



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE QUÍMICA - LICENCIATURA



JOSÉ VITOR LOPES PEREIRA DA SILVA

**O USO DE SITUAÇÃO PROBLEMA COMO FERRAMENTA AVALIATIVA NAS
AULAS DE FÍSICO-QUÍMICA DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA DA
UFPE.**

Caruaru-PE

2025

JOSÉ VITOR LOPES PEREIRA DA SILVA

**O USO DE SITUAÇÃO PROBLEMA COMO FERRAMENTA AVALIATIVA NAS
AULAS DE FÍSICO-QUÍMICA DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA DA
UFPE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Química-Licenciatura
do Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de
monografia, como requisito parcial para a
obtenção do grau de licenciada em QuímicaX.

Área de concentração: Ensino de Química.

Orientador (a): Dra. Ariane Carla Campos de Melo

Caruaru

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, José Vitor Lopes Pereira da .

O uso de situação problema como ferramenta avaliativa nas aulas de físico- química do curso de licenciatura em química da UFPE / José Vitor Lopes Pereira da Silva. - Caruaru, 2025.

110 : il., tab.

Orientador(a): Ariane Carla Campos de Melo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - Licenciatura, 2025.

Inclui referências.

1. Resolução de Problemas. 2. Metodologia Ativa. 3. Dificuldades em Matemática. 4. Fake News. I. Melo, Ariane Carla Campos de . (Orientação). II. Título.

370 CDD (22.ed.)

JOSÉ VITOR LOPES PEREIRA DA SILVA

**O USO DE SITUAÇÃO PROBLEMA COMO FERRAMENTA AVALIATIVA NAS
AULAS DE FÍSICO-QUÍMICA DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA DA
UFPE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Química do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, na modalidade MONOGRAFIA como requisito parcial para a obtenção do título de LICENCIADO(A) EM QUÍMICA.

Aprovado(a) em: 04/04/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ARIANE CARLA CAMPOS DE MELO**
Data: 06/04/2025 14:14:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Ariane Carla Campos de Melo
Orientador(a) - Examinador(a) Interno(a)-NFD-CAA/UFPE

Documento assinado digitalmente
 **GILMARA GONZAGA PEDROSA**
Data: 04/04/2025 19:31:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Gilmara
Gonzaga Pedrosa
Examinador(a) interno(a)-
NFD-CAA-UFPE

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDO CRUVINEL DAMASCENO**
Data: 06/04/2025 11:54:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fernando Cruvinel Damasceno

A minha alma engrandece ao Senhor, o meu espírito exulta em Deus meu Salvador [...] O Todo Poderoso fez em mim maravilhas, Santo é o Seu nome (São Lucas 1,49)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, pois sou o que sou e cheguei onde cheguei com a Sua bênção. Ademais, agradeço a Nossa Senhora e a São José, santos que sou muito devoto. Em especial a São José que dedico este trabalho cuja intercessão foi imprescindível nos momentos de dificuldade e angústia na escrita do projeto.

Agradeço a meus pais, Irene e Carlos, que sempre investiram na minha educação e nunca mediram esforços para que eu pudesse estudar e me tornar o profissional que sou. A minha irmã Larissa, aos meus sobrinhos Abner e Maria Cecília por todo apoio e amor.

Agradeço a todos os meus amigos pelo apoio, escuta, alegrias e tristezas vivenciadas. Em especial quero agradecer a João Vitor, que é um irmão que tenho e que sempre esteve comigo todos esses anos! Aos meus amigos do grupo “ai calica”, muita gratidão!

Agradeço ao meu grupo da faculdade “Melhor Panelinha” por todo apoio, risos e desabafos em todo esse processo árduo. Quero agradecer em especial a minha parceira Elice que caminhou junto comigo por muitos períodos deste curso.

Agradeço a todos os meus queridos professores, o qual foram fundamentais para que eu me tornasse o profissional que sou e que são uma inspiração na docência e em como ser um bom profissional fiel a sua vocação.

Muita gratidão a minha querida orientadora Ariane, que desde o início me acolheu como seu orientando e sempre esteve aberta às minhas ideias. Além disso, destaco sua humanidade e gentileza em todo o processo de escrita deste projeto no qual foi primordial para que eu conseguisse produzir esse trabalho. Desejo muita luz, bênçãos e sucesso!

Por fim, quero agradecer à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), instituição que me possibilitou a minha profissionalização e a realização do meu sonho em ser docente.

RESUMO

As metodologias ativas desempenham um papel primordial no processo de ensino e aprendizagem visto que é uma alternativa às metodologias tradicionais. O foco dessa metodologia é no estudante, que passa a ser o centro do processo e o construtor do seu próprio conhecimento. Assim, a Resolução de Problemas (RP) pode permitir ao estudante desenvolver diferentes habilidades e conhecimentos reforçando a reflexão crítica e decisões estratégicas em relação à abordagem para enfrentar a questão. Além disso, a RP estimula o desenvolvimento de aspectos tanto cognitivos como estratégicos que podem variar de acordo com o tipo de problema. Objetivo central do presente trabalho foi investigar quais são as dificuldades e os recursos matemáticos utilizados pelos estudantes na resolução de um problema relacionado aos conceitos básicos de físico-química. Ademais, buscou-se compreender como as metodologias ativas, mais especificamente a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) possibilita a compreensão dos conceitos e o pensamento crítico. A Situação Problema (SP) foi respondida por 22 estudantes do sétimo período do curso de química-licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) do Campus Agreste que cursaram a disciplina de Físico-Química II. Optou-se por esse grupo visto que estes já cursaram disciplinas do ciclo básico como química geral I e II, cálculos e físico-química I, onde abordam conceitos elementares para responder à situação problema. A partir das respostas fornecidas, constatou-se que uma grande parte dos discentes tiveram dificuldades em conceitos básicos de matemática como regra de três e mudança de unidade física. Além disso, observou-se que alguns estudantes apresentaram equívocos com o balanceamento de reações químicas e a utilização de coeficientes estequiométricos necessário para o cálculo da entalpia de combustão. Adicionalmente, foi possível observar que a maioria dos estudantes conseguiram responder à pergunta central da SP que era para justificar se a informação do vídeo era Fake News, porém, eles não justificaram utilizando recursos matemáticos e científicos. Portanto, a RP mostrou-se diagnóstico de lacunas referentes ao conhecimento químico básico, porém, foi importante no que diz respeito ao desenvolvimento da reflexão crítica no processo de ensino e aprendizagem de conceitos químicos.

Palavras-chave: resolução de problemas; metodologia ativa; dificuldades em matemática; fake news.

ABSTRACT

Active methodologies play a crucial role in the teaching and learning process as an alternative to traditional methodologies. The focus of this methodology is on the student, who becomes the center of the process and the builder of their own knowledge. Thus, Problem Solving (PS) can enable students to develop different skills and knowledge, reinforcing critical reflection and strategic decision-making regarding the approach to tackling the issue. Additionally, PS stimulates the development of both cognitive and strategic aspects, which may vary depending on the type of problem. The central objective of the present study was to investigate the difficulties and mathematical resources used by students in solving a problem related to basic physico-chemistry concepts. Furthermore, it aimed to understand how active methodologies, specifically Problem-Based Learning (PBL), facilitate the comprehension of concepts and critical thinking. The Problem Situation (PS) was answered by 22 students in the seventh semester of the Chemistry Teaching Degree program at the Federal University of Pernambuco (UFPE) – Agreste Campus, who had taken the course Physical Chemistry II. This group was chosen because they had already completed basic cycle courses such as General Chemistry I and II, Calculus, and Physical Chemistry I, which cover elementary concepts necessary for solving the problem situation. From the responses provided, it was found that a large number of students had difficulties with basic mathematical concepts such as rule of three and unit conversion. Additionally, some students demonstrated misconceptions regarding reaction balancing and the use of stoichiometric coefficients necessary for calculating the combustion enthalpy. Moreover, it was observed that while most students were able to answer the central question of the PS—determining whether the information in the video was Fake News—they did not justify their responses using mathematical and scientific resources. Therefore, PS proved to be a diagnostic tool for identifying gaps in basic chemical knowledge. However, it was important in fostering critical reflection in the teaching and learning process of chemical concepts.

Keywords: problem solving; active methodology; difficulties in mathematics; fake news.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Célula de Daniell, com eletrodos de Zn e Cu	32
Figura 2 –	Representação de uma célula eletrolítica	33
Figura 3 –	Esquema geral dos motores de Ciclo Otto	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de entalpias padrão de ligação das espécies químicas das reações retirados do Barros (1992)	25
Tabela 2 – Valores de entalpias padrão de formação das substâncias presentes na reação de combustão do octano (Barros, 1992)	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Cálculo para a energia liberada na combustão de 10 Litros de Gasolina e Etanol	35
Quadro 2 –	Cálculo para a energia liberada na combustão de 10 Litros de Gasolina e Etanol	39
Quadro 3 –	Relato de uma fake News como estratégia de RP	40
Quadro 4 –	Questão 1	43
Quadro 5 –	Questão 2	47
Quadro 6 –	Questão 3	50
Quadro 7 –	Questão 4	54
Quadro 8 –	Questão 5	57
Quadro 9 –	Questão 6	60
Quadro 10 –	Questão 7	65
Quadro 11 –	Questão 8	70
Quadro 12 –	Classificação das respostas dos estudantes segundo categorias de análise	74
Quadro 13 –	Categorias de análise para a discussão da situação investigada	75
Quadro 14 –	Resposta dos estudantes a Q6	79
Quadro 15 –	Resposta dos estudantes a Q6	83
Quadro 16 –	Resposta dos E1 e E4 para a Q6	92
Quadro 17 –	Resposta dos E10 para a Q6 e E17 para a Q7	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais
E1	Estudante 1
E2	Estudante 2
E3	Estudante 3
E4	Estudante 4
E5	Estudante 5
E6	Estudante 6
E7	Estudante 7
E8	Estudante 8
E9	Estudante 9
E10	Estudante 10
E11	Estudante 11
E12	Estudante 12
E13	Estudante 13
E14	Estudante 14
E15	Estudante 15
E16	Estudante 16
E17	Estudante 17
E18	Estudante 18
E19	Estudante 19
E20	Estudante 20
E21	Estudante 21
E22	Estudante 22
RP	Resolução de Problema

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	METODOLOGIAS ATIVAS	17
3.2	METODOLOGIAS ATIVAS: UM OLHAR NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	18
3.3	TERMOQUÍMICA, ELETROQUÍMICA E ELETRÓLISE: FUNDAMENTOS BÁSICOS	20
3.3.1	Termoquímica	20
3.3.2	Reações de Combustão	27
3.3.3	Conceitos de Eletroquímica e Eletrólise	29
3.3.4	Funcionamento do Motor de um Carro	34
3.4	O ENTRELACE ENTRE A QUÍMICA E A MATEMÁTICA NA FORMAÇÃO DOCENTE	36
4	METODOLOGIA	37
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	37
4.2	QUANTO À ABORDAGEM	37
4.3	QUANTO AOS OBJETIVOS	38
4.4	QUANTO AOS PROCEDIMENTOS	38
4.5	SUJEITOS E CAMPOS DE PESQUISA	38
4.6	OBTENÇÃO DE DADOS	39
4.7	INSTRUMENTO DE ANÁLISE DE DADOS E ANÁLISE DE CONTEÚDO	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1	ASPECTOS TERMODINÂMICOS	75
5.2	REAÇÕES QUÍMICAS	89
5.3	MEIO AMBIENTE E FATORES ECONÔMICOS	96
5.4	FAKE NEWS	100

6	CONCLUSÃO	103
	REFERÊNCIAS	105

1 INTRODUÇÃO

A química é uma ciência que desempenha um papel essencial na evolução da sociedade da informação e da tecnologia. Segundo Santos e Schentzler (2015) existe uma dependência entre esses avanços da tecnologia e informação em relação à Química que vão desde a utilização de produtos químicos no cotidiano até as influências e os impactos no desenvolvimento de países. Além disso, essa interdependência afeta diretamente a qualidade de vida das pessoas e está ligada a diferentes efeitos ambientais. Por isso, a química é uma ciência fundamenta para embasar a tomada de decisão em diversas áreas. Diante disso, surge um questionamento importante: como a educação em química pode, e está, contribuindo para essas tomadas de decisão?

A educação química no Brasil ainda apresenta traços de ensino tradicional, pautados no distanciamento da simbologia química e do contexto vivido pelos sujeitos. Chassot (1995) no século passado já salientava que o ensino de química tradicional é “inútil” visto que não há um diálogo com a realidade do estudante. Além disso, esse modelo de ensino também não estimula a capacidade de reflexão crítica e da tomada de decisão.

Nos últimos tempos tem sido desenvolvidas abordagens que buscam ir além da mera apresentação de fórmulas, equações e conceitos, priorizando o uso das metodologias ativas. Segundo Silva e Sanada (2018), essas metodologias colocam os estudantes no centro do processo de ensino e aprendizagem, transformando-o em agente de seu próprio conhecimento. Como exemplo desse modelo de aprendizagem tem-se a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), a Aprendizagem Baseada em Projetos, Instrução por Pares, Estudo de Caso e Rotações por Estações cada uma com procedimentos e objetivos específicos (Filatro; Cavalcanti 2018).

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), de forma particular, destaca-se por fomentar o pensamento crítico, a resolução de problemas e a construção de conceitos científicos. Essa metodologia, portanto, é caracterizada por promover habilidades de trabalho em equipe e colaborar para o desenvolvimento de competências práticas e conceituais (Santos, 2015).

Nesse sentido, a ABP não apenas facilita a assimilação de conhecimentos científicos, mas também promove competências essenciais para o sucesso acadêmico e profissional. A

sintonia com essa visão educacional é evidente nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica Promulgada em 2019. O artigo oitavo desta normativa determina que os programas de formação docente adotem metodologias inovadoras, enfatizando, por exemplo, o desenvolvimento da habilidade de resolver problemas (Brasil, 2019). A adoção dessas estratégias pedagógicas inovadoras por parte dos professores formadores pode contribuir para que os futuros docentes superem o modelo tradicional de ensino no qual o conhecimento é transmitido de forma passiva, posicionando o aluno como simples receptor e o professor como único detentor do saber.

Nesse contexto, essa pesquisa buscou investigar quais são as dificuldades e os recursos matemáticos empregados pelos estudantes na resolução de problemas relacionados aos conceitos de físico-química, especificamente termoquímica e eletrólise, e como o uso de metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), pode contribuir para o desenvolvimento crítico e a compreensão desses conceitos? A hipótese que orienta este estudo é que a utilização de Metodologias Ativas, como a Metodologia Ativa de Resolução de Problemas (ABP) facilita a compreensão dos conceitos de físico-química. Ademais, melhora a aplicação dos recursos matemáticos relacionados.

A pesquisa foi realizada a partir dos dados de uma situação problema proposta pela docente da disciplina de Físico-Química II do curso Química Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) no semestre de 2023.1. A situação problema foi desenvolvida pela docente da disciplina, Dr. Ariane Carla Campos de Melo (UFPE), juntamente com o professor Dr. Fernando Cruvinel Damasceno (UNIVASF).

Este estudo, portanto, buscou identificar as dificuldades que os estudantes possuem na utilização dos recursos matemáticos relativos à termoquímica e eletroquímica, mediante a resolução de problema. Para contextualizar a aprendizagem, a atividade incluiu discussões sobre aplicações práticas de como o funcionamento do motor de um carro e reações de combustão, permitindo uma abordagem mais significativa dos conteúdos.

A caracterização desse trabalho considerando-se o propósito de estudo, pode ser definida como de natureza básica, a abordagem é do tipo qualitativa e semi-quantitativa, de caráter exploratório e é caracterizada como uma pesquisa participante.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar o uso de uma situação problema no processo de ensino e aprendizagem de conceitos de físico-química com estudantes do curso de Química Licenciatura, especificamente na disciplina de Físico-Química II.

2.2 Objetivos Específicos

- Compreender se os recursos matemáticos são empregados corretamente por discentes do curso de Química mediante o uso de uma resolução de problema;
- Analisar especificamente a atribuição de significados referentes aos conceitos de termoquímica, eletroquímica;
- Avaliar se a situação problema proposta contribui com a formação crítica de licenciandos em química;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 METODOLOGIAS ATIVAS

Durante toda sua trajetória desde o nascimento, os seres humanos aprendem ativamente enfrentando situações com diferentes complexidades. A partir dessas vivências, há uma ampliação da percepção, do conhecimento e das competências para escolhas libertadoras e realizadoras. Assim, a vida é um processo contínuo de aprendizagem ativa, que exige enfrentamentos de desafios progressivamente complexos (Moran, 2018).

Essa aprendizagem ativa aumenta a flexibilidade cognitiva, superando modelos mentais rígidos, automáticos e pouco eficientes. A palavra ativa, nesse processo, é associada à reflexão. No contexto escolar, a sala de aula torna-se um lugar de troca entre professor e aluno. Um espaço onde o aprender é uma jornada contínua, uma atitude duradoura (Moran, 2018). Nesse sentido, na Aprendizagem Ativa o estudante é o principal agente do seu processo de construção do conhecimento e o professor o responsável por facilitar o processo de ensino e aprendizagem (Santos, 2015).

No Brasil, sabe-se que é bastante presente o ensino tradicional no qual o aluno aprende de forma passiva onde apenas recebe as informações. E apesar dos esforços de muitos docentes para tentar prender a atenção desses sujeitos, as dificuldades de aprendizagem ainda permanecem constantes (Souza; Vilaça; Teixeira., 2020).

Porém, o contexto social no qual a escola está inserida mudou. A vida das crianças e jovens está cada vez mais guiada pelas tecnologias e pelo consumo de informação (Andrade; Sartori, 2017). Diante disso, faz-se necessário uma transformação nas metodologias didáticas de forma que se possa preparar esses sujeitos para o mundo atual.

Desse modo, sugere-se a adoção de métodos de ensino que permitam incentivar os alunos a buscarem seu próprio conhecimento e a solução de problemas de forma que os discentes se sintam construtores e autores de seus saberes (Souza; Vilaça; Teixeira., 2020). A partir dessa ressignificação de saberes e práticas, dá-se um passo extremamente importante na construção da autonomia dos discentes.

Nesse contexto, a utilização de metodologias ativas desempenha um papel essencial no ensino visto que oferecem ao aluno oportunidades de intervenção na realidade, seja ela individualmente, seja ela com seus professores e colegas (Santos, 2015). Além disso, elas se classificam por sua inter-relação com a educação, com a escola, a cultura, a sociedade e a política sendo concebida através de estratégias ativas e criativas, que estejam centralizadas na pessoa do aluno e na aprendizagem (Moran, 2018).

Dentre as metodologias ativas, destacam-se diferentes abordagens que promovem o protagonismo estudantil. Uma delas é a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj), a qual envolve alunos em atividades desafiadoras voltadas à resolução de problemas reais ou contextualizados (Moran, 2018). Outra abordagem relevante é a Metodologia da Sala de Aula Invertida, na qual o discente assume um papel ativo em seu processo de aprendizagem, tendo acesso antecipado ao conteúdo que antes era exclusivo do professor (Pereira, 2018).

Nesse sentido, Oliveira, Nóbrega e Cavalcanti (2023) destacam que a elaboração de estratégias didáticas ativas pode servir como ponto de partida para capacitar os professores a adotarem métodos pedagógicos capazes de romper com o modelo tradicional de ensino e, conseqüentemente, promover transformações no ambiente escolar.

Assim sendo, ao passo que os docentes em formação aprendem sobre a criação de metodologias ativas em suas práticas pedagógicas, os futuros professores estarão mais preparados para lidar com os desafios do ambiente escolar. Diante disso, uma das estratégias que podem ser utilizadas no processo de ensino e aprendizagem é a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).

3.2 METODOLOGIAS ATIVAS: UM OLHAR NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Resolver problemas é uma característica inerente à existência humana. Cotidianamente, as pessoas enfrentam desafios e, de forma consciente ou inconsciente, aprendem com essas experiências. Esses aprendizados geram informações e conhecimentos que podem ser aplicados na resolução de problemas futuros (Barrows; Tamblyn, 1980).

Batinga (2010) amplia essa perspectiva ao definir o conceito de situação-problema como um cenário em que uma pessoa ou grupo deseja ou precisa encontrar uma solução, mas para o qual não existe um caminho simples ou imediato. Sob essa ótica, algo só se torna um

problema quando os envolvidos o reconhecem como tal. Ademais, a resolução demanda dos sujeitos reflexão e decisões estratégicas quanto às abordagens utilizadas para enfrentar a questão.

Nesse sentido, ao enfrentar uma situação caracterizada como um problema, uma pessoa mobiliza diferentes habilidades e conhecimentos, que variam de acordo com a natureza do desafio apresentado. Cada problema demanda capacidades e formas de raciocínio específicas (Echeverria; Pozo, 1998). Além disso, Batinga (2010) e Echeverria e Pozo (1998) ressaltam que, no contexto educacional, o problema utilizado deve ser inédito ou distinto das situações previamente trabalhadas. Isso estimula os alunos a buscarem novas estratégias, conhecimentos, técnicas, ou uma combinação desses elementos, para encontrar uma solução para a questão apresentada.

Os problemas podem ser estruturados de diferentes maneiras, tanto em relação à área e ao conteúdo a que pertencem quanto aos tipos de operações e processos necessários para sua resolução (Echeverria; Pozo, 1998). Assim, a resolução de problemas (RP) não se limita a uma atividade cognitiva, mas envolve uma ampla gama de estratégias que podem variar conforme o tipo de problema e ser organizadas de maneiras distintas para atender às necessidades de públicos específicos.

