobradinho

O homem chega, já desfaz a natureza

Tira a gente, põe represa, diz que tudo vai mudar

O São Francisco lá pra cima da Bahia

Diz que dia menos dia vai subir bem devagar

E passo a passo vai cumprindo a profecia

Do beato que dizia que o sertão ia alagar

O sertão vai virar mar, dá no coração

O medo que algum dia o mar também vire sertão
 Vai virar mar, dá no coração
 O medo que algum dia o mar também vire sertão
 Adeus Remanso, Casa Nova, Sento-Sé
 Adeus Pilão Arcado, vem o rio te engolir
 Debaixo d'água lá se vai a vida inteira
 Por cima da cachoeira o gaiola vai subir
 Vai ter barragem no salto do Sobradinho
 O povo vai se embora com medo de se afogar
 Remanso, Casa Nova, Santo Sé, Pilão Arcado, Sobradinho adeus, adeus.

Fonte: CD: Outra vez na Estrada, Som Livre, 2001.

O Rio São Francisco é utilizado de forma múltipla pelo homem e tem importância fundamental na integração e no desenvolvimento do Brasil. Essa utilização intensa gerou riquezas para o País ao mesmo tempo em que trouxe, também, sérios prejuízos ambientais. Com base no texto e na literatura sobre o assunto, qual problema ambiental a música retrata?

2) Existem vários tipos de energia, algumas são adquiridas por fontes renováveis outras não renováveis, mas todas elas são responsáveis pela produção de trabalho. Logo, em tudo o que está trabalhando há energia. Com base em seus conhecimentos, cite os principais tipos de energia.

3) A ciência e a tecnologia avançaram muito nas últimas décadas, trazendo benefícios para a humanidade em diversas áreas. Porém, nem todos têm acesso a essas tecnologias.

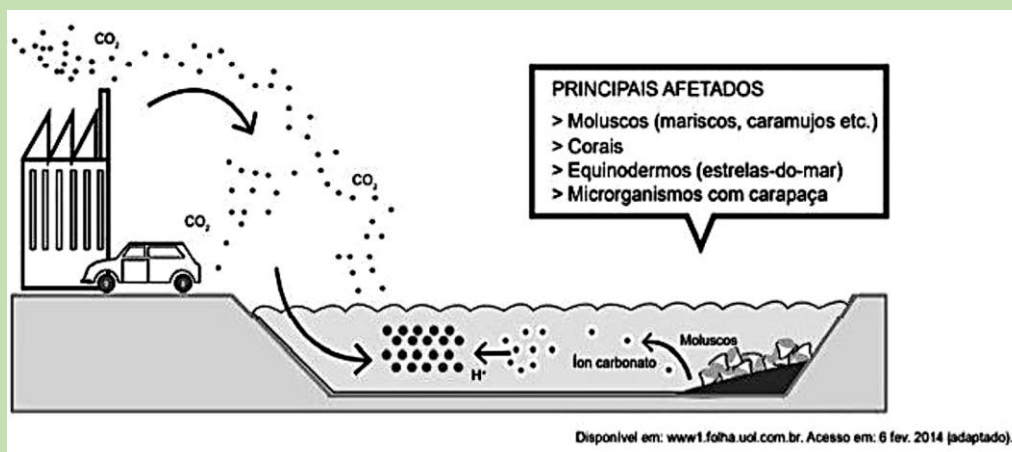
Estudo de caso: durante a pandemia de COVID-19, muitas comunidades brasileiras enfrentaram dificuldades no acesso ao ensino remoto por falta de internet, equipamentos ou infraestrutura básica.

Questão: comente sobre a importância de políticas públicas que garantam o acesso à ciência e à tecnologia para todos os cidadãos, relacionando com o caso apresentado. Que impactos essa exclusão pode gerar? Quais soluções poderiam ser propostas?

4) Atualmente, a energia está presente no dia a dia de várias pessoas, principalmente a energia elétrica. Qual é a importância da energia?

5) Após o debate realizado em sala sobre as possibilidades de uso do hidrogênio verde em setores como transporte, indústria e geração de energia, elabore um texto argumentativo que apresente os principais fatores que devem ser considerados para sua adoção e como isso pode impactar as questões ambientais e energéticas globais.