Nesse contexto, Echeverria e Pozo (1998) diferenciam dois tipos de problemas: indutivo e dedutivo, levando em consideração o tipo de raciocínio que o sujeito poderá ter. O problema dedutivo, por exemplo, envolve a aplicação de regras conhecidas para demonstrar uma fórmula matemática, enquanto o problema indutivo consiste em observar padrões, como identificar a relação entre o peso de diferentes objetos, para formular uma regra geral. Essa diversidade de classificações oferece aos alunos oportunidades únicas para se adaptarem à estrutura do problema e desenvolverem habilidades de raciocínio.

Além disso, a RP pode ser uma estratégia promissora que tem por objetivo induzir nos alunos a apropriação de ferramentas adequadas na busca de darem respostas a questões cotidianas. Ensinar a resolver problemas não é somente sobre adquirir habilidades e estratégias eficazes, mas também sobre cultivar o hábito e a atitude de enfrentar a aprendizagem como um problema a ser resolvido. Isso implica em estimular os discentes e proporem seus próprios problemas e a solucioná-los, a questionarem sua própria realidade e a buscar respostas para suas

perguntas. O objetivo final é capacitar os alunos a alcançar o hábito de propor e resolver problemas como uma forma de aprender (Echeverria; Pozo, 1998).

Portanto, o uso da (RP) pode ser uma ferramenta facilitadora no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de Físico-Química como também no desenvolvimento de competências e habilidades essenciais aos estudantes (Sutiani; Silalahi; Situmorang, 2017).

3.3 TERMOQUÍMICA, ELETROQUÍMICA E ELETRÓLISE: FUNDAMENTOS BÁSICOS

Neste tópico são abordados conceitos de Físico-Química relativos a aspectos fundamentais da termoquímica, eletroquímica e eletrólise. É importante recordar, por exemplo, que no funcionamento do motor de um automóvel estão envolvidos diversos processos físico-químicos. A maioria dos veículos utiliza energia proveniente de reações de combustão de combustíveis como gasolina, diesel e etanol. Nesse contexto, a Termoquímica fornece as ferramentas matemáticas e os conceitos necessários para estimar a quantidade de energia liberada nessas reações. Além disso, a Eletroquímica também desempenha um papel fundamental no funcionamento dos veículos, especialmente no que diz respeito às baterias, responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica para o sistema. Um exemplo de aplicação dos princípios da Eletroquímica é a eletrólise, processo que, embora mais associado a sistemas de produção de hidrogênio, também impacta diretamente as tecnologias emergentes voltadas para veículos sustentáveis.

3.3.1 Termoquímica

A partir do século XIX com o desenvolvimento da Termodinâmica o cientista suíço Germain Henry Hess (1802-1850) calculou a quantidade de calor envolvendo reações químicas a partir de quantidades fixas de algumas substâncias. Ele demonstrou que a quantidade de calor produzida ou absorvida na transformação de uma substância para outra era a mesma, independente da rota ou da quantidade de etapas que a reação ocorresse. Por conta dessa generalização, chamada de Lei de Hess, Henry Hess é considerado o pai da Termoquímica (Asimov, 1965).

A Termoquímica é o estudo da quantidade de energia na forma de calor liberada ou absorvida associada as reações químicas. Através dos princípios da Termoquímica, é possível

compreender, por exemplo, por que é razoável ao organismo armazenar energia; por que se utiliza do etanol e outros combustíveis como fonte mais econômica; e por que foi usada uma mistura de metil hidrazina ($\text{CH}_3(\text{NH})\text{NH}_2$) e tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4) como combustível no módulo lunar (Barros, 1992). Assim, a Termoquímica possui um papel crucial na compreensão de processos físico-químicos que envolvem as trocas de energia.

Entre os principais contribuintes para o desenvolvimento dessa ciência, destaca-se Josiah Willard Gibbs (1839-1903) cujo seu trabalho foi fundamental no avanço dos preceitos da termoquímica. Gibbs aplicou as Leis da Termodinâmica às reações químicas e foi responsável por desenvolver o conceito de energia livre. Por definição, a energia livre é a quantidade de energia de um sistema que pode ser convertida em trabalho útil, levando em consideração tanto a energia interna quanto os efeitos da entropia e da temperatura (Asimov, 1965). Além disso, Gibbs também foi responsável por conceber a atualmente medida termodinâmica atualmente chamada de entalpia (Barros, 1992).

A entalpia, representada pelo símbolo H , é uma propriedade termodinâmica que combina a energia interna do sistema com o produto de sua pressão e volume. Em processos a pressão constante, a variação de entalpia (ΔH) corresponde ao calor trocado entre o sistema e sua vizinhança. A entalpia depende de variáveis como a energia interna (U), a pressão (P) e o volume (V) do sistema (Brown, 2016). A energia interna é uma função termodinâmica que representa a soma das energias cinética e potencial das partículas do sistema (Atkins; Paula, 2008). Assim, ela pode ser representada através da equação:

$$H = U + pV \quad (1.1)$$

A sua variação (ΔU) representa a transferência de energia na forma de calor entre um sistema e sua vizinhança, para sistemas a volume constante, e que não se realize outro tipo de trabalho. A energia interna é fundamental para o estudo da Termoquímica. Além disso, os valores de energia interna podem indicar as transferências de calor nas reações químicas (Barros, 1992).

Em um processo a pressão constante (isobárico) a variação de entalpia pode ser representada por:

$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V \quad (1.2)$$

Quando o trabalho (W) é de expansão, pode-se afirmar que $p\Delta V = -W$ logo a expressão 1.2 pode ser escrita como

$$\Delta H = \Delta U - W \quad (1.3)$$

Além disso, uma vez que a energia interna $\Delta U = Q + W$, então, a equação 1.3 pode ser expressa por:

$$\Delta H = Q + W - W$$

$$\Delta H = Q \quad (1.4)$$

Essas expressões matemáticas configuram-se como estratégias para se estabelecer o valor do calor trocado em uma reação a partir da variação de entalpia em um processo isobárico.

Além disso, em um processo em que o trabalho é nulo, ou seja, o sistema não realiza e não recebe trabalho, a variação de energia interna é igual ao calor:

$$\Delta U = Q$$

Desse modo, em um processo onde o trabalho é nulo é possível afirmar que a energia interna é numericamente igual à variação de entalpia

$$\Delta H = \Delta U$$

Assim, em uma reação onde há a diminuição da energia interna do sistema, ou seja, liberação de calor, há a transferência de energia do sistema para a vizinhança na forma de calor. Já quando há aumento da energia interna, ou seja, absorção de calor, há a transferência de energia da vizinhança para o sistema na forma de calor.

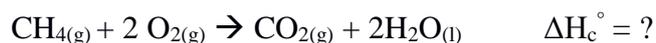
Essa energia transferida em um sistema e sua vizinhança pode ser classificada em exotérmica ou endotérmica. Quando ocorre a transferência de energia para o sistema na forma de calor, considera-se que a reação é endotérmica; quando ocorre a transferência de energia na forma de calor do sistema para a vizinhança, considera-se que a reação é exotérmica (Brown; 2016)

Como o valor da variação de entalpia (ΔH) é numericamente igual à energia transferida na forma de calor Q , para as reações endotérmicas os valores da variação de entalpia são positivos ($\Delta H > 0$) visto que o sistema recebe energia na forma de calor enquanto para as reações exotérmicas os valores de variação de entalpia são negativos ($\Delta H < 0$) visto que o sistema perde energia na forma de calor (Atkins; Paula, 2008).

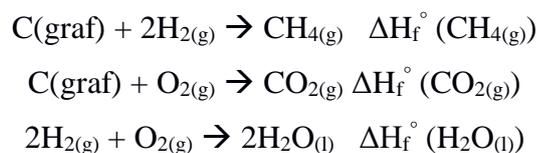
Além disso, a entalpia é denominada como uma função de estado, portanto, não depende da trajetória percorrida pelo sistema, apenas o estado inicial e o final. Nesse sentido, a variação de uma substância A numa B não dependerá das sequências de reações ou muito menos da quantidade de etapas, dependerá somente dos estados final e inicial dos reagentes e produtos. Essa generalização é enunciada pela Lei de Hess (Barros, 1992).

Ademais, há a impossibilidade de se determinar os valores absolutos de entalpia. Nesse sentido, há a necessidade do estabelecimento de escalas de referência para que a partir deles, possa-se encontrar as variações de entalpia de outras substâncias. Usualmente utiliza-se valores de entalpia no estado padrão da substância: a 1 bar e a uma dada temperatura (Barros, 1992)

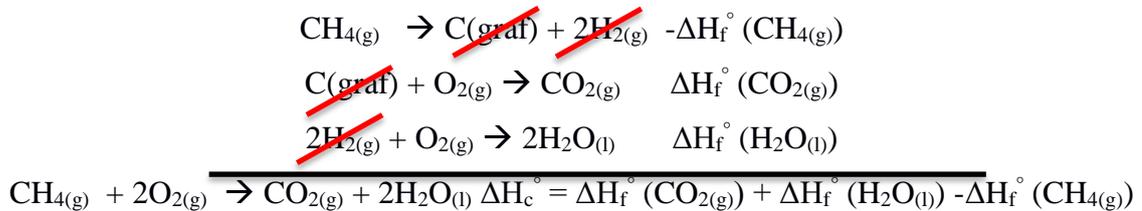
Conhecendo os valores das entalpias padrão de formação de uma determinada substância a partir de dados já tabelados, por exemplo, é possível encontrar as entalpias de reação dessa substância com outras espécies (Barros, 19). Por exemplo qual seria a entalpia de combustão do metano (CH_4). A princípio, é preciso escrever a reação química de combustão:



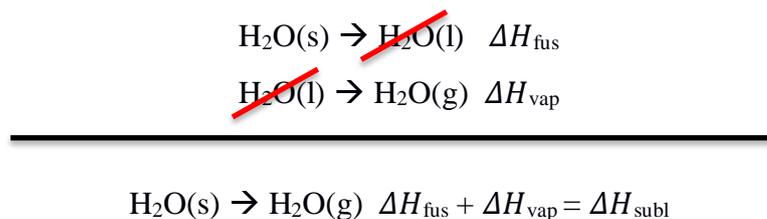
Como não se conhece a entalpia padrão de combustão do metano, pode-se utilizar de valores referencias de entalpia de formação do metano $\text{C}(\text{graf}) + 2\text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CH}_{4(\text{g})} \quad \Delta H_{\text{f}}^{\circ} (\text{CH}_{4(\text{g})})$, do gás carbônico $\text{C}(\text{graf}) + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} \quad \Delta H_{\text{f}}^{\circ} (\text{CO}_{2(\text{g})})$ e da água $2\text{H}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \quad \Delta H_{\text{f}}^{\circ} (\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})})$. Utilizando a soma algébrica como ferramenta para se chegar ao valor de entalpia, tem-se:



Invertendo a primeira equação química onde há a representação da reação de formação do metano, há a inversão do sinal do valor de entalpia de formação também. Assim, poder-se-á realizar a soma algébrica e somando-se as entalpias de formação encontra-se a entalpia padrão de combustão do metano (ΔH_c°):



Outro exemplo da utilização de manipulações algébricas para se determinar os valores de variação de entalpia é o exemplo abaixo. Nessa situação, busca-se descobrir a entalpia de sublimação da água.



Desse modo, ao realizar a soma algébrica é possível determinar o valor de entalpia de uma transformação física ou química a partir de etapas. Ademais, é possível calcular a variação de entalpia de uma reação a partir das entalpias de formação das substâncias (reagentes e produtos) no estado padrão. Isso pode ser representado pela seguinte expressão matemática:

$$\Delta H^\circ_r = \sum n\Delta H^\circ(\text{produtos}) - \sum n\Delta H^\circ(\text{reagentes}) \quad (1.5)$$

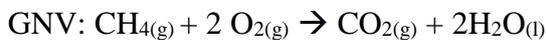
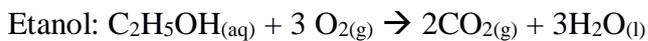
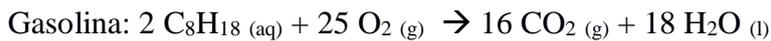
Onde n é o coeficiente estequiométrico do reagente ou do produto, ΔH° é a variação de entalpia padrão de formação de cada substância. Por meio das entalpias de formação de cada substância é possível calcular a variação de entalpia padrão da reação ΔH°_r . No subtópico seguinte será apresentado os recursos matemáticos empregados para determinar o valor da variação de entalpia de combustão ΔH_c° .

Além do cálculo utilizando as entalpias de formação, existe outro método para determinar a variação de entalpia de uma reação: a partir das entalpias de ligação. A entalpia

de ligação (ΔH_{lig}) é a energia necessária para quebrar uma ligação química em um mol de moléculas no estado gasoso. Nesse método, a variação de entalpia da reação pode ser estimada pela seguinte expressão

$$\Delta H^{\circ}_{lig} = \sum n\Delta H_{lig}^{\circ}(\text{ligações rompidas}) - \sum n\Delta H_{lig}^{\circ}(\text{ligações formadas}) \quad (1.6)$$

Em outras palavras, as ligações presentes nos reagentes são quebradas durante a reação, o que consome energia (termo positivo), enquanto novas ligações são formadas nos produtos, liberando energia (termo negativo). Esse cálculo é útil na análise de reações, permitindo estimar a energia liberada e comparar a eficiência de diferentes combustíveis. A seguir, serão apresentadas as reações de combustão da gasolina, do etanol e do gás natural (GNV), e os respectivos cálculos de variação de entalpia.



Utilizando-se dos valores tabelados das entalpias de ligação média retirado do Barros (1992) expostos na tabela a seguir

Tabela 1: Valores de entalpias padrão de ligação das espécies químicas das reações retirados do Barros (1992)

Ligação	Entalpia de Ligação Média (kJ/mol)
C=C	612
C-C	347
C-H	435
C-O	358
C=O	805
O=O	498,4
H-O	464

Calculando as variações de entalpia padrão de reação a partir das variações de entalpia padrão de ligação:

Para a Gasolina, a entalpia de ligação na quebra das reagentes

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}} = 2.[7.(C-C) + 18 (C-H)] + 25. (O=O)$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}} = 2.[7.(347) + 18.(435)] + 25. (498)$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}} = 32,968 \text{ kJ/mol}$$

A entalpia de ligação na formação dos produtos

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. formadas}} = [2.16.(C=O) + 2.18.(H-O)]$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. formadas}} = [2.16.(805) + 2.18.(464)]$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. formadas}} = 42,428 \text{ kJ/mol}$$

Agora, calculando a variação de entalpia padrão de reação

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reação}} = \Sigma|\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}}| - \Sigma|\Delta H^{\circ}_{\text{lig. formadas}}|$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reação}} = 32.968 - 42.428$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reação}} = -9.460 \text{ kJ/mol}$$

Para o Etanol, tem-se a entalpia de ligação na quebra dos reagentes

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}} = [(C-C) + 5 . (C-H) + (C-O) + (H-O)] + 3 . (O=O)$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}} = [(347) + 5 . (435) + (358) + (464)] + 3 . (498)$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}} = 4.838 \text{ kJ/mol}$$

Para os produtos tem-se

$$[2.2.(C=O) + 3 . 2 . (H-O)]$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. formadas}} = [2.2.(805) + 3.2.(464)]$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. formadas}} = 6.004 \text{ kJ/mol}$$

Agora, calculando a variação de entalpia padrão de reação

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reação}} = \Sigma|\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}}| - \Sigma|\Delta H^{\circ}_{\text{lig. formadas}}|$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reação}} = 4838 - 6004$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reação}} = -1.166 \text{ kJ/mol}$$

Por fim, para o GNV, tem-se nos reagentes

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}} = 4.(C-H) + 2.(O=O)$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}} = 4.(435) + 2.(498)$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}} = 2.736 \text{ kJ/mol}$$

Para os produtos, tem-se

$$[2.(C=O) + 2.18.(H-O)]$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. formadas}} = [2.(805) + 2.2.(464)]$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{lig. formadas}} = 3.466 \text{ kJ/mol}$$

Calculando a variação de entalpia de reação para o GNV tem-se

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reação}} = \Sigma|\Delta H^{\circ}_{\text{lig. rompidas}}| - \Sigma|\Delta H^{\circ}_{\text{lig. formadas}}|$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reação}} = 2.736 - 3.466$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reação}} = -730 \text{ kJ/mol}$$

Portanto, é possível constatar que a gasolina é o combustível de maior eficiência seguida pelo Etanol e GNV.

3.3.2 Reações de Combustão

As reações de combustão são estudadas desde meados do século XVIII. O químico Lavoisier acreditava que a vida estava sustentada por um processo semelhante ao da combustão. Ele imaginava que o ar era mistura de gases, sendo que um deles era responsável por se combinar aos materiais e formar a ferrugem, e que era essencial a vida. Lavoisier denominou como gás oxigênio (Asimov, 1965).

Conceitualmente as reações de combustão são reações rápidas entre determinadas substâncias com o oxigênio. As reações de combustão entre compostos orgânicos como os hidrocarbonetos e açúcares, que contém carbono, hidrogênio e oxigênio, formam dióxido de carbono e água (Brown, 2016). A reação de combustão do octano expressa pela equação química balanceada $C_8H_{18} (aq) + 25/2 O_2 (g) \rightarrow 8 CO_2 (g) + 9 H_2O (l)$ representa essa característica. O octano é um hidrocarboneto presente na gasolina, combustível para veículos.

Assim, é possível calcular a variação de entalpia padrão de combustão (ΔH_c°) e pelo valor estimar se há absorção ou liberação de energia através da equação descrita:

$$\Delta H_c^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(\text{produtos}) - \sum n\Delta H_f^\circ(\text{reagentes}) \quad (2.1)$$

Diferentemente do exemplo anterior, no qual a variação de entalpia de reação (ΔH_r°) foi calculada a partir das entalpias de ligação (ΔH_{lig}°), a variação de entalpia de combustão é determinada a partir do somatório das entalpias padrão de formação ΔH_f° (dos produtos e reagentes). Esse cálculo é particularmente útil quando se tem os valores de entalpia de formação disponíveis, especialmente para reações que ocorrem em condições padrão, permitindo calcular a energia envolvida de forma direta e prática.

Na tabela 2 são apresentados os valores das entalpias de formação das substâncias da reação de combustão do octano:

Tabela 2: Valores de entalpias padrão de formação das substâncias presentes na reação de combustão do octano (Barros, 1992)

Substância	$\Delta H_{formação}^\circ$ (kJ/mol)
C_8H_{18}	-224,01
$O_{2(g)}$	0
$CO_{2(g)}$	-393,51
$H_2O_{(l)}$	-285,83

Fonte: Próprio autor, 2024.

Realizando as substituições dos valores da entalpia de formação das substâncias na equação pode-se calcular o valor da entalpia padrão de combustão:

$$\Delta H_c^\circ = [8.(-393,5\text{kJ/mol}) + 9.(-285,8\text{kJ/mol})] - [-224,01\text{kJ/mol} + 25/2.0]$$

$$\Delta H_c^\circ = [-3148 \text{ kJ/mol} - 2572,2\text{kJ/mol}] - [-224.01\text{kJ/mol}]$$

$$\Delta H_c^\circ = -5720,2\text{kJ/mol} + 224.01\text{kJ/mol}$$

$$\Delta H_c^\circ = -5496,19\text{kJ/mol}$$

Convencionou-se que valores negativos de variação entalpia indicam processo exotérmicos, enquanto valores positivos caracterizam processos endotérmicos (Barros, 1986). Tem-se ainda que essa distinção também pode ser indicada em sistemas eletroquímicos e eletrolíticos, conforme será apresentado no tópico 3.3.3.

3.3.3 Conceitos de Eletroquímica

Uma pilha eletroquímica é um aparato que tem a capacidade de produzir um trabalho elétrico por meio da energia liberada nas reações (Castellan, 1994). A célula eletroquímica é um dispositivo em que uma corrente elétrica é produzida a partir de uma reação química. Esse processo pode ser utilizado, por exemplo, para forçar outras reações químicas não espontâneas (Atkins; Jones, 2012).

O fator da espontaneidade pode ser utilizado para compreender uma reação eletroquímica, atrelados às grandezas entálpicas e entrópicas. Para que uma reação seja espontânea na formação dos produtos, a energia livre de Gibbs deve possuir valores negativos ($\Delta G < 0$). Para as reações que são espontâneas na formação dos reagentes, os valores de energia de Gibbs devem ser positivos ($\Delta G > 0$) (Barros, 1992) (Atkins; Jones, 2012).

O cálculo da constante de equilíbrio partindo dos dados eletroquímicos é uma das aplicações mais pertinentes do potencial padrão. A energia livre padrão da reação (ΔG_r°) está relacionada à fem padrão da célula galvânica (E°) segundo a expressão

$$\Delta G_r^\circ = -nFE^\circ$$

Além disso, a energia livre padrão também se relaciona com a constante de equilíbrio K pela equação:

$$\Delta G_r^\circ = -RT \ln K$$

Associando essas duas expressões, obtém-se:

$$RT \ln K = nFE^\circ$$

Rearranjando, chega-se à forma

$$\ln K = \frac{nFE^\circ}{RT}$$

Essa relação mostra que K aumenta de forma exponencial com E° , uma reação com um E° bastante positivo tem $K \gg 1$, favorecendo os produtos. Por outro lado, uma reação com E° bastante negativo tem $K \ll 1$, favorecendo os reagentes (Atkins; Jones, 2012).

Ao passo que uma reação avança na direção do equilíbrio, as concentrações dos reagentes e dos produtos mudam e a variação de energia de Gibbs de reação (ΔG_r) tende a zero. Logo, à medida que os reagentes são consumidos em uma célula eletroquímica, o potencial da célula também diminui até chegar a zero. Por exemplo, uma bateria descarregada é uma reação que chegou ao equilíbrio. Nesse estado, uma reação não pode realizar trabalho visto que a diferença de potencial da célula é zero entre os eletrodos (Atkins; Jones, 2012).