6) (Enem 2017 - Adaptada)



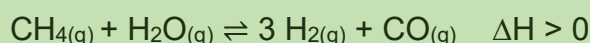
Comente sobre qual fator responsável pela intensificação do impacto apresentado nesse ambiente.

7) (UPE – Adaptada) Um fio de cobre foi retorcido em formato de uma “árvore de Natal” e colocado dentro de um béquer. Em seguida, transferiu-se um volume de uma solução salina de Nitrato de Prata para a vidraria, o suficiente para cobrir o objeto metálico. Após determinado período, a solução ficou azulada, e pequenos cristais cobriram toda a superfície da árvore de Natal.



Qual é o nome do processo eletroquímico responsável por essa reação?

- 8) O gás hidrogênio é um dos combustíveis mais promissores, tanto em células a combustível (motor elétrico) quanto em motores convencionais a combustão. Isso se deve ao fato de que o produto formado nesses processos de obtenção de energia é a água, uma substância que não gera impacto ambiental. Uma das formas de obter o hidrogênio é por meio da reação reversível que ocorre em fase gasosa, equacionada a seguir:

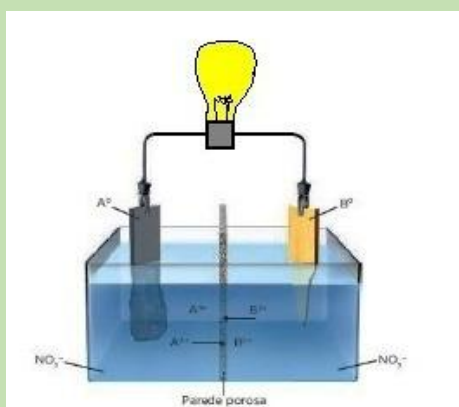


De acordo com os conhecimentos sobre os fatores que alteram o equilíbrio químico, cite um fator que aumentaria a produção de gás hidrogênio nessa reação.



Nota dos autores: embora a reação de reforma do metano a vapor ocorra de forma significativamente deslocada para os produtos sob condições industriais, ela é um processo reversível do ponto de vista termodinâmico. Em sistemas fechados, a reação pode atingir um estado de equilíbrio químico, justificando o uso da seta dupla ($\rightleftharpoons$) na equação apresentada, uma vez que o equilíbrio pode ser descrito considerando a influência das condições de operação, como temperatura e pressão (Cesário, 2013).

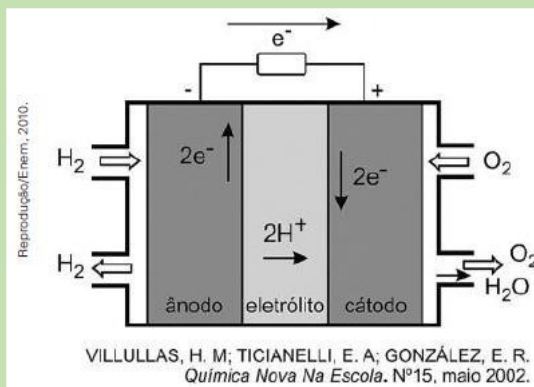
- 9) Analise a pilha hipotética construída com dois eletrodos A e B metálicos e duas soluções aquosas de mesma concentração que contém os íons A^{3+} e B^{2+} e responda.



O que está acontecendo com as massas das plaquinhas A e B? Por que esse fenômeno está acontecendo?

- 10) (ENEM – Adaptada) O crescimento da produção de energia elétrica ao longo do

tempo tem influenciado decisivamente o progresso da humanidade, mas também tem criado uma séria preocupação: o prejuízo ao meio ambiente. Nos próximos anos, uma nova tecnologia de geração de energia elétrica deverá ganhar espaço: as células a combustível hidrogênio/oxigênio.



Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio, comente porque essas células se diferenciam dos processos convencionais.

Para o(a) Professor(a):

Com o objetivo de ampliar o uso da abordagem CTS nas discussões do tema da SD, sugerimos a atividade de pesquisa (Hidrogênio Verde) para inclusão ou substituição da atividade (questionário final) prevista para a Etapa VI.

Atividade de Pesquisa:

Solicite aos alunos que realizem uma pesquisa em notícias de jornais acerca do hidrogênio verde, destacando usos recentes ou avanços nas pesquisas desse combustível. Na sequência, solicite aos alunos que elaborem uma apresentação sintetizando os principais pontos levantados durante a pesquisa. Por fim, discuta com a turma se essa alternativa energética já é, de fato, uma realidade viável ou não.

Etapa VII – Divulgação do Conhecimento

Objetivo: promover autonomia e criatividade dos estados por meio da elaboração e apresentação de um trabalho que demonstre a aplicação prática dos conceitos estudados, integrando-o ao processo de avaliação e encerramento do ciclo de aprendizagem.

Recursos: multimídia.

Tempo estimado da aula: 2 aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento

Para o(a) Professor(a):

Nesta etapa, os estudantes terão a oportunidade de contextualizar e divulgar os conhecimentos adquiridos durante a SD. Em grupos, eles apresentarão trabalhos com temas e abordagens escolhidos por eles mesmos, utilizando espaços de grande circulação na escola para as exposições.

Embora a professora/pesquisadora, durante a aplicação da SD, tenha sugerido inicialmente algumas propostas – como a criação de uma composteira caseira, visando a refletir sobre práticas sustentáveis; a elaboração de um quadro artístico produzido a partir de reações de óxido-redução; uma história em quadrinhos sobre energia renovável e hidrogênio verde; e a construção de um carrinho movido a energia solar – os discentes foram incentivados a imaginar e propor suas próprias formas de expressão para a apresentação dos resultados.

Com base na experiência prática da implementação, uma das ideias que mais despertou o interesse da turma foi a produção de um carrinho movido a gás hidrogênio utilizando uma célula a combustível. O gás hidrogênio foi gerado a partir da eletrólise da água com o uso de energia solar (célula fotovoltaica).

Essa atividade foi integrada ao PE como parte das adaptações da SD aplicada durante a pesquisa de mestrado, no sentido de promover uma compreensão mais profunda e concreta dos conceitos estudados, especialmente sobre combustíveis renováveis e suas aplicações tecnológicas.

Os estudantes demonstraram entusiasmo com a montagem do carrinho, que funcionou conforme o esperado, tornando-se um dos destaques da exposição.

Essa abordagem metodológica proporcionou maior autonomia e criatividade aos nossos estudantes, permitindo que eles propusessem novas ideias e abordagens para a finalização da SD, ampliando a construção coletiva do conhecimento.

Ao final, é importante promover uma discussão geral com os estudantes, incentivando-os a refletir sobre a relevância dos conceitos científicos no cotidiano e

como esses conceitos podem contribuir para um futuro mais sustentável. Esta reflexão não só fortalece a compreensão do conteúdo, mas também permite que os estudantes percebam a aplicabilidade do conhecimento científico em sua vida diária e no mundo ao seu redor.

Sobre a Metodologia:

Muitas vezes, o Ensino de Química acaba distante da realidade dos estudantes e das questões do dia a dia. Como já apontava Santos (1992), os conteúdos e estratégias ainda não dialogam com o que realmente é necessário para formar cidadãos críticos. Por isso, a proposta aqui é oferecer uma atividade final diferente: uma exposição interativa, onde os alunos possam colocar a mão na massa, pensar em soluções sustentáveis e compartilhar ideias com a comunidade escolar.

Essa etapa permite que eles articulem o que aprenderam com situações reais, usando a criatividade para transformar conhecimento em ação. Trabalhar com produtos sustentáveis, como composteiras, carrinhos movidos a energia ou HQs educativas, ajuda a mostrar que a Química está por toda parte — e que pode, sim, contribuir para um mundo melhor.

Para os Estudantes:

Atividade: Preparação dos Trabalhos para Exposição

Objetivo: elaborar um trabalho em grupo relacionado aos conceitos de Química e sustentabilidade para ser exposto na mostra da escola.

Orientação aos Estudantes:

- *Formação dos Grupos:* junte-se com seus colegas para escolher um tema relacionado aos conceitos aprendidos na SD (pode ser sobre compostagem, energia renovável, reações químicas etc.).
- *Elaboração do Trabalho:* escolha um dos seguintes tipos de trabalho para desenvolver:
 - I. Quadro Artístico: produza uma obra de arte com base em reações de óxido-redução.