Ao analisar quantitativamente esse processo, é necessário compreender como a força eletromotriz (fem) varia em função da concentração das espécies químicas presentes na célula eletroquímica. A fem é proporcional à energia livre da reação, e sabe-se que a variação da energia livre (ΔG_r) pode ser expressa pela seguinte equação

$$\Delta G_r = \Delta G_r^\circ + RT \ln Q$$

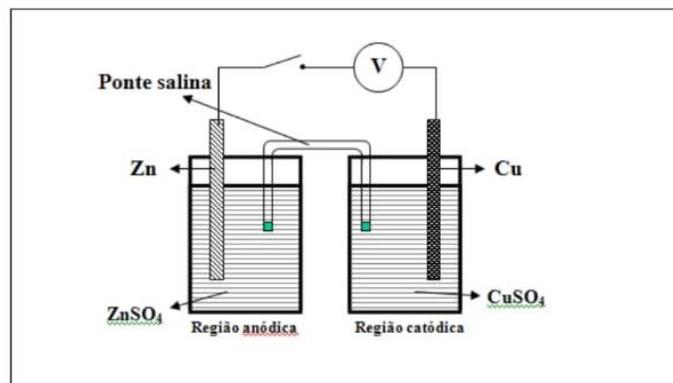
Considerando $\Delta G_r^\circ = -nFE^\circ$ e $\Delta G_r = -nFE$, substituindo essas relações na equação acima, obtém-se a equação de Nernst:

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \times \ln Q$$

onde E é o potencial da célula sob condições não padrão, E° é o potencial padrão da célula, R é a constante dos gases, T é a temperatura em kelvin, n é o número de elétrons transferidos na reação, F é a constante de Faraday e Q é o quociente da reação. A equação de Nernst é utilizada para se estimar a fem das células nas condições diferentes do padrão. Ademais, também é utilizada nas ciências biológicas a fim de aferir a diferença de potencial entre membranas de células biológicas, como ocorre nos neurônios (Atkins; Jones, 2012).

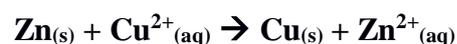
Um exemplo clássico de célula eletroquímica é a Pilha desenvolvida por John Daniell em 1836. Ela foi desenvolvida no período em que avançava a telegrafia onde surgiu a necessidade de uma fonte de corrente elétrica estável e confiável (Atkins; Jones, 2012). Abaixo segue uma figura que representa resumidamente a célula eletroquímica produzida por Daniell.

Figura 1: Célula de Daniell, com eletrodos de Zn e Cu



Fonte: (Bastos; Rodrigues; Souza, 2011)

Esse esquema ilustra a célula desenvolvida por Daniell, esta apresenta dois eletrodos, um sistema com o Zn e outro com o Cu. O eletrodo de zinco (Zn) está imerso em uma solução de sulfato de zinco (ZnSO_4), enquanto o eletrodo de cobre (Cu) está imerso em uma solução de sulfato de cobre (CuSO_4). Essas soluções estão ligadas por meio de uma ponte salina. Além disso, os dois sistemas estão conectados por meio de um fio que permitem o fluxo de elétrons de um eletrodo para outro, gerando a corrente elétrica. A reação dessa pilha pode ser representada como:



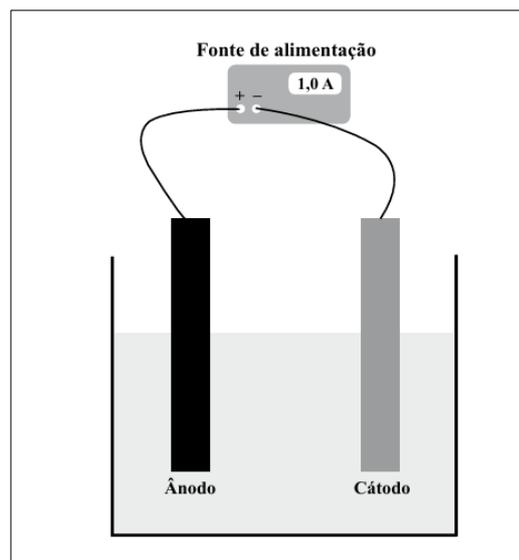
O eletrodo onde ocorre a redução do metal (ganho de elétrons) é chamado de cátodo. Enquanto o eletrodo onde ocorre a oxidação do metal (perca de elétrons) é chamado de ânodo (Atkins; Jones, 2012).

A partir da compreensão dos conceitos gerais de pilhas galvânicas, pode-se discutir os conceitos das células eletrolíticas. Diferentemente das células galvânicas, as células eletrolíticas são sistemas no qual as reações químicas presentes não são espontâneas, ou seja, possuem valores de energia livre de Gibbs positivos (Atkins; Jones, 2012).

A célula eletrolítica é um sistema no qual vai ocorrer a eletrólise. Dois dos grandes contribuintes no estudo da eletrólise foram Humphry Davy (1778-1829) que conseguiu isolar diversos materiais de seus óxidos utilizando eletricidade, como o magnésio a partir da magnésia e o potássio a partir do carbonato de potássio. E, também, o seu assistente Michael Faraday (1791-1867) que foi responsável pela criação das leis da eletrólise (Asimov, 1965).

Uma célula eletrolítica pode ser representada pelo seguinte esquema abaixo:

Figura 2: Representação de uma célula eletrolítica



Fonte: (Nascimento et al., 2019)

Diferentemente das células galvânicas, as eletrolíticas necessitam de fornecimento de corrente a partir de uma fonte elétrica. Essa fonte pode ser uma célula galvânica que fornece energia suficiente para empurrar os elétrons por um fio em direção predeterminada. O efeito é forçar a oxidação em um eletrodo e a redução no outro (Atkins; Jones, 2012).

Assim, enquanto pilhas e baterias utilizadas no dia a dia são exemplos de células galvânicas, diversos produtos químicos, como hipoclorito de sódio, alumínio e soda cáustica, são obtidos por meio de processos eletrolíticos, como a eletrólise (Bastos; Rodrigues; Souza, 2011).

Nesse contexto, a eletroquímica e a eletrólise desempenham papéis relevantes no cotidiano, inclusive no setor automotivo. As baterias dos veículos são exemplos de células galvânicas recarregáveis (como as de chumbo-ácido), responsáveis por alimentar o sistema de partida, iluminação e ignição (Bocchi; Ferracin; Biagglo, 2000).

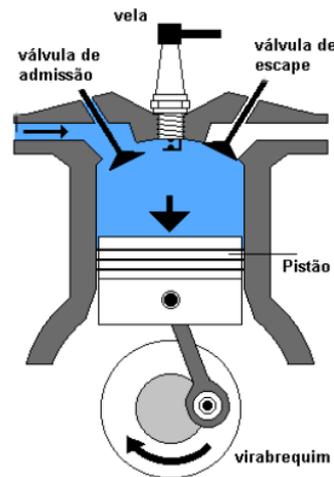
3.3.4 Funcionamento do Motor de um Carro

No processo de partida de um automóvel, a bateria fornece a corrente elétrica necessária para acionar o motor de arranque. A partir daí, entra em ação o motor a combustão interna, cujo funcionamento por ciclos termodinâmicos, estes são: admissão, compressão, explosão/expansão e escape. No funcionamento de um motor a combustão interna, motor da maioria dos automóveis, os gases são comprimidos, queimados, dilatados e expandidos sob efeito da temperatura e do trabalho mecânico (Tillman, 2013).

Os motores a combustão podem ser classificados em dois grupos: Ciclo Otto e Ciclo Diesel. O ciclo Otto é um motor à combustão interna onde há a entrada de uma mistura de ar mais combustível, que podem ser gasolina, etanol ou gás, no cilindro no qual é comprimida pelo pistão ou êmbolo e logo em seguida é inflamada por uma centelha provocada pela vela de ignição. Para o Ciclo Diesel é um motor a combustão interna onde o ar que entra no cilindro é comprimido pelo pistão ou êmbolo, atingindo temperaturas entre 500 °C e 700 °C devido à compressão. E a partir da injeção do combustível, a mistura se inflama automaticamente por consequência do calor da compressão do ar (Tillman, 2013).

Neste trabalho será analisado o funcionamento do motor de veículos de ciclo Otto. De maneira geral, ele funciona com a entrada de uma mistura gasolina mais ar que é admitida em um cilindro; após a entrada da mistura, há a compressão pelo pistão ou êmbolo; a partir da compressão, a vela de ignição provoca uma centelha elétrica que gera a queima do combustível; há a expansão dos gases derivados da combustão gerando trabalho no sistema; por fim, ocorre a expulsão desses gases pelo escape (Tillmann, 2013). Abaixo segue uma figura representando de maneira geral o funcionamento de um motor de Ciclo Otto:

Figura 03: Esquema geral dos motores de Ciclo Otto



Fonte: (Varella, s.d)

De acordo com Tillman (2013) para que haja uma combustão perfeita é necessário misturar três elementos que são fundamentais: o ar, o calor e o combustível. Ao se combinarem na proporção adequada, promovem a explosão dentro do motor.

O trabalho depende do fluxo de energia. Nesse contexto, se há a liberação de energia na forma de calor, essa energia pode ser convertida em trabalho (Atkins; Jones, 2012).

Assim, parte da energia liberada na queima de combustíveis é transformada em trabalho mecânico (Tillman, 2013). Por meio da entalpia é possível medir, por exemplo, o quanto de energia é liberada em uma reação de combustão de um determinado combustível. Para fins de comparação entre dois combustíveis, será analisado a quantidade de energia liberada na combustão de 10 litros de etanol e do iso-octano (gasolina). De acordo com dados tabelados do Atkins e Jones (2012), a variação de entalpia de combustão do iso-octano é de $\Delta H_c^\circ = -5471$ kJ/mol enquanto a do etanol é de $\Delta H_c^\circ = -1368$ kJ/mol. Realizando as operações matemáticas no quadro 1 é possível determinar a quantidade de energia liberada em 10 litros de gasolina e etanol:

Quadro 1: Cálculo para a energia liberada na combustão de 10 Litros de Gasolina e Etanol

Cálculo da quantidade de Energia liberados para 10L de Gasolina (Iso-octano)	Cálculo da quantidade de Energia liberados para 10L de Etanol
Densidade do iso-octano = 0,69 g/cm ³ MM = 114,22 g/mol $\begin{array}{l} 1 \text{ cm}^3 \text{ ---- } 0,69\text{g} \\ 10.000 \text{ cm}^3 \text{ ----- } x \\ x = 6900 \text{ g} \end{array}$ Então $\begin{array}{l} 1 \text{ mol de Iso-octano ---- } 114,22 \text{ g} \\ n \text{ ----- } 6900 \text{ g} \\ n = \frac{6900}{114,22} \\ n = 60,4 \text{ mol} \end{array}$ Calculando a variação de entalpia de combustão do iso-octano para 60,4 mol de substância ΔH_c° $\begin{array}{l} \Delta H_c^\circ = -5496,19 \text{ kJ/mol} \cdot 60,4 \text{ mol} \\ \Delta H_c^\circ = - 331.969 \text{ kJ} \end{array}$	Densidade do etanol = 0,789 g/cm ³ MM = 46 g/mol $\begin{array}{l} 1 \text{ cm}^3 \text{ ---- } 0,789\text{g} \\ 10.000 \text{ cm}^3 \text{ ----- } x \\ x = 7890 \text{ g} \end{array}$ Então $\begin{array}{l} 1 \text{ mol de etanol ---- } 46 \text{ g} \\ n \text{ ----- } 7890 \text{ g} \\ n = \frac{7890}{46} \\ n = 171,5 \text{ mol} \end{array}$ Calculando a variação de entalpia de combustão do etanol para 171,5 mol de substância ΔH_c° $\begin{array}{l} \Delta H_c^\circ = -1368 \text{ kJ/mol} \cdot 171,5 \text{ mol} \\ \Delta H_c^\circ = -234.612 \text{ kJ} \end{array}$

Fonte: Próprio autor.

Por meio destes resultados, é possível observar que a gasolina possuirá uma maior eficiência energética visto que, para 10 litros deste combustível, há uma liberação maior do que para o etanol. Nesse contexto, torna-se evidente que a utilização de ferramentas matemáticas é crucial na análise comparativa de combustíveis, exigindo um domínio dessas estratégias para formação docente.

3.4. O ENTRELACE ENTRE QUÍMICA E MATEMÁTICA NA FORMAÇÃO DOCENTE

No documento Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Química (Brasil, 2001) é pontuado que um dos requisitos para o profissional químico é a compreensão e o domínio dos conceitos matemáticos e da físico-química.

Porém, de acordo com Martins e Martins (2005), as dificuldades em matemática são um dos motivos no qual há o desinteresse pelos estudos da química tanto pelos estudantes do ensino básico tanto pelos do ensino superior. Desse modo, no contexto de graduação, essas

dificuldades em matemática podem ser oriundas da educação básica e que acaba afetando o desempenho acadêmico dos discentes.

Peixoto et al. (2020) também destacam que a inter-relação entre a Química e a Matemática contribui para as dificuldades dos estudantes em compreender e dialogar com determinados conceitos, uma vez que essa articulação exige a integração de diferentes saberes.

Nesse contexto, Alves, Oliveira e Leitão (2020) estudam as dificuldades encontradas na disciplina de Físico-Química 2 por estudantes de graduação de química. Eles constatam que as dificuldades nas ferramentas matemáticas é um fator que acaba influenciando no processo de aprendizagem dos conceitos da disciplina.

Diante disso, Peixoto et al., (2020) propõe que o uso de recursos didáticos reflexivos no ensino de físico-química pode ser utilizado tanto a revisão dos conhecimentos ou a construção de novos conceitos. Isso pode ser dado por meio da atividade desenvolvida pelo próprio aluno e da experiência de forma que se possa motivar o desenvolvimento de habilidades e competências. Assim, aprendendo os conceitos específicos de forma problematizada.

Portanto, o uso de metodologias didáticas, como as sequências didáticas, pode contribuir para a estruturação e o fortalecimento da construção de novos conceitos, além de favorecer a articulação com conhecimentos previamente adquiridos pelos estudantes. Dessa forma, essas metodologias tornam-se importantes aliadas do docente em sua prática em sala de aula (Peixoto et al., 2020).

Assim, o uso de métodos de resolução de problemas possibilita a contextualização dos conceitos da matemática e da química pode ser uma estratégia muito eficaz. De acordo com a pesquisa de Richelli, Denardi e Bisognin (2022), o uso da resolução de problemas entre cálculo e a físico-química contribui de forma significativa para o processo de ensino e aprendizagem tanto dos conceitos matemáticos tanto físico-químicos.

4 METODOLOGIA

A seguir, detalham-se a organização da pesquisa, abordando sua natureza, classificação, participantes, contexto, métodos de coleta de dados, análise dos dados e os resultados obtidos. Esta pesquisa é de natureza básica, com uma abordagem qualitativa de caráter exploratório, caracterizando-se como uma pesquisa participante.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa é classificada como básica. A pesquisa básica tem como objetivo a investigação teórica e bibliográfica. Ela possui como viés possibilitar a viabilização do conhecimento científico sem necessariamente ser utilitarista (Robaima et al., 2021). Nesse sentido, esse método de pesquisa é pautado na aquisição de conhecimentos onde irão propiciar novas informações no qual poderão ser sujeitas à aplicação prática (Castilho; Borges; Pereira, 2011). Além disso, os conhecimentos científicos produzidos por meio da pesquisa básica são suporte para o desenvolvimento de processos tecnológicos, sociais e para o entendimento mais detalhado sobre fenômenos científicos (Garcia, 2011). Ademais, este modelo de pesquisa visa também o aprofundamento dos conhecimentos e a busca por sua compreensão e construção de um contexto em que haja debates, reflexões e questionamentos de temas (Vilaça, 2010).

4.2 QUANTO À ABORDAGEM

Lucke e André (1986) definem que a pesquisa qualitativa pressupõe o contato direto entre o pesquisador e o ambiente no qual se está investigando. Os dados obtidos nesses tipos de pesquisas são bastante ricos em detalhes e a preocupação com o processo é muito maior que com o produto. Nesse sentido, de acordo com Robaima et al., (2021), a pesquisa qualitativa não pode ser limitada à análise numérica, mas à avaliação de dados que não são capazes de serem expressos via números. Desse modo, para Silveira e Córdova (2009), a pesquisa qualitativa se preocupa com o aprofundamento da compreensão de um grupo social e de uma organização. Esse tipo de pesquisa afasta-se da ideia positivista onde o pesquisador não pode julgar nem permitir que seus ideais sejam transmitidos para a pesquisa.

A pesquisa semi-quantitativa apresenta uma relação de interconexão entre os dados numéricos e os dados qualitativos (Robaima et al., 2021). De acordo com Dall-Farra e Lopes (2013) a abordagem mista possibilita pesquisas com grande contribuição à educação, por exemplo, visto que ela fornece dois tipos de análise diferentes que, integradas, podem conceber

análises e reflexões sobre os trabalhos desenvolvidos. Nesse sentido, a pesquisa semi-quantitativa pode ser uma abordagem enriquecedora à análise de dados

4.3 QUANTO AOS OBJETIVOS

Em relação aos objetivos, essa pesquisa é classificada como exploratória. Para Gill (2002), a pesquisa exploratória tem como fundamento uma maior familiaridade com o problema, possui planejamento flexível onde possa permitir a consideração dos mais diversos aspectos do conteúdo estudado. Para Robaima et al., (2021) pontuam que a pesquisa exploratória auxilia na elucidação do problema de pesquisa, em sua compreensão e no levantamento de hipóteses onde se possa fornecer informações mais detalhadas sobre o assunto investigado. Além disso, para Lucke e André (1986) ela proporciona a descoberta de intuições e a aprimoração de ideias. Desse modo, as pesquisas qualitativa e exploratória estão bastante ligadas visto que a pesquisa qualitativa oferece um maior aprofundamento exploração de diversos fenômenos.

4.4 QUANTO AOS PROCEDIMENTOS

No que concerne ao procedimento da pesquisa, levando em consideração a coleta e análise de dados, esse estudo classificado como uma pesquisa participante. Assim como a pesquisa exploratória, a pesquisa participante propõe maior imersão do pesquisador com o problema de pesquisa. Para Gill (2002) e Silveira e Córdova (2009) a pesquisa participativa é caracterizada como a interação entre o pesquisador e os sujeitos da pesquisa. Nesse tipo de pesquisa há o envolvimento e identificação entre o cientista e os indivíduos investigados. Enquanto a pesquisa exploratória buscar ampliar a compreensão sobre um fenômeno, a pesquisa participante busca envolver os participantes no processo de pesquisa. Outrossim, de acordo Robaima et al., (2021), a pesquisa participante permite o contato direto do pesquisador com o objeto de estudo, permitindo a obtenção de dados sobre a realidade dos atores sociais em seu próprio contexto. E, portanto, pode modificar esse contexto como também o próprio pesquisador.

4.5 SUJEITOS E CAMPO DE PESQUISA

Participaram dessa pesquisa 22 estudantes que cursaram a disciplina de Físico-Química II do curso de Química-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Campus Agreste. Optou-se pela escolha desse período visto que os estudantes já cursaram

disciplinas de introdução à química, química geral 1 e 2, cálculo e físico-química 1 no qual abordam conceitos necessários para a resolução do problema.

4.6 OBTENÇÃO DOS DADOS

A seguir, está apresentada no quadro 2 a sequência didática elaborada para o estudo de eletroquímica e eletrólise que foi proposta pela docente da disciplina. Para que a resolução do problema fosse possível, foi necessário conduzir essa sequência. A análise dos dados concentrou-se apenas na da resolução do problema.

Quadro 2. Momentos da sequência didática

Momento da Sequência Didática	Objetivo Associado
Aulas teóricas (4 aulas de 50 minutos)	Apresentar e revisar os conceitos fundamentais da eletroquímica e eletrólise.
Aplicação da lista de exercícios	Fixar o conteúdo teórico e analisar o desenvolvimento dos estudantes na aprendizagem dos conceitos.
Produção de mapa conceitual em grupo	Sintetizar e organizar os conceitos estudados em forma de mapa conceitual.
Visita técnica ao laboratório da fábrica de baterias Moura	Contextualizar o conteúdo teórico com a aplicação prática, promovendo a integração entre a teoria e a prática.
Produção de relatório sobre a visita técnica	Desenvolver habilidades de observação e relato, além disso refletir sobre o processo de produção e descarte de baterias
Aplicação da situação problema (4 aulas de 50 minutos)	Promover a aplicação de conceitos interdisciplinares (termoquímica, eletroquímica, eletrólise, reações de combustão) na resolução de problemas utilizando artifícios matemáticos e científicos.

Fonte: docente Ariane Melo

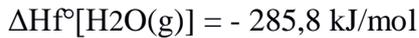
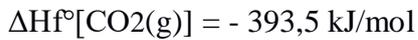
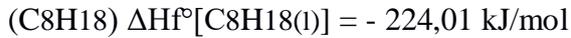
A situação problema, que foi desenvolvida pelo professor Dr. Fernando Cruvinel Damasceno (UNIVASF) e pela professora Dr. Ariane Carla Campos de Melo (UFPE), exige que seja solucionado um problema a partir de perguntas. O estudante precisa pesquisar e explicar alguns conceitos de físico-química, realizar cálculos matemáticos e, por fim, refletir sobre a problemática e afirmar se a informação apresentada no vídeo é ou não verídica. A argumentação para provar que as informações apresentadas no vídeo são falsas ocorre a partir da construção dos conceitos das questões iniciais. No quadro 3 está esquematizada a situação problema.

Quadro 3. Relato de uma fake News como estratégia de RP

<p>Situação problema 01</p> <p>O carro movido à água. As reportagens mostradas no vídeo (https://www.youtube.com/watch?v=TdjKiY53zxI) relatam que o homem conseguiu desenvolver um sistema que decompõe a água, via eletrólise, produzindo hidrogênio e oxigênio. A mistura de gases seria então inserida no motor onde queimariam fazendo o carro andar. De acordo com o homem que desenvolveu o sistema, o veículo é capaz de rodar 1000 km com apenas um litro de água! Vamos tentar verificar se isso é possível?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Converse com seus colegas e descreva de forma geral o princípio de funcionamento do motor à combustão. 2) Por que a queima de combustíveis libera energia? 3) O que é eletrólise? Quando ela foi descoberta? Faça uma pesquisa rápida na internet e explique resumidamente como este processo funciona. 4) Qual deve ser a fonte de energia usada para realização da eletrólise da água no carro? Existe algum problema em usar esta fonte de energia? 5) Vamos considerar que um veículo comum movido à gasolina tenha um consumo de 10 Km/L. Qual a quantidade de combustível necessária para que este veículo percorra 1000 Km? 6) Qual a quantidade de energia liberada ($\Delta H_{\text{combustão}}$) quando a gasolina necessária para deslocar o veículo por 1000 Km for queimada? Considere que a gasolina é composta exclusivamente por iso-octano (C_8H_{18}). 7) Se consideramos que a quantidade de energia necessária para mover um veículo não depende do combustível usado, é possível que a 1 litro de água seja capaz de mover o veículo do item 5 por 1000 Km? Explique sua resposta utilizando cálculos termoquímicos.

8) Qual sua conclusão sobre o carro movido à água? Verdade ou fake News? Discorra sobre o papel da química no combate às fake News.

Aqui estão alguns dados que podem ajudar na sua análise:



Densidade da água: 1g/ml

Densidade C₈H₁₈: 0,69g/ml

4.7 INSTRUMENTO DE ANÁLISE DE DADOS/ ANÁLISE DE CONTEÚDO

Para a análise dos dados, adotou-se a técnica de análise de conteúdo de Bardin (2016). Para a autora, a análise de conteúdo busca conhecer os significados de textos, entrevistas, documentos ou outros materiais simbólicos. Tem como objetivo identificar, categorizar e compreender padrões de significados baseados em critérios já estabelecidos previamente.

Para a definição da análise de conteúdo, Bardin (1970) separou em três etapas principais: a pré-análise, exploração do material e o tratamento de interpretação de dados. Na primeira etapa, a pré-análise, envolve a escolha, organização e preparação do material a ser analisado. Nesta etapa, três elementos são indispensáveis para a organização. Apesar de apresentarem uma ordem cronológica, esses elementos estão interligados. São eles: a escolha do documento a ser analisado, a definição de hipóteses e objetivos e a construção de indicadores que vão servir como base para a interpretação final.

A segunda etapa principal é a exploração do material. Nesse momento os dados são codificados e categorizados. Para Bardin (2016, pg. 117) a categorização é “uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos”. Por fim, na última etapa, busca-se dar significado aos dados interpretando-os de forma em transformá-los em conclusões significativas.

Ainda no processo de categorização, a autora aponta que as categorias devem seguir os seguintes princípios: exclusão mútua; homogeneidade; pertinência; objetividade e fidelidade. No processo de categorização, um determinado elemento não pode constar em mais de uma categoria, esse é o princípio da exclusão mútua. Além disso, as categorias devem ser

homogêneas para que sejam exclusivas, ou seja, cada caso deverá ter uma classe apropriada e nenhuma classe poderá ter mais de um caso (Bardin, 2016).

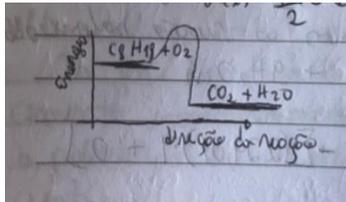
Ademais, uma categoria deve estar diretamente relacionada ao objetivo da pesquisa, ou seja, que garanta que ela responda as questões centrais do estudo, logo, ela precisa ser pertinente. Por fim, as categorias precisam ter objetividade de forma que possa garantir que diferentes analistas possam identificar os elementos; fidelidade para assegurar que se represente fielmente o conteúdo a ser estudado (Bardin, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, são apresentados nos quadros de 4 a 11 as respostas elaboradas para as perguntas feitas na atividade realizada em sala. Cada estudante possui um código de E1 a E22, relacionado ao quantitativo de discentes que responderam à situação problema, que ao lado constará a resposta do sujeito para a pergunta. Ademais, há uma análise geral da resposta do discente que posteriormente foram empregadas para elaboração das quatro categorias pautadas na análise de conteúdo.

Quadro 4

Questão 01: Converse com seus colegas e descreva de forma geral o princípio de funcionamento do motor à combustão.		
Estudante	Respostas	Análise geral
E1	<p>Primeiramente, é realizada a entrada do ar com o vapor do combustível pela válvula para o cilindro, depois esse ar é comprimido quando a válvula é fechada, pois o pistão que é acoplado nela se move para cima, reduzindo seu volume, o que aumenta sua temperatura e pressão.</p> <p>Após isso, a ignição gera faísca inicial que gera a combustão dos vapores, aumentando ainda mais a pressão, e, com isso, a válvula se abre novamente para que haja a liberação dos gases resultantes da queima, ao fazer o pistão se mover para cima novamente, saindo pelo escapamento. Esse processo vai se repetindo continuamente.</p> <p>Ex de combustão com gasolina Reação: $2C_8H_{18(l)} + 25 O_{2(g)} \rightarrow 16 CO_{2(g)} + 18 H_2O_{(g)}$</p>	Associa às reações de combustão
E2	O princípio do motor é converter a energia química gerada a partir da combustão do combustível e transformá-lo em trabalho mecânico, trabalho esse que faz o carro entrar em movimento.	Associa à transformação de energia
E3	O motor de combustão transforma a energia vinda de uma reação química em energia mecânica, ou seja, a queima de combustíveis resultando em energia térmica.	Associa à transformação de energia Associa às reações de combustão
E4	O motor de combustão interna é uma máquina térmica que transforma energia proveniente de uma reação química em energia mecânica. Funcionando em quatro tempos: entrada da mistura combustível-ar, compressão dessa	Associa à transformação de energia

	mistura, explosão e escape dos gases formados.	
E5	<p>Motores de combustão interna normalmente funcionam da seguinte forma: os pares de combustível são aplicados em seu reservatório e levados a câmara de combustão junto com um pouco de ar. Ao chegar em tal local, a válvula de entrada do combustível é momentaneamente fechada e a mistura gases de ar + combustível entra em combustão devido a ação de um mecanismo de ignição. Com a formação de outros gases em decorrência da combustão, um pistão presente na câmara é movimentado até o ponto em que uma “(???) gases surge” e este é exemplo do motor. Ao (??), o ciclo repete com a entrada de mais mistura “ar + vapor de combustível”. Em termos científicos, o calor gerado na combustão contribui para a expansão dos gases, que empurram o pistão. O princípio por trás desse processo é a transformação de energia química, liberada na forma de calor, em energia cinética das moléculas dos gases e consequentemente em energia mecânica do automóvel.</p>	Associa à transformação de energia
E6	<p>O motor à combustão funciona basicamente devido a reação química de combustão do combustível (gasolina, por exemplo), comburente (ar, O₂) e energia (vela de ignição a qual fornece uma centelha elétrica).</p> <p>Mais detalhadamente:</p> <p>A admissão de ar e combustível na câmara de compressão onde há os pistões que vão mover o carro ao transformar a energia química da combustão na câmara de compressão para energia cinética através da rotação do pistão</p> <p>Esquema simplificado (noção química):</p> $C_8H_{18(l)} + 25/2 O_{2(g)} \rightarrow 8 CO_{2(g)} + 9 H_2O_{(g)}$ 	<p>Associa à transformação de energia</p> <p>Associa às reações de combustão</p>
E7	O motor de combustão funciona em quatro estágios: A entrada da mistura combustível – ar, compressão dessa mistura, explosão e escape dos gases formados. Dessa forma, as máquinas térmicas transformam a energia	Associa à transformação de energia

	proveniente de uma reação química em energia mecânica.	
E8	Não respondeu	
E9	<p>Conversão de energia química em energia mecânica e essa energia é utilizada para realizar trabalho. O funcionamento de um motor a combustão pode ser dividido em:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Admissão (entrada de ar nos cilindros do motor) - Compressão (fechamento das válvulas de admissão) <p>Essa situação aumenta a pressão e a temperatura dentro do cilindro</p> <ul style="list-style-type: none"> - Combustão (momento que inicia a queima do combustível no ar que foi comprimido. Gases expandem rapidamente nessa pressão. - Exaustão – liberação dos gases gerando energia mecânica 	Associa à transformação de energia
E10	<p>O combustível entra (injeção), o pistão o retrai e pressiona causando a explosão que “empurra” o pistão e o vapor é mandado para fora.</p> <p>4 tempos: entrada da mistura de combustível – ar; → injeção</p> <p>Compressão dessa mistura;</p> <p>explosão → vela de ignição</p> <p>escape dos gases formados</p>	Associa à reação de combustão
E11	Não respondeu	
E12	Os motores de combustão interna são máquinas térmicas transformação da energia proveniente de uma reação química em energia mecânica.	Associa à transformação de energia
E13	<p>Motor à combustão – funcionamento:</p> <p>Geralmente transforma-se a energia proveniente de uma reação química em energia mecânica. Esse processo se faz através de ciclos termodinâmicos, envolvendo compressão e expansão de gases (gerando ΔT).</p>	Associa à transformação de energia
E14	Funciona com a conversão da energia química, extraída do combustível em energia mecânica que irá gerar o movimento no veículo possibilitando assim que ele ande.	Associa à transformação de energia
E15	Um motor à combustão funciona através da expansão e aceleração de um gás e então energia térmica é convertida em movimento. A combustão ocorre nos cilindros, que geralmente são quatro, o combustível entra em dois desses cilindros juntamente com o ar que contém gás oxigênio. Ao ligarmos o	Associa à transformação de energia

	<p>carro, a bateria promove a liberação de corrente elétrica, que por sua vez promove a faísca, gerando a queima (explosões) nos cilindros.</p> <p>Na explosão os pistões dentro do cilindro são empurrados rapidamente para baixo. Como todos os pistões, dos outros dois cilindros que não entraram combustível nem ar, utilizam parte da energia da explosão para subir, já comprimindo a massa gasosa do ar para continuar o processo.</p> <p>Esse movimento de abaixar os pistões movimentam o eixo do carro. De modo geral temos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Injeção gasolina + ar; 2. Compressão 3. Faísca; 4. Explosão; 5. Expansão. 	
E16	Basicamente há transformação de energia de uma reação química (combustão) em energia mecânica.	Associa à transformação de energia Associa à reação de combustão
E17	Basicamente há transformação de energia química do combustível em energia mecânica, que faz o carro mover-se.	Associa à transformação de energia
E18	O motor a combustão converte energia química do combustível em energia mecânica. Possui 4 etapas admissão (entrada de ar e combustível), compressão (aumento da pressão), ignição (centelha inflama a mistura), expansão (explosão que move o pistão). esse ciclo se repete continuamente durante o processo da combustão do motor	Associa à transformação de energia
E19	Um motor a combustão é um dispositivo mecânico que converte energia química em energia mecânica utilizável. Acontece por meio de um ciclo de funcionamento que envolve quatro etapas como; admissão, compressão, combustão, expansão e escape. Motores a combustão geralmente trabalham com sistema de arrefecimento e reduz o atrito entre as peças do motor.	Associa à transformação de energia
E20	De maneira geral, o motor de combustão transforma energia química em energia mecânica; essa energia química nada mais é que uma reação de combustão que ocorre no interior do motor, essa reação envolve o combustível que é a substância a ser consumida e o comburente que é o gás O ₂ ; o	Associa à transformação de energia Associa às reações de combustão

	<p>combustível nós conhecemos como, gasolina, etanol e diesel.</p> <p>Esse funcionamento do motor acontece em várias etapas, e seu funcionamento ou combustível apropriado vai depender do modelo do motor. Por exemplo, existem motores quatro tempos que funcionam com quatro pistões; e motores 8 tempos que são mais potentes.</p> <p>Essas etapas de funcionamento podem ser resumidas à,</p> <p>a) Entrada do combustível e gás; b) compressão; c) combustão (explosão) e d) escape dos gases produto dessa reação.</p>	
E21	Ocorre a conversão de energia proveniente de uma reação química em energia mecânica. Esse processo de conversão é feito através de ciclos termodinâmicos.	Associa à transformação de energia
E22	No motor à combustão, a energia proveniente de uma reação química é transformada em energia mecânica. Esse processo de conversão é feito através de ciclos termodinâmicos que envolvem a compressão e expansão de gases gerando uma mudança de temperatura neles.	Associa à transformação de energia

Fonte: própria

Quadro 5

Questão 02: Por que a queima de combustíveis libera energia?		
E1	Nesse processo de combustão interna, transforma energia cinética em energia mecânica. Porque nesse processo, as quebras e formações de ligações liberam quantidades significativas de energia capazes de realizarem o funcionamento do motor.	Associa a quebra e a formação de ligações químicas Associa à transformação de energia
E2	Devido a energia potencial armazenada nas moléculas, com a realização da combustão as ligações intramoleculares presentes no combustível serão quebradas, ocorrendo uma grande liberação de energia.	Associa à quebra e formação de ligações químicas
E3	Porque há liberação de calor. Os gases que resultam da queima estão numa temperatura maior que a do ambiente, propagando energia térmica.	Associa à transferência de energia
E4	A combustão é o nome utilizado p/classificar a <u>reação exotérmica</u> que ocorre entre um combustível (que pode ser uma substância líquida, sólida ou gasosa) e um comburente	Associa à transferência de energia Associa às reações de combustão

	<p>que na maioria das vezes é um gás oxigênio. Nesse processo existe a liberação de energia na forma de calor, a combustão, no entanto, não ocorre na presença de apenas um reagente pois é preciso dois p/haver a reação. Antes de ocorrer a combustão é preciso ocorrer a ignição, que é uma <u>energia mínima necessária</u> para ocorrer a colisão entre os reagentes, ou seja, a ignição é como se fosse a faísca p/ fornecer <u>energia de ativação</u>.</p> <p>Ou seja, a reação de combustão é sempre exotérmica, sendo assim há a liberação de energia na forma de calor.</p>	
E5	<p>A queima de determinado combustível é um processo químico, ou seja, que envolve a quebra e a formação de novas ligações químicas para que um arranjo atômico ocorra. Nesse processo, boa parte da energia química dos compostos, energia inerente às ligações químicas, o calor sendo liberado na forma de calor durante a transformação dos produtos.</p>	<p>Associa a quebra e a formação de ligações químicas</p> <p>Associa à transferência de energia</p>
E6	<p>Devido a quebra das ligações químicas dessa reação para ?? molecular, há a liberação de energia das moléculas dos reagentes antes com maior energia, para formação de novas ligações dos produtos; agora com menor energia. Aonde o restante da energia foi ? liberado na forma de calor (reação exotérmica).</p>	<p>Associa à transferência de energia</p> <p>Associa a quebra e a formação de ligações químicas</p>
E7	<p>Porque é exotérmica. O combustível reage com o comburente, liberando energia na forma de calor.</p>	<p>Associa à transferência de energia</p>
E8	<p>A queima de combustível libera energia devido as quebras das ligações químicas entre as substâncias. Ao queimar o combustível, fornecemos energia suficiente para que as ligações químicas sejam quebradas, justamente essa quebra de ligação que libera energia e fornece uma força necessária (trabalho) para mover os componentes, motor, de um carro por exemplo.</p>	<p>Associa à transferência de energia</p> <p>Associa a quebra e a formação de ligações químicas</p> <p>Associa à transformação de energia</p>
E9	<p>Libera energia devido a reação química da combustão.</p>	<p>Associa à transferência de energia</p> <p>Associa às reações de combustão</p>
E10	<p>Porque há liberação de energia na forma de calor (exotérmica). Os gases que resultam da combustão estão numa temperatura maior que a do meio ambiente.</p>	<p>Associa à transferência de energia</p>

E11	Porque há uma diferença de temperatura entre os gases que resultam da combustão e o meio ambiente.	Associa à transferência de energia
E12	A queima de combustível por ser uma reação exotérmica libera energia na forma de calor, ou seja, quando o combustível é oxidado pela ação do comburente produz energia.	Associa à transferência de energia Associa à reação de oxidação
E13	Por que a queima libera energia? Quando reagem com o comburente, liberando energia, é em forma de calor. Esse calor está numa temperatura muito maior que a do ambiente, essa propagação de energia térmica dos gases para o ambiente, vem justamente, devido a essa diferença de temperatura.	Associa à transferência de energia
E14	Queima remete a reação exotérmica. No caso dos combustíveis esse processo de combustão ocorre quando o combustível entra em contato com o oxigênio, além de estar sob efeito de uma fonte de ignição, onde irá proporcionar a reação. É válido citar que durante a combustão gera-se CO_2 e H_2O , além de liberar calor e luz, ou seja, energia. Esta energia liberada durante a combustão do combustível é utilizada para ser convertida em energia mecânica.	Associa à transferência de energia Associa à transformação de energia
E15	A queima dos combustíveis libera energia pois as ligações químicas dos produtos da reação são mais estáveis e possuem energia menor do que as ligações nos reagentes (combustível + oxigênio). Essa diferença de energia é liberada na forma de calor, que pode ser convertida em trabalho.	Associa à transferência de energia Associa à transformação de energia
E16	Na queima de combustíveis temos que um combustível e um comburente reagem liberando energia na forma de calor, isso acontece porque ao acontecer a reação de combustão os gases liberados estão a uma temperatura maior que o meio em que se encontra. Sendo assim, essa grande quantidade de calor se dissipa.	Associa à transferência de energia
E17	Essa queima também gera uma energia térmica, além dessa queima libera calor.	Associa à transferência de energia
E18	Pois é uma reação exotérmica libera mais energia que consome	Associa à transferência de energia
E19	A queima de combustíveis libera energia devido a uma reação química exotérmica, no qual as ligações do combustível são quebradas, liberando calor e luz. Podendo	Associa à transferência de energia Associa à transformação de energia

	também ser convertida em trabalho mecânico ou eletricidade.	Associa a quebra e a formação de ligações químicas
E20	A combustão trata-se de uma reação exotérmica que libera calor/energia.	Associa à transferência de energia
E21	Porque é uma reação de combustão, que é sempre exotérmica (libera calor), onde essa energia será convertida em trabalho, gerando assim eficiência.	Associa à transferência de energia Associa à transformação de energia
E22	Porque a queima de combustíveis é uma reação exotérmica, ou seja, libera energia enquanto ocorre.	Associa à transferência de energia

Fonte: própria

Quadro 6

Questão 03: O que é eletrólise? Quando ela foi descoberta? Faça uma pesquisa rápida na internet e explique resumidamente como este processo funciona.		
E1	É um processo não espontâneo, no qual ocorre a passagem de corrente elétrica em um <u>sistema que contém íons</u> (solução eletrolítica) que produzem reações de oxirredução. As células eletrolíticas realizam esse processo, onde a corrente elétrica é aplicada aos eletrodos (cátodo e ânodo), que é oriunda de uma fonte externa (pilhas, baterias). Essa reação foi descoberta em torno de 1825 por Michael Faraday. Lembrando que os elétrons se dirigem do cátodo para o ânodo na célula.	Associa à espontaneidade Associa às reações oxirredução
E2	Podemos classificar como um processo químico em que há a decomposição de substâncias por meio da passagem de uma corrente elétrica através de um eletrólito. No processo os íons presentes no eletrólito se movem em direção aos eletrodos, participando das reações que resultam na separação das substâncias.	Associa à decomposição de substâncias
E3	A eletrólise foi descoberta pela primeira vez por William Nicholson em 1800 e posteriormente introduzida por Michael Faraday em 1834. Se trata de um processo químico não espontâneo, onde ocorre a passagem de uma corrente elétrica em um sistema em que existam íons que produzem reações químicas de oxirredução. É realizado	Associa à espontaneidade Associa às reações de oxirredução

	em células eletrolíticas, nas quais a corrente elétrica é estabelecida por um gerador.	
E4	Eletrólise é a reação química de oxirredução provocada pela passagem de corrente elétrica. Durante a eletrólise um cátion sofre <u>redução</u> no cátodo (+) e um ânion sofre <u>oxidação</u> no ânodo (-), isso acontece por meio da descarga elétrica fornecida por uma fonte externa. Assim tem-se na eletrólise uma reação de oxidação e redução <u>não espontâneas</u> . Existem dois tipos principais: a eletrólise em <u>solução iônica</u> e <u>eletrólise ígnea</u> . O primeiro a estudar a relação entre a eletricidade e o magnetismo foi <u>Michael Faraday por volta de 1825</u> , que estabeleceu as “Leis de eletrólise” ou Leis de Faraday.	Associa à espontaneidade Associa às reações de oxirredução
E5	A eletrólise é o processo de decomposição de uma substância pela ação de uma corrente elétrica (o processo não corre de forma espontânea e precisa ser forçada). Um exemplo é a eletrólise da água, que (?) em H ₂ e O ₂ gasosos. São inseridos 2 eletrodos na substância e a passagem da corrente elétrica resulta na oxirredução da água (H oxida e O reduz). A eletrólise foi caracterizada e bem entendida por volta de 1834 por Michael Faraday.	Associa à decomposição de substâncias Associa à espontaneidade Associa às reações de oxirredução
E6	A eletrólise é uma reação química que ocorre devido ao fornecimento de energia elétrica. Por se tratar de um processo que não ocorre sob a interferência que não faz parte do meio reacional (em condições naturais, mols), é um processo não espontâneo. Vide as condições termodinâmicas para espontaneidade: $\Delta S > 0$; $\Delta G < 0$ \therefore Essa reação não é espontânea, logo $\Delta S < 0$; $\Delta G > 0$	Associa à espontaneidade Associa à energia livre de Gibbs
E7	A eletrólise é um processo não espontâneo, no qual ocorre a passagem de uma corrente elétrica em um sistema em que existam íons que produzem reações químicas de oxirredução. Esse procedimento foi descoberto pela primeira vez pelo químico inglês William Nicholson.	Associa à espontaneidade Associa às reações de oxirredução
E8	Processo químico no qual uma corrente elétrica é usada para provocar uma reação química não espontânea, ocorrendo geralmente em células eletrolíticas. Foi descoberta em 1800.	Associa à espontaneidade Associa à decomposição de substâncias