- II. Composteira Caseira: construa uma composteira simples e demonstre o processo de compostagem.
 - III. História em Quadrinhos: crie uma HQ que explore os conceitos de energia renovável ou hidrogênio verde.
 - IV. Teste de Carrinho Movido a Energia Solar: pesquise sobre o funcionamento de um carrinho com célula a combustível abastecida com gás hidrogênio obtido por eletrólise da água. Elabore um protótipo que ilustre essa proposta e explique seu funcionamento.
- *Apresentação*: prepare uma explicação sobre como o trabalho foi desenvolvido, relacionando os conceitos de Química à prática realizada.
 - *Material de Apoio*: utilize cartazes, vídeos, maquetes ou outros recursos para enriquecer sua apresentação e tornar o conteúdo mais acessível e interessante.

Nas Figuras 12 a 15, são apresentadas imagens dos trabalhos desenvolvidos com a turma de alunos que participou da SD analisada na pesquisa de mestrado.

Figura 11: Arte por meio da Oxirredução.



Fonte: extraída de dados da pesquisa (2023).

Figura 12: Composteira caseira.



Fonte: extraída de dados da pesquisa (2023).

Figura 13: HQs criadas pelos grupos de estudantes.



Fonte: extraída de dados da pesquisa (2023).

Figura 14: Teste do carrinho movido a energia solar.



Fonte: extraída de dados da pesquisa (2023).

Encerrando a jornada: reflexões finais

O PE apresentado baseia-se na premissa de que o Ensino de Química precisa considerar as vivências dos estudantes, reconhecendo a importância de abrir um espaço nas nossas aulas para interação e diálogo. Embora o PE tenha integrado diversas atividades práticas, uma reflexão importante para aplicações futuras desta SD é o aumento de tempo destinado à fala dos estudantes, proporcionando mais momentos para que eles expressem suas ideias, questionamentos e percepções sobre os conceitos abordados. Isso favorece uma aprendizagem mais ativa e engajada, além de estimular que os alunos construam juntos o conhecimento e enxerguem como os conteúdos científicos se relacionam com seu dia a dia, o que os ajuda a pensar de forma mais crítica sobre o mundo à sua volta.

A SD desenvolvida, com o tema “Hidrogênio Verde: uma abordagem CTS no Ensino de Química”, foi estruturada a partir dos 3MP, conforme proposto por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007). O uso da abordagem CTS contribui para a contextualização do Ensino de Química, pois aproxima o conhecimento científico do cotidiano dos estudantes, respeitando suas experiências e saberes prévios, e promovendo a AC (Santos; Mortimer, 2002; Sasseron; Carvalho, 2008).

A proposta do PE buscou articular experimentação prática, discussões críticas e produções criativas, abordando questões científicas, tecnológicas e ambientais de relevância social, com especial foco no uso de hidrogênio verde como alternativa sustentável. Durante a aplicação SD, os estudantes podem ser desafiados a explorar, de forma prática e teórica, a evolução dos combustíveis, conectando os conceitos científicos à realidade do mundo contemporâneo. A abordagem CTS possibilita que os estudantes construam um entendimento crítico e ampliado sobre Ciência, tornando-os mais conscientes de seu papel na sociedade e no ambiente, ajudando-os a refletir melhor antes de tomar decisões que impactam a sociedade e o meio ambiente.

Ao aplicar a SD descrita neste PE com uma turma de 40 estudantes do 2º ano do Ensino Médio, constatamos que o uso da abordagem CTS nas aulas de Química contribui para promover uma aprendizagem significativa, em que os estudantes se

engajaram ativamente no processo de ensino-aprendizagem. A estrutura da SD, que envolveu tanto aspectos teóricos quanto experimentais, possibilitou uma compreensão ampla do tema e fortaleceu o pensamento crítico dos estudantes, ao mesmo tempo em que valorizou suas experiências pessoais e culturais.

Este PE serve como ferramenta para professores de Química, oferecendo uma proposta inovadora que pode ser adaptada conforme as necessidades de seus alunos e alunas e de suas diferentes turmas, propondo um jeito de ensinar que vai além da aula expositiva e que mostra como a Ciência está presente no cotidiano, de forma prática e com sentido para os alunos.

Fontes que inspiraram a elaboração deste Produto Educacional

ABREU, T. B; FERNANDES, J. P.; MARTINS, I. Uma análise qualitativa e quantitativa da produção científica sobre CTS (ciência, tecnologia e sociedade) em periódicos da área de ensino de ciências no Brasil. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais [...]**. Florianópolis, v. 7, 2009.

AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching. In: SOLOMON, J. AIKENHEAD, G. S. (Org.). **STS Education: International perspectives on reform**. New York: Teachers College Columbia University. p. 47-59, 1994.

AIKENHEAD, G. S. Research into STS science education. **Revista Educación Química**, México, v. 16, n. 3, p. 384-397, abr. 2005.

ANDRADE, R. S.; ZUIN, V. G. A alfabetização científica em química verde e sustentável. **Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2023.

ARAÚJO, R. S. *et al.* Renewable energy sources: research, trends, and perspectives on sustainable practices. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, São Paulo, 2023.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica Para Quê?. Ensaio – **Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, jun. 2001.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 01 jan. 2025.

BROWN, T. L.; LEMAY, Jr. HE; BURSTEN, BE; BURDGE, JR **Química: A Ciência Central**. 9. ed. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2005.

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Org.). **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de Professores de Ciências**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

CESÁRIO, M.; R. **Reforma a vapor catalítica do metano: otimização da produção e seletividade em hidrogênio por absorção in situ do CO₂ produzido**. 211p. Tese (Doutorado em Físico-Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

CHASSOT, A. I. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 5. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011. 368 p.

CNI, Confederação Nacional da Indústria. **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022. 137 p.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física: formação geral**. São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, J. A. A.; PERNAMBUCO, M. M.; colaboração GOUVÊA DA SILVA, A. R. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

DISNEY; PIXAR. **Carros 2** [filme]. [S.I.]: Walt Disney Studios, 1 vídeo (106 minutos). Disponível em: <https://www.disneyplus.com/pt-br/movies/carros-2/1Evb1neuySt0>. Acesso em: 01 nov. 2024.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 65. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2018.

HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 27-57.

HOFSTEIN, A.; AIKENHEAD, G.; RIQUEARTS, K. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 10, n. 4, p. 357-366, 1988.

KELLNER, Douglas. **Media Culture: Cultural studies, Identity and Politics between the Modern and Postmodern**. London and New York: Routledge, 2001.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Revista Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 117, p. 518-534, abr.-jun. 2018. DOI: 10.1590/0103-1104201811714.

MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

OLIVEIRA, M. G. N.; CRUZ, M. A. L.; FERREIRA, T. **Impactos causados pelo uso dos combustíveis fósseis e o uso do biocombustível como solução viável**. 2021. Trabalho de conclusão de curso, Escola Técnica Estadual Benedito Storani, Jundiaí.

OLIVEIRA, E. et al. Análise de conteúdo e pesquisa na área da educação. **Revista Diálogo Educacional**, Paraná, v. 4, n. 9, p. 1-17, 2023.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, p. 71-84, 2007.

SANTOS, W. L. P. **O ensino de química para formar o cidadão: principais características e condições para a sua implantação na escola secundária brasileira**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1992.

SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. Apresentação. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Editora Unijuí, 2010. p. 13-22.

- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem CT-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. **Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 1-23, dez. 2002.
- SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão. **Química nova na escola**, v. 4, n. 4, p. 28-34, 1996.
- SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química**: compromisso com a cidadania. 3. ed. Ijuí: Unijuí; p. 47-98, 2003.
- SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental**: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula. São Paulo: [s.n.]. 265 p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2008.
- SILVA, C. M. A. et al. Energias sustentáveis no Brasil: desafios e oportunidades para os avanços energéticos e ambientais. In: **Science at the Crossroads**: Papers from the Second International Congress of the History of Science and Technology. Toluca: Seven Publicações, 2024. p. 147-212.
- SILVA, J. Utilização de combustíveis renováveis coloca o Brasil em fase promissora de inovação no setor energético. **Jornal da USP**, 2024. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/utilizacao-de-combustiveis-renovaveis-coloca-o-brasil-em-fase-promissora-de-inovacao-no-setor-energetico/>. Acesso em: 01 mar. 2025.
- TRAVITZKI, R. Alfabetização científica: o papel dos conhecimentos específicos nas práticas pedagógicas. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 30, e24022, 2024. DOI: 10.1590/1516-731320240022.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **FoodData Central**: food details – 170569. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/170569/nutrients>. Acesso em: 01 mar. 2025.
- VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. **Psicologia**, São Paulo, v. 153, p. V631. 1989.