	A eletrólise é um processo em que a passagem de eletricidade por uma substância, realiza a decomposição dessa substância em elementos mais simples, como íons.	
E9	É um processo não espontâneo, no qual ocorre a passagem de uma corrente elétrica em um sistema que existem íons que produzem reações químicas de oxirredução. Foi descoberta em 1830. Dois eletrodos são submetidos na solução onde ocorrem reações químicas: no cátodo, íons positivos ganham elétrons, reduzindo-se, e no ânodo íons negativos perdem elétrons, oxidando-se.	Associa à espontaneidade Associa às reações de oxirredução
E10	eletrólise é um processo físico-químico que utiliza a energia elétrica de uma fonte qualquer (pilha/bateria) para forçar a ocorrência de uma reação química (substância simples em compostos que não podem ser encontrados na natureza ou que não são encontrados em grande quantidade. Cátion → sofre redução no cátodo Ânion → // oxidação no ânodo Assim, temos na eletrólise uma reação de oxirredução não espontânea.	Associa à espontaneidade Associa às reações de oxirredução
E11	A eletrólise é um processo que utiliza corrente elétrica para promover uma reação química não espontânea. Para esse processo acontecer um gerador de corrente elétrica contínua é ligado aos eletrodos de uma célula eletrolítica forçando os eletrões a participar em reações provocadas de oxidação (ânodo) e de redução (cátodo). A eletrólise foi descoberta em 1834 por Faraday.	Associa à espontaneidade Associa às reações de oxirredução
E12	eletrólise é um processo químico não espontâneo que ocorre graças ao fornecimento de energia elétrica por meio de uma ponte geradora. A eletrólise começou por volta de 1835. é bastante utilizada na indústria para o isolamento de algumas substâncias e também é um processo que purifica e protege vários materiais.	Associa à espontaneidade
E13	O que é eletrólise? É um processo não espontâneo que ocorre do fornecimento de energia elétrica por meio de uma fonte geradora. A energia elétrica é transformada em energia química. <ul style="list-style-type: none"> Muitos materiais e compostos são produzidos a partir dela: Alumínio e cobre, bijuterias, hidrogênio e cloro em cilindro, por exemplo. 	Associa à espontaneidade Associa à transformação de energia

	Quando foi descoberta? Através da dedicação de Michael Faraday, em 1825.	
E14	Eletrólise é uma reação química onde ocorre há decomposição de seus componentes através de passagem elétrica. Foi descoberta ocorreu no início do século XIX com contribuições como Faraday. De forma resumida na eletrólise ocorre reações de oxirredução nos seus eletrodos, ou seja, um eletrodo será o cátodo e o outro eletrodo o ânodo, onde ocorrem respectivamente os processos de oxidação e corrosão.	Associa à decomposição de substâncias Associa às reações de oxirredução
E15	Eletrólise é uma reação química desencadeada a partir do fornecimento da tensão e da corrente contínua que é efetuada entre os eletrodos do eletrolisador, sendo os mesmos separados por um eletrólito com boa condutividade iônica. O processo foi descoberto no final do século 18, quando o cientista britânico Cavendish realizou experimentações com eletricidade e gás hidrogênio em 1766 ele observou a decomposição da água utilizando corrente elétrica. Porém foi em 1800 que William Nicholson e Anthony Carlisle realizaram experimentos adicionais e conseguiram decompor a água em Hidrogênio e oxigênio. Eles publicaram seus trabalhos, contribuindo para a popularização da eletrólise.	Associa à decomposição de substâncias
E16	Por volta dos anos 1800 descobriu-se a possibilidade de haver um processo não espontâneo que consistia em transformar energia elétrica em energia química, é necessário fornecer uma quantidade de energia elétrica para que haja a decomposição da substância.	Associa à decomposição de substâncias Associa à espontaneidade Associa à transformação de energia
E17	A eletrólise de modo geral é uma reação de oxirredução, onde há a indução de corrente elétrica para que dois compostos químicos reajam. Então há conversão de energia elétrica em energia química.	Associa à transformação de energia Associa às reações de oxirredução
E18	Eletrólise é um processo químico descoberto por Michael Faraday no século XIX. Envolve a separação de substâncias usando corrente elétrica. Duas reações ocorrem nos eletrodos: oxidação no ânodo e redução no catodo, resulta na decomposição da substância eletrolisada.	Associa à decomposição de substâncias Associa às reações de oxirredução

E19	A eletrólise é um processo químico que usa eletricidade para decompor substâncias em seus componentes básicos, como íons, através de eletrodos e um eletrólito condutor. É usado em várias aplicações, incluindo a produção de hidrogênio, e refrigeração de metais e baterias recarregáveis. Foi descoberta e desenvolvida nos finais do século XVIII e inícios do século XIX, com contribuições do cientista Alessandro Volta e Humphry Davy, envolvendo o uso de eletricidade para decompor substâncias em seus componentes básicos e aplicações significativas na química e tecnologia.	Associa à decomposição de substâncias
E20	Não respondeu	
E21	Um processo químico não espontâneo que ocorre graças ao fornecimento de energia elétrica por meio de uma fonte geradora. Essa relação começou por volta de 1825 por Michael Faraday.	Associa à espontaneidade
E22	Eletrólise é um processo não espontâneo, no qual ocorre passagem de uma corrente elétrica em um sistema em que existam íons que produzem reações químicas de oxirredução. Esse processo é realizado em células eletrolíticas, nas quais a corrente elétrica é estabelecida por um gerador. Em 1834, Michael Faraday (1791-1867) introduziu, por sugestão de William Whewell (1794-1866) o termo eletrólise que deriva do grego electro + lysis e significa decomposição por ação da eletricidade.	Associa à espontaneidade Associa às reações de oxirredução Associa à decomposição de substâncias

Fonte: própria

Quadro 7

Questão 04: Qual deve ser a fonte de energia usada para realização da eletrólise da água no carro? Existe algum problema em usar esta fonte de energia?		
E1	Para ser usada como fonte de energia na eletrólise é necessário que forneça eletricidade e pode ser uma bateria ou um sistema elétrico. O problema é que essa energia decorre da energia mecânica do motor que tem origem na queima de combustível convencional, ou seja, gasolina. Ou seja, não há economia de gasolina.	Associa à eficiência energética
E2	A energia que promove a eletrólise da água no carro está presente na bateria presente no veículo. O problema estaria relacionado ao descarte indevido das baterias, visto que, os	Associa à fatores ambientais

	componentes que o compõem são altamente nocivos para o meio ambiente e para os organismos ali presentes.	
E3	A fonte de energia é a bateria do carro. Existem problemas de sustentabilidade como o armazenamento do gás H ₂ , que um gás altamente inflamável.	Associa à fatores ambientais
E4	A água é um eletrólito muito fraco, e apesar de possuir íons, ela não consegue conduzir <u>corrente elétrica</u> . Para realizar sua eletrólise, ou seja, sua decomposição por meio de corrente elétrica, é necessário acrescentar um eletrólito, um soluto iônico que pode ser um sal, uma base ou um ácido.	Associa à eficiência energética
E5	No caso de um automóvel, a eletrólise poderia ser realizada utilizando-se da energia elétrica promovida pela bateria do mesmo. O problema mais imediato disso é que a bateria provavelmente irá gastar muito mais rapidamente, devido a necessidade de um fornecimento contínuo de energia apenas para conseguir formar o combustível (H ₂). Seguindo essa linha de raciocínio, as baterias teriam gastos mais rapidamente, o que ocasionando em uma maior produção desse tipo de veículo extremamente danoso ao meio ambiente.	Associa à fatores ambientais
E6	A eletrólise da água necessitaria de energia elétrica para “forçar” a reação de eletrólise ocorrer. Para fins práticos, na fonte seria uma bateria no carro. No entanto, a energia necessária para esse processo é maior que o produto dessa reação geraria para impulsionar o carro, tornando inviável economicamente.	Associa a fatores econômicos
E7	O hidrogênio da água seria a fonte de energia. Acredita-se haver risco de explosão de acordo com a legislação brasileira, que não permite os brasileiros de terem alguma diminuição em seus gastos.	Associa à legislação brasileira
E8	A eletrolise requer uma corrente elétrica considerável para decompor a água em hidrogênio e oxigênio, então é adequado ter um sistema separado para a eletrólise que pode ser alimentado por uma fonte de energia externa.	Associa à decomposição de substâncias
E9	A fonte de energia geralmente é uma bateria. É possível usar essa fonte, mas é importante a eficiência, capacidade, tempo de recarga, impacto no desgaste da bateria e fatores ambientais.	Associa à eficiência energética

E10	Bateria de carro – não, só deve-se tomar cuidado em o descarte.	Associa à fatores ambientais
E11	Energia elétrica; não há nenhum problema, é apenas uma forma de produzir hidrogênio para alimentar o veículo, mas a energia elétrica não é gratuita	Associa a fatores econômicos
E12	a eletrólise da água é realizada a partir do momento que o hidrogênio é o gás que a ser usado como combustível	
E13	Geralmente usa eletricidade fornecida por uma bateria ou outra fonte de energia elétrica para separar a água em hidrogênio e oxigênio. Não sei se algum problema na fonte, mas talvez algumas coisas que dificultem o processo, já que tem que haver uma eficiência energética, ou uma energia mais limpa. Além dos custos dependendo da tecnologia utilizada ou até mesmo o armazenamento e transporte de hidrogênio.	Associa à eficiência energética
E14	Deve ser utilizada uma fonte externa, por exemplo a bateria do veículo ou um sistema elétrico auxiliar, sim existe algumas possibilidades, entre eles a eficiência do processo, pois esta pode ser afetada pelos custos energéticos na produção, no transporte e ainda no armazenamento de hidrogênio, visto que na verdade o que ocorre no carro que recebe água é a conversão em hidrogênio	Associa à eficiência energética
E15	A eletrólise da água necessita de uma grande quantidade de energia, sendo viável apenas por energia eólica ou solar. A problemática está relacionada a essa grande quantidade de energia, para larga produção se faz necessário de fazendas de energia solar/eólica, que ocupam bastante equitares, além da poluição sonora no caso da energia eólica.	Associa à eficiência energética
E16	Partindo do pressuposto que a eletrólise consiste na transformação; energia elétrica → energia química, a fonte de energia seria elétrica.	Associa à transformação de energia
E17	A água é basicamente a fonte de energia utilizada para haver a quebra das moléculas na eletrólise e ter o H ₂ para a reação. Se levar em consideração a água sendo utilizada para esse fim, há inúmeras questões sobre, como ambientais e até mesmo sociais.	Associa à fatores ambientais
E18	A fonte de energia comumente usada em carros é a eletricidade, geralmente fornecida pela bateria ou algum sistema elétrico do carro. Contudo, o uso da eletricidade para eletrólise	Associa à eficiência energética Associa à transformação de energia

	da água em carros possui o problema relacionado com a eficiência energética. As ?? necessárias geralmente envolvem perdas significativas de energia, essas perdas ocorrem devido a ineficiência da conversão de energia elétrica em energia química durante o processo de eletrólise. No processo subsequente também sofre com tal problema o de conversão de energia química de volta em eletricidade na célula de combustão. logo, é natural que não se trata de um processo energeticamente eficiente.	
E19	A fonte de energia usada para a eletrólise da água em um carro e fornecida geralmente por uma bateria, pois, ela e conectada para decompor a água em hidrogênio e oxigênio. Sendo o hidrogênio usado para gera eletricidade para o veículo. Sim, a maior parte do problema e o armazenamento do hidrogênio porque é difícil de se armazenar, pois requer tanque de alta pressão é ainda sem falar que e altamente inflamável.	Associa à eficiência energética
E20	Não respondeu	
E21	Para produzir hidrogênio por eletrólise da água demanda uma fonte de energia elétrica, que não é uma energia gratuita. Além dos resíduos gerados na produção de baterias que podem ser nocivos ao meio ambiente e um alto custo energético.	Associa à fatores ambientais
E22	Uma alternativa é o uso do gás hidrogênio. O problema é a escassez de estações dedicado ao abastecimento desta fonte.	Associa à eficiência energética

Fonte: própria

Quadro 8

Questão 05: Vamos considerar que um veículo movido à gasolina tenha consumo de 10 Km/L. Qual a quantidade de combustível necessária para que este veículo percorra 1000 Km?		
E1	Se ele consome 1L a cada 10 Km $\frac{10 \text{ Km} - 1\text{L}}{1000 \text{ Km} - x}$ $x = 100 \text{ L de combustível}$	Associa à cálculos estequiométricos
E2	100 litros de gasolina $\frac{10 \text{ Km} - 1\text{L}}{1000 \text{ Km} - x\text{L}}$	Associa à cálculos estequiométricos

	$10x = 1000$ $x = \frac{1000}{10} = 100L$							
E3	$10 \text{ Km} - 1L$ $1000 \text{ Km} - x$ $x = 100 \text{ L de gasolina}$	Associa à cálculos estequiométricos						
E4	$10 \text{ Km} - 1L$ $1000 \text{ Km} - x$ $10\text{Km} = 1000 \text{ Km/L}$ $x = \frac{1000 \cancel{\text{km}}}{10 \cancel{\text{km}}} = 100L$	Associa à cálculos estequiométricos						
E5	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">Km</td> <td style="padding: 0 10px;">L</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">10</td> <td style="padding: 0 10px;">1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">1000</td> <td style="padding: 0 10px;">x</td> </tr> </table> $\rightarrow x = \frac{1000 \cancel{\text{km}} \cdot 1L}{10 \cancel{\text{km}}} = 100L$ <p style="text-align: center;">Quantidade de gasolina necessária</p>	Km	L	10	1	1000	x	Associa à cálculos estequiométricos
Km	L							
10	1							
1000	x							
E6	$\rightarrow 10\text{Km} \leftrightarrow 1L$ $\rightarrow 1000 \text{ Km} \leftrightarrow 100L$	Associa à cálculos estequiométricos						
E7	<p style="text-align: center;">Consumo: 10 Km/L</p> <p style="text-align: center;">d = 1000 K</p> $10 \text{ Km} - 1L$ $1000 \text{ Km} - x$ $x = \frac{1000}{10} = 100L \text{ em } 1000 \text{ Km}$	Associa à cálculos estequiométricos						
E8	$1 \text{ L} - 10\text{Km}$ $xL - 1000\text{Km}$ $x = 100L$ <p style="text-align: center;">Precisa de 100 L</p>	Associa à cálculos estequiométricos						
E9	<p style="text-align: center;">Combustível = $\frac{D}{C} \Rightarrow$</p> $\text{Combustível} = \frac{1000 \text{ Km}}{10 \text{ Km/L}} =$ <p style="text-align: center;">100 L de combustível</p>	Associa à cálculos estequiométricos						
E10	$10 \text{ Km} - 1L$ $1000 \text{ Km} - x$ $x = \frac{1000}{10}$ $x = 100L$	Associa à cálculos estequiométricos						
E11	$\frac{1000 \text{ Km}}{10 \text{ Km/L}} = 100L$	Associa à cálculos estequiométricos						
E12	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">10 Km</td> <td style="padding: 0 10px;">1L</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">1000 Km</td> <td style="padding: 0 10px;">x</td> </tr> </table>	10 Km	1L	1000 Km	x	Associa à cálculos estequiométricos		
10 Km	1L							
1000 Km	x							

	$10x = 1000$ $x = \frac{1000}{10}$ <p>100 L de combustível para percorrer 1000 Km</p>	
E13	$10 \text{ Km/L} - 1\text{L}$ $1000 \text{ Km} - x\text{L}$ $x = 100 \text{ L}$	Associa à cálculos estequiométricos
E14	<p>Utilizando meio pelos extremos, temos:</p> $\begin{array}{cc} \text{Km} & \text{L} \\ 10 & 1 \\ 1000 & x \\ 10x & = 1000 \end{array}$ $x = \frac{1000}{10}$ $x = 100 \text{ L}$	Associa à cálculos estequiométricos
E15	10 Km/L $1\text{L} - 10\text{Km}$ $x(\text{L}) - 1000 \text{ Km}$ $x = 100 \text{ Litros} = 1000 \text{ mL}$	Associa à cálculos estequiométricos
E16	$10 \text{ Km} - 1\text{L}$ $1000 \text{ Km} - x$ $x = \frac{1000}{10} = 100\text{L}$	Associa à cálculos estequiométricos
E17	$10 \text{ Km} - 1\text{L}$ $1000 \text{ Km} - x$ $10x = 1000$ $x = \frac{1000}{10} = 100\text{L}$ <p>Seria necessário 100 L</p>	Associa à cálculos estequiométricos
E18	100 L	Não efetuou cálculos
E19	$10 \text{ Km} - 1\text{L}$ $1000 \text{ Km} - x\text{L}$ $x = \frac{1000}{10} = 100\text{L}$	Associa à cálculos estequiométricos
E20	$10 \text{ Km} - 1\text{L}$ $1000 \text{ Km} - x\text{L}$ <p>Consumo para 1000 Km é de 100L</p>	Associa à cálculos estequiométricos
E21	$10 \text{ Km} - 1\text{L}$ $1000 \text{ Km} - x$ $10x = 1000$ $x = \frac{1000}{10} = 100\text{L}$	Associa à cálculos estequiométricos

	$0,69 \text{ g} - 1 \text{ mL}$ $x - 1000 \text{ mL}$ $x = 690 \text{ g}$	
E22	$10 \text{ Km} - 1 \text{ L gasolina}$ X $1000 \text{ Km} - 1 \text{ L}$ $1000.1 = 10.x \Rightarrow$ $x = \frac{1000}{10} = 100 \text{ L de gasolina}$	Associa à cálculos estequiométricos

Fonte: própria

Quadro 9

Questão 06: Qual a quantidade de energia liberada ($\Delta H_{\text{combustão}}$) quando a gasolina necessária para deslocar o veículo por 1000 Km for queimada? Considere que a gasolina é composta exclusivamente por iso-octano (C_8H_{18}).		
E1	$\text{C}_8\text{H}_{18(l)} + 25 \text{ O}_{2(g)} \rightarrow 16 \text{ CO}_{2(g)} + 18 \text{ H}_2\text{O}_{(g)}$ $\Delta H = -5471 \text{ kJ/mol}$ <p>Porém eu não sei quanto de calor é necessário p/ mover em metros ou quilômetros.</p>	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos
E2	$2 \text{ C}_8\text{H}_{18(l)} + 25 \text{ O}_{2(g)} \rightarrow 16 \text{ CO}_{2(g)} + 18 \text{ H}_2\text{O}_{(g)}$ $\Delta H_c = [16(-393,5 \text{ kJ/mol}) + 18(-285,8 \text{ kJ/mol})] - [2(224,04)]$ $\Delta H_c = [(-6,246 \text{ kJ/mol}) + (-5.144,4 \text{ kJ/mol})] - [(-448,08)]$ $\Delta H_c = (-11.440,4 \text{ kJ/mol}) + (448,08 \text{ kJ/mol})$ $\Delta H_c = -10.992 \text{ kJ} = \text{para } 2 \text{ mol de gasolina}$ $-5.446 \text{ kJ} = \text{para } 1 \text{ mol}$ <p>densidade $\text{C}_8\text{H}_{18} = 0,69 \text{ g/mol}$</p> $0,69 \text{ g} - 1 \text{ ml}$ X $x \text{ g} - 100000 \text{ ml} = 100 \text{ L}$ 69000 g $n = \frac{M}{MM} = \frac{69000 \cancel{\text{g}}}{107 \cancel{\text{g/mol}}} = 644,85 \text{ mol}$ <p>Resposta;</p> $\text{Energia liberada} = 644,85 \cancel{\text{ mol}} * 5.496 \text{ kJ}/\cancel{\text{mol}}$ $= 3.544.095,6 \text{ kJ}$	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos
E3	Não respondeu	
E4	$\text{C}_8\text{H}_{18(l)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ $\text{C}_8\text{H}_{18(l)} + 25 \text{ O}_{2(g)} \rightarrow 16 \text{ CO}_{2(g)} + 18 \text{ H}_2\text{O}_{(g)}$	Associa à Cálculos Termodinâmicos

	$\begin{aligned} H_r &= a.HC_8H_{18} + b.H_2O \\ H_r &= 1.(-224,01) + 25.0 \\ H_r &= -224,01 \text{ KJ} \end{aligned}$ $\begin{aligned} H_p &= a. HCO_2 + HH_2O \\ H_p &= 8.(-393,5) + 9(-285,8) \\ H_p &= -3148 + (-2572,2) \\ H_p &= -5720,2 \text{ kJ} \end{aligned}$ $\begin{aligned} \Delta H &= H_p - H_r \\ \Delta H &= -224,0 - (-5720,2) \\ \Delta H &= -5496,2 \end{aligned}$	Associa à cálculos estequiométricos
E5	$C_8H_{18(l)} + 25/2 O_{2(g)} \rightarrow 8 CO_{2(g)} + 9 H_2O_{(g)}$ $\Delta H^{\circ}_c = [9.(-285,8 \text{ kJ/mol}) + 8 (-393,5,8 \text{ kJ/mol})] - [224,04 \text{ kJ/mol}]$ $\Delta H^{\circ}_c = -2965,7 \text{ kJ/mol} + 224,01 \text{ kJ/mol}$ $\Delta H^{\circ}_c = -2741,69 \text{ kJ/mol}$ $MM(C_8H_{18}) = 8 * 12,011 + 18 * 1,008 = 114,23 \text{ g/mol}$ $m = d*v = 0,69 \text{ g/mol} * 100000 \text{ mL} = 69000 \text{ g} = 69 \text{ Kg}$ $\begin{array}{r} \text{mol} \qquad \qquad \text{g} \\ 1 \quad \text{---} \quad 114,23 \text{ g/mol} \\ x \quad \text{---} \quad 69000 \end{array}$ $x = \frac{69000}{114,34} = 604,04 \text{ mol}$ <p>Ou seja: ΔH°_c para 100 L de gasolina é $604,04 * (-2741,69 \text{ kJ}) = -1656090 \text{ kJ} \approx -1,65 \text{ MJ}$</p>	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos
E6	$\Delta H_{\text{combustão}}(C_8H_{18}) = [\Delta H_f(CO_2) + \Delta H_f(H_2O)] - [\Delta H_f(C_8H_{18}) + \Delta H_f(O_2)]$ <p>multiplicando pelos coef. estequiométricos da reação balanceada</p> $1 C_8H_{18(l)} + 25/2 O_{2(g)} \rightarrow 8 CO_{2(g)} + 9 H_2O_{(g)}$ <p>Temos:</p> $\Delta H_{\text{comb}} = [8 (-393,5,8 \text{ kJ/mol}) + (-285,8 \text{ kJ/mol}).9] - [(224,04 \text{ kJ/mol}).1 + 0]$ $\Delta H_{\text{comb}} = -5.944,21 \text{ kJ/mol}$ $0,69 \text{ g/mol} = \frac{114 \text{ g}}{V} = 165,22 \text{ mol} \Leftrightarrow 0,16522 \text{ L}$	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos

	$1 \text{ mol} - 165,22 \cdot 10^{-3} \text{ L}$ $X - 100 \text{ L} \Rightarrow x \approx 605 \text{ mol}$ $\therefore p/100 \text{ L} \Rightarrow \Delta H_{\text{comb}(\text{C}_8\text{H}_{18})} = -3.597,75,45 \text{ kJ}/605 \text{ mol}$	
E7	$1 \text{ C}_8\text{H}_{18(l)} + 25/2 \text{ O}_{2(g)} \rightarrow 8 \text{ CO}_{2(g)} + 9 \text{ H}_2\text{O}_{(g)}$ $\Delta H_{\text{comb}} = [9 \cdot (-285,8 \text{ kJ/mol}) + 8 \cdot (-393,5,8 \text{ kJ/mol})] - [25/2 \cdot 0 + (-224,04 \text{ kJ/mol})]$ $\Delta H_{\text{comb}} = [(-2572,8 - 3148) + 224,01]$ $\Delta H_{\text{comb}} = [-5720,8 + 224,01] = -5496,79 \text{ kJ/mol}$	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos
E8	Massa molar (C_8H_{18}) = 114,22 g/mol $\Delta H_c = -5471 \text{ kJ/mol} \rightarrow$ calor de combustão de 1 mol de iso-octano (C_8H_{18}) $n = \frac{100\text{L} \cdot 0,69\text{g}}{114,22 \text{ g/mol}}$ $n = 478,4 \text{ mol}$ Energia liberada = Mgasolina * ΔH_c Energia liberada = 478,4 mol * (-5471 kJ/mol) Energia Li. = -2617326,4 KJ	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos
E9	reação combustão do iso.octano $\text{C}_8\text{H}_{18} + 25/2 \text{ O}_2 \rightarrow 8 \text{ CO}_2 + 9 \text{ H}_2\text{O}$ $\Delta H = 8 \cdot -393,5 + 19 \cdot (-285,8) - (-5471)$ $\Delta H = -3.148 + (-5.430,2) - (-5471)$ $\Delta H = -8.578,2 - (-5471)$ $\Delta H = -3.107,2 \text{ KJ}$	Associa à Cálculos Termodinâmicos
E10	$\text{C}_8\text{H}_{18} + 25/2 \text{ O}_2 \rightarrow 8 \text{ CO}_2 + 9 \text{ H}_2\text{O}$ $\Delta H_{\text{comb}} = \{[8 \cdot (-393,5,8) + 9 \cdot (-285,8)]\} - (224,04)$ $\Delta H_{\text{combustão}} = [(-3148) + (-2572,2)] - (-224,01)$ $\Delta H_{\text{comb}} = (-5720,2) - (-224,2)$ $\Delta H_{\text{comb}} = -5496,19 \text{ kJ/mol}$ reação exotérmica 1000 Km \rightarrow ? $p = \frac{m}{v} \Rightarrow v = \frac{m}{p}$ $V_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = \frac{114 \text{ g/mol}}{0,69 \text{ g/ml}}$ $V_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = 165,22 \text{ mol/mL}$ 165,22 mol – 1mL	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos

	$x - 0,001 \text{ mol}$ $x = 0,16522 \text{ mol}$ $0,16522 \text{ mol} - 1L$ $x - 100L$ $x = 16,522 \text{ mol}$ $-5496,19 \text{ kJ} - 1 \text{ mol}$ $x - 16,522 \text{ mol}$ $x = -90808,0512 \text{ kJ}$ $x = -9,1.10^4 \text{ kJ}$	
E11	Não respondeu	
E12	$C_8H_{18} + 25/2 O_2 \rightarrow 8 CO_2 + 9 H_2O$ $\Delta H^\circ_f [C_8H_{18}] = -224,01 \text{ kJ/mol}$ $[CO_2] = -393,5 \text{ kJ/mol}$ $[H_2O] = -285,8 \text{ kJ/mol}$ $\Delta H = HP - HR$ $\Delta H = 8 (-393,5,8) + 9.(-285,8) - (393,5)$ $\Delta H = + 3.148 + (-2572,2) + 393,5$ $\Delta H = 575,8 + 393,5$ $\Delta H = +969,3$	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos
E13	$C_8H_{18} = 96,08 \text{ g/mol}$ $\frac{1000 \text{ Km}}{10 \text{ Km}} = 100L \text{ de gasolina}$ $100 L \times 96,08 \text{ g/mol} = 9.608 \text{ g de iso-octano}$ $\Delta H_f (C_8H_{18}) = -224,01 \text{ KJ/mol}$ $9.608g/96,08g/mol = 100 \text{ mol de iso-octano}$ Quanto de iso-octano p/queimar 100 Km de gasolina: A energia liberada = $100 \text{ mol} \cdot (-224,01 \text{ kJ/mol}) \therefore -22,401 \text{ kJ}$	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos
E14	$C_8H_{18 (l)} + 25/2 O_{2(g)} \rightarrow 8 CO_{2(g)} + 9 H_2O_{(g)}$ $\Delta H_{comb} = \sum \Delta H_{produtos} - \sum \Delta H_{reagentes}$ $\Delta H_{comb} = \{9.(-285,8 \text{ kJ/mol}) + 8(-393,3 \text{ kJ/mol}) - \{25/2 \cdot 0) + (-224,01 \text{ kJ/mol})$ $\Delta H_{comb} = \{-5720,8 \text{ kJ/mol} - 3148 \text{ kJ/mol}) + 224,01 \text{ kJ/mol}\}$ $\Delta H_{comb} = \{-5720,8 \text{ kJ/mol} + 224,01 \text{ kJ/mol}\}$ $\Delta H_{comb} = -5496,79 \text{ kJ/mol}$	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos
E15	$\Delta H_{combust\tilde{a}o} = [\Delta H^\circ_f(\text{produtos})] - [\Delta H^\circ_f(\text{reagentes})]$	Associa à Cálculos Termodinâmicos

	$\Delta H_{\text{combustão}} = [\Delta H^{\circ}f(\text{CO}_{2(\text{g})}) + \Delta H^{\circ}f(\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})})] - \Delta H^{\circ}f(\text{C}_8\text{H}_{18})$ $\Delta H_{\text{combustão}} = (-393,5 \text{ kJ/mol} + (-285,8 \text{ kJ/mol})) - (-224,01 \text{ kJ/mol})$ $\Delta H_{\text{combustão}} = -455,29 \text{ kJ/mol}$ <p>→ ΔH para queima de 1 mol de iso octano $\text{C}_8\text{H}_{18} \rightarrow \text{MM} = 8(12\text{g/mol}) + 18(\text{g/mol})$ $\text{C}_8\text{H}_{18} \rightarrow \text{MM} = 114\text{g/mol}$</p> <p>→ ou seja, um mol de iso-octano possui 114 gramas</p> <p>Densidade $\text{C}_8\text{H}_{18} = 0,69 \text{ g/mL}$ e $1\text{mL} = 0,001 \text{ L}$</p> $\begin{array}{l} 0,69\text{g} - 0,001\text{L} \\ x - 100 \text{ L} \\ x = 69000\text{g}/100\text{L de C}_8\text{H}_{18} \end{array}$ <p>Se 1 mol de C_8H_{18} possui 114g, 69000g são</p> $\begin{array}{l} 1\text{mol} - 114\text{g} \\ x - 69000\text{g} \\ x \approx 4928,6 \text{ mol, como a queima de 1 mol} \\ \text{libera } -455,29 \text{ kJ} \\ 1 \text{ mol} - -455,29 \text{ kJ} \\ 4928,6 - x \\ x = -2243942,3 \text{ kJ} \end{array}$ <p>→ Quantidade de energia liberada em 100 L de gasolina</p>	Associa à cálculos estequiométricos
E16	$\Delta H_c = H_p - H_r$ $= 8(-393,5 \text{ kJ/mol}) + 9(-285,8 \text{ kJ/mol}) - (-224,01 \text{ kJ/mol})$ $= -3.148 + (-2.572,2) - (-224,01)$ $= -5720,2 - (-224,01)$ $= -5.496,19 \text{ kJ/mol}$	Associa à Cálculos Termodinâmicos
E17	$\text{C}_8\text{H}_{18} + 25/2 \text{ O}_2 \rightarrow 8 \text{ CO}_2 + 9 \text{ H}_2\text{O}$ $\Delta H_c = \sum v\Delta H(\text{prod}) - \sum v\Delta H(\text{reag})$ $\Delta H_c = [8(-393,5) + 9(-285,8)] - [(-224,01)]$ $\Delta H_c = (-3148 - 2572,2) + 224$ $\Delta H_c = -5496,9 \text{ kJ/mol}$	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos
E18	<p>densidade $\text{C}_8\text{H}_{18} \rightarrow 0,692 \text{ g/cm}^3$ 100 litros x $0,692 \text{ g/cm}^3 \rightarrow 69,2 \text{ Kg}$ ou 69.200 gramas MM $\text{C}_8\text{H}_{18} = 96 \text{ g/mol}$</p> $96\text{g} - 1 \text{ mol}$	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos

	$x = \frac{69.200 \text{ g} - x}{g}$ $x \approx 721,67 \text{ mols}$ <p>A entalpia padrão de combustão do $C_8H_{18} = -5470 \text{ kJ/mol}$</p> $-5470 \times 721,67$ $\rightarrow -3.949.557 \text{ kJ}$ <p>→ Exotermica → Muita energia</p>	
E19	<p>Se o veículo faz 10 Km em 1L 10 Km – 1 L 1000 Km – xL 100 L de gasolina</p> <p>Poder calorífico 44(mj/L) Energia liberada = quantidade de gasolina x poder calorífico $E_{\text{liberada}} = 100L \cdot 44 \text{mj/L}$ $E_{\text{liberada}} = 4400 \text{ megajoule de energia (mj)}$</p>	<p>Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos</p>
E20	Não respondeu	
E21	$\Delta H_{\text{combustão}} = \Delta H_p - \Delta H_r$ $\Delta H_{\text{combust}} = [\Delta H^{\circ}f(\text{CO}_{2(g)}) + \Delta H^{\circ}f(\text{H}_2\text{O}_{(g)})] - \Delta H^{\circ}f(\text{C}_8\text{H}_{18})$ $\Delta H_{\text{combust}} = [8(-393,5) + 9 \cdot (-285,8) - (-224,01)]$ $\Delta H_{\text{combust}} = (-3.148) + (-2.572,2) + 224,01$ $\Delta H_{\text{combust}} = -5.720,2 + 224,01 = -5.496,19 \text{ kJ/mol}$	<p>Associa à Cálculos Termodinâmicos</p>
E22	$\Delta_c H^{\circ} = [8(-393,5) + 9 \cdot (-285,8)] - [(-224,01)]$ $\Delta_c H^{\circ} = [(-3.148) + (-2.572,2)] + [224,01]$ $\Delta_c H^{\circ} = (-5.720,2) - (-224,01) =$ $\Delta_c H^{\circ} = -5.496,19 \text{ kJ/mol}$	<p>Associa à Cálculos Termodinâmicos</p>

Fonte: própria

Quadro 10

<p>Questão 07: Se consideramos que a quantidade de energia necessária para mover um veículo não depende do combustível usado, é possível que a 1 litro de água seja capaz de mover o veículo do item 5 por 1000 Km? Explique sua resposta utilizando cálculos termoquímicos.</p>		
E1	<p>Não, pois não faz sentido para o princípio de conservação de energia. A energia liberada na queima da água é desprezível, mesmo a reação sendo muito</p>	<p>Associa à eficiência energética</p>

	eficiente a liberação de energia em J/L da gasolina é muito maior.	
E2	Sim. Pois estaríamos analisando a eficiência do combustível usado, ou seja, a quantidade de energia liberada pelo combustível, se a energia liberada pela água for o suficiente, podemos ter uma resposta positiva.	Associa à eficiência energética
E3	Não é suficiente. Pois: Energia disponível = Energia liberada pela queima do hidrogênio – Energia gasta na eletrólise da água Energia disponível = [0-0] *0,7*0,25 = 0 Ou seja, a energia necessária para produzir 1 mol de H ₂ é 0 e para formá-lo necessita de mais energia e possui um rendimento de 70% para a eletrólise e 25% de eficiência de combustão interna. Então a quantidade de energia disponível é próxima de 0.	Associa à eficiência energética
E4	Não respondeu	
E5	Não respondeu	
E6	$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$ <p>Visto que $\Delta\text{Hf}(\text{H}_2\text{O}) = -\Delta\text{Hf}(\text{H}_2) = -285,8$ kJ/mol e que $\frac{1g}{\text{mol}} = \frac{18g}{V}$</p> $V = 18 \text{ mol}$ $1 \text{ mL} - 285,8 \text{ kJ}$ $1000 \text{ mL} - y$ $y = -15.877 \text{ kJ/mol}$	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos
E7	$18,02 \text{ g/mol} - 1 \text{ mol}$ $1000\text{g} - x$ $x = \frac{1000}{18,02} = 55,5 \text{ mol para 1 L}$ $55,5 \cdot (-285,8) = -15861,9 \text{ kJ em 1l}$ <p>Na questão 5... 100 l são gastos em 1000Km</p> $11 - 15861,9 \text{ kJ}$ $100l - x$ $x = 15861,9 \times 10^2 \text{ kJ}$ <p>→Essa seria a quantidade de energia usada para mover um carro que possui 100 L em 1000Km Uma energia muito grande que impossibilitaria o veículo se mover.</p>	Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos
E8	<p>O cálculo para descobrir a energia contida em 1 L de H₂O</p> $C = 1000\text{g} \cdot 4,18\text{J/g}^\circ\text{C} \cdot (25^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 20,9 \text{ kJ}$ <p>Um veículo precisa de 720000 kJ para percorrer 1000 Km isso é muito maior da</p>	Associa à Cálculos Termodinâmicos

	energia obtida da água então 1 litro não é suficiente para percorrer 1000 Km	
E9	<p>Eletrólise da água $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$ $\text{H}_2\Delta\text{H}^\circ = -28\text{kJ mol}$ MM $\text{H}_2 = 2\text{g mol}$ MM $\text{H}_2\text{O} = 18\text{g/mol}$ E 1 L de água $\approx 55,5$ mols $55,5 \text{ mols} \times 2 \text{ H}_2 \approx 111,12 \text{ mols H}_2$ Energia total $\approx 111,12 \text{ H}_2 \cdot (-286) \approx -37769,3$ kJ → Não é capaz, pois a energia gerada é muito baixa para mover o carro</p>	<p>Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos</p>
E10	<p>$-\Delta\text{H}_{\text{comb}} = -285,8 \text{ kJ/mol}$</p> $V = \frac{18\text{g/mol}}{1\text{g/mol}}$ <p>$V = 18 \text{ mol/mL}$ $0,018 \text{ mol/L}$</p> <p>$0,018 \text{ mol} - 1 \text{ L}$ $x - 100\text{L}$ $x = 1,8 \text{ mol}$</p> <p>$-285,8 \text{ kJ} - 1 \text{ mol}$ $x - 1,8 \text{ mol}$ $x = -514,44 \text{ kJ}$</p>	<p>Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos</p>
E11	Não respondeu	
E12	<p>H_2 é um combustível que fornece mais energia por grama</p> <p>1g de H_2 -- libera- 142 kJ 1g de C_8H_{18} - 48 kJ</p>	<p>Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculos estequiométricos</p>
E13	<p>$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$</p> <p>$\Delta\text{H} = [\Delta\text{H}^\circ\text{c}(\text{H}_2) + \Delta\text{H}^\circ\text{c}(\text{O}_2)] - \Delta\text{H}^\circ\text{f}(\text{H}_2\text{O})$ $\Delta\text{H} = 0 + 0 - (-285,8) \text{ kJ/mol}$ $\Delta\text{H} = 285,8 \text{ kJ/mol}$</p> <p>p/ um mol \therefore 18 gramas p/1L \rightarrow 1000g</p> <p>Quant. De energia = $\frac{(285,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}})}{(18\text{g/mol})} * 1000\text{g} = 15,88$ kJ</p>	<p>Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculo estequiométrico</p>
E14	<p>$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ $\Delta\text{H}^\circ\text{f} = -285,8 \text{ kJ/mol}$ Massa molar = 18,02 g/mol d = 1 g/mL</p>	<p>Associa à Cálculos Termodinâmicos Associa à cálculo estequiométrico</p>

	<p>Dessa forma podemos entender que 1 L = 1000 mL</p> <p>Por meios extremos, temos</p> $\frac{18,02 \text{ g}}{\text{mol}} \times x = 1000$ $18,02x = 1000$ $x = \frac{1000}{18,02}$ <p>x = 55,493 mol, ou seja 55,493 por 1 Litro</p> <p>Considerando que, Energia Liberada = quantidade de mol * ΔH°f</p> <p>Temos: Energia liberada = 55,493 mol * (-285,8 kJ/mol)</p> <p>Energia liberada = -15859,89 kJ para 1 Litro de água</p> <p>De forma que não seria possível percorrer 1000 Km com 1 L de água</p>	
E15	Não respondeu	
E16	$\frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{\text{mol}} \times x = -285,8 \text{ KJ}$ $18000x = -285,8 \text{ KJ}$ $x = -15.877,7 \text{ KJ}$	<p>Associa à Cálculos Termodinâmicos</p> <p>Associa à cálculo estequiométrico</p>
E17	$\frac{1 \text{ mol} - 22,4 \text{ L}}{x - 1 \text{ L}}$ $x = \frac{1}{22,4} = 0,044 \text{ mol}$ <p>teoricamente a eficiência do H₂ teria que ser muito elevada para conseguir percorrer 1000 Km com apenas 1L, no caso, o poder calórico do H₂ influência na eficiência. Por exemplo, o PC do H₂ é de 34400 Kcal/Kg enquanto da gasolina é de 47 KJ/g = 11,23 Kcal/g com isso,</p> $d = \frac{m}{v}$ $\frac{11,23 \text{ Kcal} - 1 \text{ L}}{x - 1000 \text{ g}}$ 11.230 Kcal/ Kg $d_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{x}{1 \text{ L}}$ <p>1 = x, então 1g de água é igual a 1 mL, então 1L = 1 Kg; então a quantidade de energia em 1L é 34400 Kcal/Kg</p> <p>Já a gasolina $d = \frac{m}{v}$</p> $0,69 = \frac{x}{1}$ $x = 0,69 \text{ g/mL}$	<p>Associa à cálculo estequiométrico</p> <p>Associa à Cálculos Termodinâmicos</p>

	$1L = 0,69 \text{ Kg}$ $1\text{Kg} - 11230 \text{ Kcal}$ $0,69 - x$ $x = 7.748,7 \text{ Kcal em 1 L de gasolina}$ $10 \text{ Km} - 7.748,7$ $1000 \text{ Km} - x$ $x = 774870 \text{ Kcal/1000 Km}$ <p>Já a água H₂</p> $1\text{Km} - 34400$ $1000 \text{ Km} - x$ $x = 43.400.000 \text{ Kcal/1000 Km}$ <p>Em linhas gerais, o H₂ é mais eficiente, porém não é possível fazer 1000 Km com apenas 1 L de água</p>	
E18	<p>A eletrólise da água necessita de 185,8 kJ 1 L de água tem próximo 55,6 mol se considerar 18g/mol</p> <p>energia liberada em 1L_{H₂O} → 55,6 * 285,8 kJ → 15.867 kJ</p> <p>combustão do H₂ → libera 285,8 kJ por mol de H₂ → 285,8 * 55,6 → 15.876 kJ</p> <p>Estequiometria de H₂ e H₂O e 1:1</p> <p>Ou seja, libera o mesmo valor fornecido e liberado na queima. Portanto, não há ganho de energia. Além disso, durante a eletrolise e a combustão há perda de energia tornando a eficiência muito baixa.</p>	<p>Associa à cálculos Termodinâmicos</p> <p>Associa à cálculo estequiométrico</p>
E19	<p>É altamente improvável que 1 Litro de água possa mover um carro por 1000Km, pois a água não possui energia química necessária para essa distância</p> <p>Energia H₂O = massa * g * altura Energia H₂O = 1000 Kg (m³*9L*0,001m³)*9,8 m/s²*100m E_{H₂O} ≈ 98,1 Joules Para correr 1000 Km → teria que usar 10,2 milhões de <u>litros de água</u></p>	<p>Associa à Cálculos Termodinâmicos</p> <p>Associa à cálculos estequiométricos</p>
E20	Não respondeu	
E21	1 L de água tem 110 gramas de Hidrogênio. Para obter esse hidrogênio você gastaria 4,44	Associa à cálculos Termodinâmicos

	<p>kwh. Ao queimar essa massa obteria-se 3,66 kwh, isso para 100% de eficiência, mas não existe 100 % de eficiência</p> $\frac{1\text{g} - 1\text{ mL}}{x} = \frac{x - 1000\text{ mL}}{1000}$ $1000 = 1x$ $x = 1000\text{g}$ <p>No fim, você gastaria 6,3 kwh para obter hidrogênio que, queimado no motor, irá produzir 0,92 kwh</p>	Associa à cálculos estequiométricos
E22	Não respondeu	

Fonte: própria

Quadro 11

Questão 08: Qual sua conclusão sobre o carro movido à água? Verdade ou fake News? Discorra sobre o papel da química no combate às fake News.		
E1	<p>Falsee Naaaty!!</p> <p>Porque se a água é o que resta da queima do hidrogênio, logo, a energia que estava disponível antes da queima não estará na água, usar ela para mover o carro não faz sentido pois para obter energia necessária unir o H ao O, e não o contrário, pois para formar essa ligação é liberada energia que faria o veículo se mover. Se água movesse o carro, na própria combustão a água residual serviria como fonte de energia</p>	Associa à Fake News Associa à eficiência energética
E2	Não respondeu	
E3	Não são viáveis. A água por si não é uma fonte de energia, mas um meio de energia em processos como a eletrólise. Mesmo quando o H é usado como combustível, de pensar de vários fatores externos para se tornar viável	Associa à Fake News Associa à eficiência energética
E4	Não respondeu	
E5	Não respondeu	
E6	A notícia gera esperança e ansiedade a todos, afinal o preço da gasolina está cada vez mais alto. No entanto, o carro movido à água não se faz a redução para se livrar do RS 5,70 – RS: 6,00 do litro da gasolina, isso porque o carro movido a água necessitaria de uma quantidade muito grande de água e de energia para gerar impulsão ao veículo. Aliás, a energia utilizada na eletrólise da água é maior que a energia gerada o proveito todo pelo veículo. Além disso, dados termoquímicos evidenciam a	Associa à Fake News Associa à eficiência energética

	<p>ineficiência energética desse combustível de cálculos nas questões 6º) e 7º)</p> <p>As “fakes News” estão a volta e é dever dos dotados de conhecimento para aumentar e divulgar à população as informações vendidas, com embasamento científico.</p>	
E7	<p>A água não gera energia e não é possível ser queimada. Apenas o hidrogênio atuaria como combustível, mas para ele ser extraído e fazer o motor funcionar seria necessária uma eletricidade maior do que a energia que o gás resultante é capaz de gerar no motor, fazendo-se uso dos kits mencionados no vídeo. O carro movido a água é, portanto, uma fake News. A explicação química do porquê o carro movido a água é fake News ajuda as pessoas a confiarem na falsidade por trás dessa solução milagrosa.</p>	<p>Associa à Fake News</p> <p>Associa à eficiência energética</p>
E8	<p>Fake new.</p> <p>A partir dos cálculos pode-se perceber que não é possível utilizar a água como fonte de combustível.</p> <p>A química assim como outras áreas tem um papel fundamental para o combate as fake News já que ela discorre de metodologias, cálculos eficientes para comprovar a veracidade de algo.</p>	<p>Associa à Fake News</p> <p>Associa à eficiência energética</p>
E9	<p>Um carro movido a água, onde a água seria utilizada como combustível é uma ideia utópica e equivocada. Primeiramente, a água não é um combustível ideal para motores de combustão interna. Portanto, Fakes News. A Química desempenha um papel importante na luta contra fake news, pois fornecesse dados, medidas entre outros meios que auxiliam no controle as informações imparciais e falsas.</p>	<p>Associa à Fake News</p> <p>Associa à eficiência energética</p>
E10	<p>Fake news. A quantidade de energia necessária para extrair o hidrogênio da água é maior que a energia que o $H_{2(g)}$ resultante seria capaz de gerar no motor. Além disso, a energia gerada por uma combustão é muito inferior a energia gerada pela combustão do C_8H_{18}, por exemplo, logo é possível concluir que comente a água seria improvável de fazer o veículo rodar.</p>	<p>Associa à Fake News</p> <p>Associa à eficiência energética</p>
E11	Não respondeu	
E12	Não respondeu	
E13	<p>Fake News = Para usar a energia contida na água, é necessário separar esses elementos. Mas tem que ter energia externa. É até</p>	<p>Associa à Fake News</p> <p>Associa à eficiência energética</p>

	<p>possível, mas o gasto de energia seria muito superior, e exige um sistema ímpar.</p> <p>O ensino de química e fundamental contra fake news. É a partir dele que como essa, com base em dados comprovados teoricamente ou experimentalmente. A química é uma ciência que corrobora para a aprendizagem significativa e para a comunidade científica. Com a própria divulgação, podemos combater as fakes news.</p>	
E14	<p>A afirmação “O carro movido a água” da entender que de fato o carro é movido a água tal como uma mágica quando na verdade o que ocorre é a conversão da água em hidrogênio, de forma que a água não é a fonte de energia. Assim, a frase é Fake.</p> <p>Com relação a química essa pode ser entendida como meio de verificação para algumas falas. Utilizando da ciência para concordar ou discordar com algumas falas, tais como essa do carro, que no senso comum compreende-se como o sentido literal da frase.</p>	<p>Associa à Fake News</p> <p>Associa à eficiência energética</p>
E15	Não respondeu	
E16	<p>Acredito que seja fake news, porque seria preciso uma quantidade muito grande de energia elétrica para produzir o hidrogênio. Seria necessário mais combustível para auxiliar o motor a produzir essa energia e por fim o hidrogênio.</p>	<p>Associa à Fake News</p> <p>Associa à eficiência energética</p>
E17	<p>Que é algo bem incerto, já que demanda de questões como por exemplo a ideia do escapamento sair somente água, quebrando a 1ª Lei da Termodinâmica, onde não há uma máquina movimento perpétuo. Fake news já que é mais “fácil” um carro movido a somente H₂ que a H₂O.</p> <p>A química, tem nessa perspectiva de demonstrar que há algumas inconsistências em alguns dados.</p>	<p>Associa à Fake News</p> <p>Associa à eficiência energética</p>
E18	<p>Fake news. A química tem papel fundamental no combate de notícias, visto que a mesma tem a capacidade de tornar os estudantes críticos e capaz de identificar informações falsas baseando-se em fatos e promovendo uma visão científica da situação problema.</p>	<p>Associa à Fake News</p>
E19	<p>Não é possível se movida diretamente pela água como sua única fonte de energia</p>	<p>Associa à Fake News</p> <p>Associa à eficiência energética</p>
E20	Não respondeu	

E21	O vídeo é fake news, pois, considerando que um motor alimentado por hidrogênio é capaz de fazer foguetes funcionarem, sabe-se, que o hidrogênio é mais potente que a gasolina. No vídeo é possível ver que não há reservatório de hidrogênio, logo não há como produzir H instantaneamente em quantidade suficiente, seria necessária uma quantidade absurda de energia elétrica. Dessa forma, se o H é mais potente o carro teria uma eficiência bem maior que a gasolina.	Associa à Fake News Associa à eficiência energética
E22	Não respondeu	

Fonte: própria

Como primeira análise das respostas dos discentes, observou-se algumas temáticas mencionados nas respostas das perguntas de 01 a 04 da situação problema. Dentre essas respostas constataram-se conceitos associados à termoquímica, termodinâmica, meio ambiente, legislação e economia. Além disso, analisou-se as estratégias matemáticas utilizadas pelos discentes nas perguntas de 05 a 07 identificando o uso frequente de “regra de três” e, também, cálculos e fórmulas da termodinâmica, estudados previamente na disciplina de Físico Química 1. Por sua vez, na pergunta 08 analisou-se as respostas dos discentes e observou que em sua maioria associaram à Fake News a reportagem exibida no início da atividade. No entanto, os discentes não associaram as ferramentas matemáticas para justificar a impossibilidade do carro funcionar apenas com 1 litro de água para percorrer 1000 Km.

Pode-se observar, a partir das respostas que nenhum dos discentes conseguiu responder à pergunta justificando-a matematicamente, visto que esse era o objetivo do problema proposto. Constata-se ao analisar as respostas que, para responder à pergunta 8 se a reportagem era ou não Fake News, era preciso estratégias matemáticas não tão complexas como o cálculo diferencial e integral, abordado no ciclo básico do curso. No entanto, operações básicas como regra de três e equações do primeiro grau, conteúdos abordados principalmente na educação básica era imperativos.

Conforme mencionado, o presente trabalho permitiu a definição de quatro categorias, foram elas: aspectos termodinâmicos, reações químicas, meio ambiente e fatores econômicos e fake news. O quadro 12 apresenta a pergunta/código dos estudantes em função das categorias iniciais identificadas.

Quadro 12: Classificação das respostas dos estudantes segundo categorias de análise

Pergunta/Código dos estudantes	Temas gerais – Análise Geral
Q1- E2, E3, E4, E5, E6, E7, E9, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22 Q2 – E1, E8, E14, E15, E19, E21 Q3 – E13, E16, E17 Q4 – E16, E18	Associação à transformação de energia
Q2 – E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22	Associa à transferência de energia
Q2 - E1, E2, E5, E6, E8, E19	Associa à quebra e a formação de ligações químicas
Q1 – E1, E3, E6, E16, E20 Q2 – E4, E9	Associa às reações químicas de combustão
Q3 - E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E16, E21, E22	Associa à espontaneidade
Q3 – E6	Associa à Energia de Gibbs
Q3 – E1, E3, E4, E5, E7, E9, E10, E11, E14, E18, E22	Associa às reações de oxirredução
Q3 - E2, E5, E8, E14, E15, E16, E18, E19, E22 Q4- E8	Associa à decomposição de substâncias
Q4 - E2, E3, E5, E10, E17, E21	Associa à fatores ambientais
Q4 – E6, E11	Associa à fatores econômicos
Q4 – E7	Associa à legislação brasileira
Q4 - E1, E4, E9, E13, E14, E15, E18, E19, E22 Q7 – E1, E2, E3	Associa à eficiência energética
Q5 – E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E19, E20, E21, E22 Q6 – E1, E2, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E12, E13, E14, E15, E17, E18, E19 Q7 – E6, E7, E9, E12, E13, E14, E16, E17, E18, E19, E21	Associa a estequiometria
Q6 – E1, E2, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E12, E13, E14, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22 Q7 – E6, E7, E8, E9, E10, E12, E13, E14, E16, E17, E18, E19	Associa à cálculos termodinâmicos
Q8 – E1, E3, E6, E7, E8, E9, E10, E13, E14, E16, E17, E18, E19, 21	Associa à Fake News

Fonte: própria

A partir das narrativas escritas e das respostas à situação problema foram criadas algumas categorias gerais para possibilitar a análise a partir da sistematização e facilitar discussão da ação investigada, como mencionado anteriormente. Neste trabalho optou-se por

apresentar e discutir as categorias esquematizadas no quadro 13. Em seguida, há a discussão de cada uma das categorias e suas temáticas.

Quadro 13: Categorias de análise para a discussão da situação investigada

Categorias	Temáticas
Aspectos Termodinâmicos	Transferência de energia
	Transformação de energia
	Espontaneidade
	Energia livre de Gibbs
	Reações oxirredução
	Cálculos termodinâmicos
	Reações de combustão
Reações Químicas	Quebra e formação de ligações químicas
	Decomposição de substâncias
	Estequiometria
Meio Ambiente e Fatores Econômicos	Fatores ambientais
	Eficiência energética
	Legislação
	Fatores econômicos
Fake News	Fake News

5.1 ASPECTOS TERMODINÂMICOS

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os Cursos de Química (Brasil, 2019), voltadas para as licenciaturas, destacam a importância que futuro docente deve reconhecer a Química como uma produção humana compreendendo os aspectos históricos e seu contexto sócio-histórico, cultural e econômico. O documento pontua que é de fundamental para o estudante dominar e entender as leis e fundamentos da Química sabendo identificar as principais propriedades físicas e químicas dos elementos.

Nesse contexto, a compreensão de conceitos de Físico-Química, como a Termodinâmica, torna-se essencial na grade curricular dos cursos de licenciatura em Química. A Termodinâmica integra a grade curricular de cursos de graduação em áreas como Química, Física e Engenharia, desempenhando um papel essencial na formação dos estudantes ao possibilitar a análise de conceitos de Físico-Química e sua relação com desafios práticos do dia a dia, incluindo contextos industriais e sociais (Sá; Nascimento; Lima., 2020). Nesse sentido, seus princípios se fazem presentes desde eletrodomésticos como geladeiras, ar-condicionado e funcionamento de motores a combustão de automóveis a processos industriais.

A relação entre esses conceitos e o funcionamento dos motores a combustão foi destacada na Q1, na qual os estudantes descreveram esse processo com base na conversão de energia química em energia mecânica. Como exemplificado pelo E10: *“O motor a combustão converte energia química do combustível em energia mecânica. Possui 4 etapas admissão (entrada de ar e combustível), compressão (aumento da pressão), ignição (centelha inflama a mistura), expansão (explosão que move o pistão). esse ciclo se repete continuamente durante o processo da combustão do motor”*. Esse processo também é descrito pelos estudantes E1, E3, E4, E5, E6, E7, E9, E15, E18, E19 e 20 na Q1.

Essa compreensão dos estudantes está corretamente alinhada com a literatura, que os tipos de motores à combustão funcionam de acordo com o ciclo termodinâmico. Como discutido no tópico do referencial teórico “funcionamento do motor de um carro”, os motores à combustão, tanto de Ciclo Otto tanto de Ciclo Diesel, utilizam das reações de combustão para seu funcionamento. No Ciclo Otto, a mistura de ar e combustível é comprimida pelo pistão e inflamada por uma centelha da vela de ignição. Enquanto no Ciclo Diesel, apenas o ar é comprimido, atingindo altas temperaturas, e a injeção do combustível provoca a combustão espontânea devido ao calor gerado pela compressão (Tillman 2013). O uso dos termos “ciclo Diesel” e “ciclo Otto” não foram enfatizados por nenhum estudante, porém o E19 faz uma tentativa de apresentar dados relativos a esses ciclos.

Além disso, muitos estudantes associaram ao conceito de transformação de energia ao funcionamento desses motores na Q1, destacando que a reação de queima do combustível gera energia química, posteriormente convertida em energia mecânica para movimentar o automóvel. Como enfatizado pelo E2: *“O princípio do motor é converter a energia química gerada a partir da combustão do combustível e transformá-lo em trabalho mecânico, trabalho esse que faz o carro entrar em movimento”*. Essa relação também foi mencionada pelos estudantes E3, E4, E5, E6, E7, E9, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21 e E22.

Vale destacar que, na Q1, o estudante E6 complementou sua resposta, desenhando um gráfico relacionando energia e direção da reação química. No caso de uma reação exotérmica, a energia dos reagentes é maior que a dos produtos. No entanto, embora tenha representado corretamente o gráfico, observou-se que ele não contextualizou nem explicou sua relação o funcionamento de um motor a combustão.

Ademais, na Q2, estudantes também associaram ao conceito de transformação de energia ao justificarem o porquê uma a queima de combustíveis libera energia. O E21 afirma: *“Porque é uma reação de combustão, que é sempre exotérmica (libera calor), onde essa energia será convertida em trabalho, gerando assim eficiência”*. Os estudantes E1, E8, E14, E15, E19 e E21 também estabeleceram as mesmas relações.

Essa associação pode ser compreendida à luz da lei da conservação da energia, no qual estabelece que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada. Por exemplo, a energia potencial pode ser convertida em energia cinética, mantendo a soma total de energia constante, ou seja, sempre conservada (Atkins & Jones, 2012). Nesse sentido, os discentes relacionaram a transformação da energia potencial química em energia mecânica, baseando-se na lei de conservação da energia.

Na Q2, também, observou-se o uso de outro conceito termodinâmico: transferência de energia. Os discentes associaram que a queima de combustíveis transfere energia, como pontuado pelo estudante E22: *“Porque a queima de combustíveis é uma reação exotérmica, ou seja, libera energia enquanto ocorre”*. Os estudantes E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20 e E21 também estabeleceram as mesmas relações.

Dentro da termodinâmica, é abordado o estudo das transferências de energia. Quando ocorre transferência de energia na forma de calor para o sistema, o processo é denominado endotérmico; enquanto quando a energia é transferida do sistema para a vizinhança, o processo é chamado de exotérmico (Brown, 2016). As reações exotérmicas, especificamente, ocorrem pela tendência natural de um sistema com maior temperatura perder energia na forma de calor devido à diferença de temperatura. Portanto, as reações de combustão são essencialmente exotérmicas visto que são reações nas quais há a liberação de energia na forma de calor (Atkins; Jones, 2012).

Outro conceito termodinâmico abordado pelos discentes na atividade foi a espontaneidade para conceituar eletrólise. Na Q3, solicita-se a definição de eletrólise, informações sobre sua descoberta e uma pesquisa na internet sobre o funcionamento desse processo. O E7 destaca: *“A eletrólise é um processo não espontâneo, no qual ocorre a passagem de uma corrente elétrica em um sistema em que existam íons que produzem reações químicas de oxirredução”*. Esse procedimento foi descoberto pela primeira vez pelo químico

inglês William Nicholson. Os estudantes E1, E3, E4, E5, E6, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E16, E21, E22 também estabeleceram as mesmas relações.

Conforme já discutido no tópico referencial teórico a eletrólise é um processo não espontâneo no qual, a partir de uma corrente elétrica, força-se uma reação que naturalmente não é espontânea. Essa célula é chamada de célula eletrolítica (Atkins; Jones, 2012). A espontaneidade de uma reação é definida em função da energia livre de Gibbs. Para que uma reação seja espontânea na formação dos produtos, nas condições de temperatura e pressão constantes, a energia livre de Gibbs deve ter um valor negativo ($\Delta G < 0$). Por outro lado, nas reações espontâneas na formação dos reagentes, a energia livre de Gibbs deve apresentar um valor positivo ($\Delta G > 0$) (Barros, 1992) (Atkins & Jones, 2012). No entanto, constatou-se que esse formalismo matemático não foi evidenciado pelos estudantes E1, E3, E4, E5, E6, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E16, E21, E22.

No entanto, apenas o E6 associou a espontaneidade de uma célula à energia livre de Gibbs tendo os demais apenas descrito o processo da eletrólise e a espontaneidade. O E6 destaca: *“A eletrólise é uma reação química que ocorre devido ao fornecimento de energia elétrica. Por se tratar de um processo que não corre sob a interferência que não faz parte do meio reacional (em condições naturais, mols), é um processo não espontâneo. Vide as condições termodinâmicas para espontaneidade: $\Delta S > 0$; $\Delta G < 0$. Essa reação não é espontânea, logo $\Delta S < 0$; $\Delta G > 0$ ”*. Dessa forma, E6 foi o único a relacionar diretamente a eletrólise aos critérios termodinâmicos de espontaneidade, evidenciando a importância da energia livre de Gibbs na análise do processo. Vale ressaltar, contudo, que a interpretação dada à entropia (ΔS) é válida apenas para sistemas isolados.

Ademais, o estudante E7 mencionou em sua resposta na Q3 que, na eletrólise, íons participam de uma reação de oxirredução. Essa mesma relação foi estabelecida por E3, E4, E5, E9, E10, E11, E14, E18 e E22. Segundo Brown (2016), reações de oxirredução envolvem a transferência de elétrons, na qual um átomo se oxida ao perder elétrons, enquanto outro se reduz ao recebê-los. Esse entendimento é fundamental para a correta interpretação dos processos eletroquímicos. O uso destes conceitos básico evidencia que os estudantes recorrem a estratégias já estudadas desde a educação básica.

No entanto, é importante salientar que a maioria dos estudantes não associaram o fato de que o critério termodinâmico para a espontaneidade de um processo está relacionado à variação da energia livre de Gibbs. Essa dificuldade na sistematização das respostas pode estar

relacionada às dificuldades dos discentes em relação aos conceitos da Físico-Química. De acordo com Sá, Nascimento e Lima., (2020), no curso de Físico-Química onde se abordam conceitos avançados de Termodinâmica é considerado difícil por muitos estudantes. Logo, é possível que ao responderem à pergunta os estudantes não tenham conseguido interrelacionar e sistematizar os conceitos por dificuldades de aprendizagem no cerne da própria disciplina.

Nesta categoria de aspectos termodinâmicos, observou-se também o emprego de ferramentas matemáticas da termodinâmica na resolução das perguntas, especificamente nas Q6 e Q7. Na Q6, inicialmente, solicita ao estudante o cálculo da energia liberada na combustão da gasolina ao percorrer 1000 km, considerando que ela é composta apenas por iso-octano (C_8H_{18}). No quadro 14 foram selecionadas as respostas de quatro estudantes. Os sujeitos foram E2, E14, E15 e E18 a fim de analisá-las e comparar com a resolução correta da questão.

Quadro 14: Resposta dos estudantes a Q6

<p>Q6: Qual a quantidade de energia liberada ($\Delta H_{\text{combustão}}$) quando a gasolina necessária para deslocar o veículo por 1000 Km for queimada? Considere que a gasolina é composta exclusivamente por iso-octano (C_8H_{18}).</p>
<p>Resposta E6 $\Delta H_{\text{combustão}} (C_8H_{18}) = [\Delta H_f (CO_2) + \Delta H_f (H_2O)] - [\Delta H_f (C_8H_{18}) + \Delta H_f (O_2)]$ multiplicando pelos coef. estequiométricos da reação balanceada</p> $1 C_8H_{18 (l)} + 25/2 O_{2(g)} \rightarrow 8 CO_{2(g)} + 9 H_2O_{(g)}$ <p>Temos: $\Delta H_{\text{comb}} = [8 (-393,5,8 \text{ kJ/mol}) + (-285,8 \text{ kJ/mol}).9] - [(224,04 \text{ kJ/mol}).1 + 0]$ $\Delta H_{\text{comb}} = -5.944,21 \text{ kJ/mol}$</p> $0,69 \text{ g/mol} = \frac{114g}{V} = 165,22 \text{ mol} \Leftrightarrow 0,16522 \text{ L}$ $1 \text{ mol} - 165,22.10^{-3} \text{ L}$ $X - 100 \text{ L} \Rightarrow x \approx 605 \text{ mol}$ $\therefore p/100 \text{ L} \Rightarrow \Delta H_{\text{comb}}(C_8H_{18}) = -3.597.75,45 \text{ kJ}/605 \text{ mol}$
<p>Resposta E14</p> $C_8H_{18 (l)} + 25/2 O_{2(g)} \rightarrow 8 CO_{2(g)} + 9 H_2O_{(g)}$ $\Delta H_{\text{comb}} = \sum \Delta H_{\text{produtos}} - \sum \Delta H_{\text{reagentes}}$ $\Delta H_{\text{comb}} = \{9.(-285,8 \text{ kJ/mol}) + 8(-393,3 \text{ kJ/mol}) - \{25/2 . 0\} + (-224,01 \text{ kJ/mol})\}$ $\Delta H_{\text{comb}} = \{-5720,8 \text{ kJ/mol} - 3148 \text{ kJ/mol}\} + 224,01 \text{ kJ/mol}$ $\Delta H_{\text{comb}} = \{-5720,8 \text{ kJ/mol} + 224,01 \text{ kJ/mol}\}$ $\Delta H_{\text{comb}} = -5496,79 \text{ kJ/mol}$

Resposta E15

$$\Delta H_{\text{combustão}} = [\Delta H^{\circ}f(\text{produtos})] - [\Delta H^{\circ}f(\text{reagentes})]$$

$$\Delta H_{\text{combustão}} = [\Delta H^{\circ}f(\text{CO}_2(\text{g})) + \Delta H^{\circ}f(\text{H}_2\text{O}(\text{g}))] - \Delta H^{\circ}f(\text{C}_8\text{H}_{18})$$

$$\Delta H_{\text{combustão}} = (-393,5 \text{ kJ/mol} + (-285,8 \text{ kJ/mol})) - (-224,01 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta H_{\text{combustão}} = -455,29 \text{ kJ/mol}$$

→ ΔH para queima de 1 mol de iso octano

$$\text{C}_8\text{H}_{18} \rightarrow \text{MM} = 8(12\text{g/mol}) + 18(\text{g/mol})$$

$$\text{C}_8\text{H}_{18} \rightarrow \text{MM} = 114\text{g/mol}$$

→ ou seja, um mol de iso-octano possui 114 gramas

Densidade $\text{C}_8\text{H}_{18} = 0,69 \text{ g/mL}$ e $1 \text{ mL} = 0,001 \text{ L}$

$$0,69\text{g} - 0,001\text{L}$$

$$x - 100 \text{ L}$$

$$x = 69000\text{g}/100\text{L de C}_8\text{H}_{18}$$

Se 1 mol de C_8H_{18} possui 114g, 69000g são

$$1 \text{ mol} - 114\text{g}$$

$$x - 69000\text{g}$$

$$x \approx 4928,6 \text{ mol, como a queima de 1 mol libera } -455,29 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ mol} - -455,29 \text{ kJ}$$

$$4928,6 - x$$

$$x = -2243942,3 \text{ kJ}$$

→ Quantidade de energia liberada em 100 L de gasolina

Resposta E18

densidade $\text{C}_8\text{H}_{18} \rightarrow 0,692 \text{ g/cm}^3$

100 litros $\times 0,692 \text{ g/cm}^3 \rightarrow 69,2 \text{ Kg}$ ou 69.200 gramas

MM $\text{C}_8\text{H}_{18} = 96 \text{ g/mol}$

$$96\text{g} - 1 \text{ mol}$$

$$69.200 \text{ g} - x$$

$$x = \frac{69.200 \text{ g mol}}{g}$$

$$x \approx 721,67 \text{ mols}$$

A entalpia padrão de combustão do $\text{C}_8\text{H}_{18} = -5470 \text{ kJ/mol}$

$$-5470 \times 721,67$$

$$\rightarrow -3.949.557 \text{ kJ}$$

→ Exotérmica

→ Muita energia

Resolução Correta

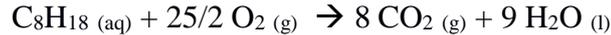
Dados: $\Delta H_f^\circ[\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})] = -224,01 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^\circ[\text{CO}_2(\text{g})] = -393,5 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^\circ[\text{H}_2\text{O}(\text{g})] = -285,8 \text{ kJ/mol}$

Densidade C_8H_{18} : $0,69 \text{ g/cm}^3$

- 1) Escrever a equação química da combustão do iso-octano corretamente balanceada:



- 2) A partir da equação da entalpia padrão de combustão, com base nas entalpias padrão de formação das substâncias presentes na reação, determina-se a entalpia padrão de combustão da reação:

$$\Delta H_c^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(\text{produtos}) - \sum n\Delta H_f^\circ(\text{reagentes}) \quad (2.1)$$

$$\Delta H_c^\circ = [8.(-393,5 \text{ kJ/mol}) + 9.(-285,8 \text{ kJ/mol})] - [-224,01 \text{ kJ/mol} + 25/2.0]$$

$$\Delta H_c^\circ = [-3148 \text{ kJ/mol} - 2572,2 \text{ kJ/mol}] - [-224,01 \text{ kJ/mol}]$$

$$\Delta H_c^\circ = -5720,2 \text{ kJ/mol} + 224,01 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_c^\circ = -5496,19 \text{ kJ/mol}$$

- 3) A partir dos cálculos, encontra-se $-5496,19 \text{ kJ}$ para cada mol de substância. Agora, deve-se determinar o número de mols presentes de iso-octano em 100 L .

Densidade do iso-octano = $0,69 \text{ g/cm}^3$

$\text{MM} = 114,22 \text{ g/mol}$

$100 \text{ L} = 100.000 \text{ cm}^3$

Calcular a massa de iso-octano em 100.000 cm^3 de combustível

$$\begin{array}{r} 1 \text{ cm}^3 \text{ ---- } 0,69\text{g} \\ 100.000 \text{ cm}^3 \text{ ----- } x \\ x = 69000 \text{ g} \end{array}$$

Calcular o número de mols para 69000 g de combustível

$$n = \frac{m}{\text{MM}}$$

$$n = 69000 \text{ g} / 114,22 \text{ g/mol}$$

$$n = 604 \text{ mol}$$

- 4) Calculando a variação de entalpia de combustão do iso-octano para 604 mol de substância ΔH_c°

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol de iso-octano -- } -5496,19 \text{ kJ} \\ 604 \text{ mol -- } \Delta H_c^\circ \end{array}$$

$$\Delta H_c^\circ = - 3.319.698 \text{ kJ}$$

Fonte: própria

Os estudantes E2, e14 e E15 utilizaram a equação da entalpia padrão de combustão para resolver a questão. Outrossim, o estudante E18 iniciou o raciocínio sem realizar o cálculo da entalpia de combustão, baseando-se, possivelmente, em informações obtidas na internet por meio do celular, cujo uso foi permitido durante a resolução da situação-problema. Os discentes trabalharam corretamente com a densidade e massa molar do iso-octano para encontrar o número de mols em 100L de combustível, com exceção do E14 que não conseguiu desenvolver o raciocínio completo da questão, assim como os E1, E3, E7, E9, E12, E14, E16, E17, E21 e E22, desenvolvendo apenas até a determinação da entalpia de combustão.

Ademais, observou-se que tanto o E15 e o E18 não incluíram a equação química balanceada, um passo fundamental para a realização correta dos cálculos. Assim, embora o raciocínio esteja correto, a ausência dos coeficientes estequiométricos comprometeu a precisão da resposta do E15, que chegou ao valor de $-455,29 \text{ kJ/mol}$ para a entalpia padrão de combustão, sendo muito abaixo do valor correto. Essa resposta também revela uma lacuna formativa extremamente grave, pois, o discente em questão ao desconsiderar as estratégias de balanceamento esquece que “em uma reação química átomos não são criados e nem destruídos”

Por sua vez, E18 conseguiu chegar ao resultado de $-3.949.557 \text{ kJ}$ energia liberados, se aproximando do valor correto que é $-3.319.698 \text{ kJ}$. Porém, vale destacar que o E18 se equivocou com o dado da massa molar do iso-octano como 96 g/mol em vez de 114 g/mol . Além disso, ele não desenvolveu o cálculo da entalpia de combustão. Isso impactou diretamente o cálculo da energia liberada, resultando em um valor incorreto.

O E6 seguiu uma metodologia correta na realização dos cálculos termoquímicos chegando a um valor aproximado. Porém, apresentou erros básicos no raciocínio matemático, pois fez uma associação errônea entre massa molar e densidade, que influenciou diretamente no resultado do problema.

Além disso, é importante destacar também que os E5, E8, E9, E13 e E19 desenvolveram corretamente o raciocínio, mas cometeram erros significativos nos cálculos finais. Por exemplo, o E13 utiliza o valor da entalpia de formação (ΔH_f) do iso-octano (-224,01 kJ/mol) ao invés de usar a entalpia de combustão (ΔH_c) para determinar a energia liberada. Somado a isso, é importante mencionar que os E3, E11 e E20 não responderam à pergunta. Nesse contexto, percebe-se que, dos 22 estudantes que responderam à Q6, apenas 3 (E2, E6) conseguiram chegar à resposta correta, mesmo apresentando alguns equívocos nos cálculos, demonstrando uma compreensão geral do processo.

Outro ponto a considerar é que na Q7 os estudantes também se fundamentaram em cálculos termodinâmicos para resolver ao que foi pedido. Pede-se aos estudantes que verifiquem se 1 L de água seria suficiente para percorrer 1000 Km, comparada com a energia gerada pela gasolina. No quadro 15 foram selecionadas as respostas de quatro estudantes. Os sujeitos foram os E6, E9, E17 e E22 a fim de analisá-las e comparar com a resolução correta da questão.

Quadro 15: Resposta dos estudantes a Q7

<p>Q7: Se consideramos que a quantidade de energia necessária para mover um veículo não depende do combustível usado, é possível que a 1 litro de água seja capaz de mover o veículo do item 5 por 1000 Km? Explique sua resposta utilizando cálculos termoquímicos.</p>
<p>Resposta E6</p> $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$ <p>Visto que $\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}) = -\Delta H_f(\text{H}_2) = -285,8 \text{ kJ/mol}$ e que $\frac{1g}{mol} = \frac{18g}{V}$</p> $V = 18 \text{ mol}$ $1 \text{ mL} - 285,8 \text{ kJ}$ $1000 \text{ mL} - y$ $y = -15.877 \text{ kJ/mol}$
<p>Resposta E9</p> <p>Eletrólise da água</p> $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$ $\text{H}_2\Delta H^\circ = -28\text{kJ mol}$ $\text{MM H}_2 = 2\text{g mol}$ $\text{MM H}_2\text{O} = 18\text{g/mol}$ <p>E 1 L de água $\approx 55,5$ mols</p> $55,5 \text{ mols} \times 2 \text{ H}_2 \approx 111,12 \text{ mols H}_2$ <p>Energia total $\approx 111,12 \text{ H}_2 \cdot (-286) \approx -37769,3 \text{ kJ}$</p> <p>→ Não é capaz, pois a energia gerada é muito baixa para mover o carro</p>

Resposta E17

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol} - 22,4 \text{ L} \\ x - 1 \text{ L} \\ x = \frac{1}{22,4} = 0,044 \text{ mol} \end{array}$$

teoricamente a eficiência do H₂ teria que ser muito elevada para conseguir percorrer 1000 Km com apenas 1L, no caso, o poder calórico do H₂ influencia na eficiência. Por exemplo, o PC do H₂ é de 34400 Kcal/Kg enquanto da gasolina é de 47 KJ/g = 11,23 Kcal/g com isso, $d = \frac{m}{v}$

$$\begin{array}{l} 11,23 \text{ Kcal} - 1 \text{ L} \\ x - 1000 \text{g} \\ 11.230 \text{ Kcal/ Kg} \end{array}$$

$$d_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{x}{1\text{L}}$$

1 = x, então 1g de água é igual a 1 mL, então 1L = 1 Kg; então a quantidade de energia em 1L é 34400 Kcal/Kg

Já a gasolina $d = \frac{m}{v}$

$$\begin{array}{l} 0,69 = \frac{x}{1} \\ x = 0,69 \text{ g/mL} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 1\text{L} = 0,69 \text{ Kg} \\ 1\text{Kg} - 11230 \text{ Kcal} \\ 0,69 - x \\ x = 7.748,7 \text{ Kcal em 1 L de gasolina} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 10 \text{ Km} - 7.748,7 \\ 1000 \text{ Km} - x \end{array}$$

$$x = 774870 \text{ Kcal/1000 Km}$$

Já a água H₂

$$\begin{array}{l} 1\text{Km} - 34400 \\ 1000 \text{ Km} - x \\ x = 43.400.000 \text{ Kcal/1000 Km} \end{array}$$

Em linhas gerais, o H₂ é mais eficiente, porém não é possível fazer 1000 Km com apenas 1 L de água

Resposta E22

1 L de água tem 110 gramas de Hidrogênio. Para obter esse hidrogênio você gastaria 4,44 kwh. Ao queimar essa massa obter-se-ia 3,66 kwh, isso para 100% de eficiência, mas não existe 100 % de eficiência

$$\begin{array}{r}
 1\text{g} - 1\text{ mL} \\
 \times \\
 x - 1000\text{ mL} \\
 1000 = 1x \\
 x = 1000\text{g}
 \end{array}$$

No fim, você gastaria 6,3 kwh para obter hidrogênio que, queimado no motor, irá produzir 0,92 kwh

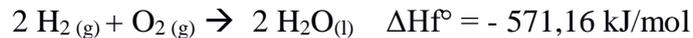
Resolução Correta

$$\text{Densidade da água} = 1\text{g/cm}^3$$

$$\text{MM(água)} = 18\text{ g/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ[\text{H}_2\text{O}(\text{g})] = -285,8\text{ kJ/mol}$$

- 1) Escrever a equação química da combustão do hidrogênio corretamente balanceada:



- 2) A entalpia padrão de formação de substâncias simples no estado gasoso é igual a zero. Dessa forma, a entalpia padrão de combustão do hidrogênio corresponde à entalpia da reação de formação da água. Como a entalpia padrão de combustão (ΔH_c°) é -285,8 kJ por mol e a reação envolve a formação de 2 mols de água, temos:

$$\Delta H_c^\circ = -571,16\text{ kJ/mol}$$

- 3) Agora, deve-se determinar o número de mols presentes de água em 100 L.

$$\text{Densidade da água} = 1\text{ g/cm}^3$$

$$\text{MM} = 18\text{ g/mol}$$

$$1\text{ L} = 100.000\text{ cm}^3$$

$$1\text{ cm}^3 \text{ ---- } 1\text{ g}$$

$$1000\text{ cm} \text{ ----- } x$$

$$x = 1000\text{ g}$$

Então

$$1\text{ mol de água ---- } 18\text{ g}$$

$$n \text{ ----- } 1000\text{ g}$$

$$n = 55,5\text{ mol}$$

- 4) Calculando a variação de entalpia de combustão da água para 55,5 mol de substância

$$1\text{ mol de água --- } -571,16\text{ kJ}$$

$$55,5\text{ mol de água --- } \Delta H_c^\circ$$

$$\Delta H_c^\circ = -31.723\text{ kJ de energia}$$

- 5) A partir dos cálculos, constata-se que a energia liberada por 1 L de água é insuficiente para percorrer 1000 km. Ao comparar com o valor obtido para a gasolina, a relação entre a energia da gasolina e a energia da água pode ser expressa por um fator de comparação energética R, dado pela razão:

$$R = \frac{E_{gasolina}}{E_{água}}$$

$$R = \frac{3.319.698 \text{ kJ}}{31.723 \text{ kJ}}$$

$$R = 104,65$$

Isso significa que a gasolina libera aproximadamente **104,65 vezes** mais energia do que a água, evidenciando a diferença na eficiência energética dessas duas substâncias.

Fonte: própria

A partir dos cálculos, percebe-se que nenhum dos estudantes selecionados conseguiu alcançar o objetivo da questão, que era determinar se 1 L de água seria suficiente para mover um automóvel por 1000 km. Além disso, as respostas dos demais estudantes também não atingiram esse propósito, apontando lacunas nos conteúdos de físico-química. Essas dificuldades estão relacionadas a uma base matemática fragilizada no qual dificulta uma parte do processo de aprendizagem pela ausência de habilidades matemáticas. Outra questão a ser considerar é que os estudantes selecionados tiveram aulas das disciplinas básicas de modo remoto devido a cenário mundial pandêmico (Sá; Nascimento; Lima, 2020)

Vale destacar que, dentre as respostas, a do E22 foi a que se diferenciou por não responder diretamente ao que a questão pede. O estudante realizou corretamente a determinação da quantidade de hidrogênio presente em 1 L de água (110g) e estimou a energia necessária para obtê-lo por eletrólise (44 kWh). Somado a isso, calculou a energia liberada na combustão desse hidrogênio, considerando inicialmente uma eficiência de 100% (3,66 kWh), mas também levou em conta as perdas energéticas reais, chegando a uma energia útil de apenas 0,92 kWh disponível para o motor. Observa-se que o estudante não apresenta os cálculos envolvidos, limitando-se a fornecer informações e dados prontos, possivelmente obtidos de fontes da internet.

O E6 apresentou uma tentativa de realizar o cálculo da entalpia de formação da água e do hidrogênio. Ele utilizou a equação de formação da água ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$) relacionando

as entalpias padrão de formação. Porém, a abordagem utilizada não está clara nem bem resolvida visto que o discente usa uma equação e uma relação que não explicita de maneira adequada o processo completo de obtenção de energia. Além disso, a fórmula apresentada para 1 mL de água liberando 285,8 kJ de energia está incorreto, já que o valor dado de entalpia está relacionado a 1 mol, o que gera confusão nos cálculos.

O E9 apresenta a equação de eletrólise da água ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$) e calcula a quantidade de hidrogênio gerado a partir de 1 L. O estudante determina corretamente que 1 L de água contém aproximadamente 55,5 mol de H_2O . No entanto, ao afirmar que isso resulta em 111,12 mol de H_2 , comete um equívoco. Essa afirmação está incorreta porque, na decomposição da água, a relação estequiométrica entre H_2O e H_2 é de 1:1 — ou seja, a cada 1 mol de H_2O decompostos, forma-se 1 mol de H_2 . Portanto, 55,5 mol de H_2O gerariam cerca de 55,5 mol de H_2 , e não 111,12 mol. Depois, calcula a energia liberada pela combustão do hidrogênio (E total $\approx -37.769,3$ kJ). Ele conclui corretamente que a quantidade de energia gerada é muito inferior comparado à gasolina. No entanto, o estudante cometeu erros na estequiometria da eletrólise e na energia envolvida no processo, ignorando que a eletrólise é endotérmica e necessita de uma fonte externa de energia. Além disso, o cálculo da combustão do hidrogênio está incorreto, acarretando no resultado incorreto.

O E17 começa com uma explicação sobre a relação entre volume e quantidade de mols de hidrogênio, usando a noção dos gases ideais (1 mol de gás ocupa 22,4 L). O estudante continua comparando o poder calórico do hidrogênio (34400 Kcal/Kg) e da gasolina (7.748,7 Kcal/Kg para 1 L), calculando a quantidade de energia necessária para percorrer 1000 Km. Ele conclui que o hidrogênio tem um poder calorífico maior ao da gasolina, mas observa que a eficiência do hidrogênio precisaria ser muito grande para que 1 L de água fosse suficiente para percorrer 1000 Km.

Todavia, a análise sobre o rendimento e a comparação com a gasolina não levou em conta de forma adequada a eficiência real dos motores ou as perdas na conversão de energia. Portanto, a conclusão de que o hidrogênio é mais eficiente é correta em termos de poder calorífico, mas a viabilidade prática de usar 1 L de água para percorrer 1000 Km ainda se mostra inviável.

Por conseguinte, os estudantes selecionados concluíram corretamente que 1 L de água não seria suficiente para se percorrer 1000 Km, mas as explicações não foram suficientemente claras e precisas. O mesmo ocorre com os E7, E8, E10, E12, E13, E14, E16, E18, E19 e 21 na

resolução dessa questão. Além disso, E1 e E3 concluem corretamente que o hidrogênio é menos eficiente que a gasolina, porém eles não se utilizaram das estratégias matemáticas e das equações termoquímicas para chegar à conclusão.

Vale destacar que o estudante E2 foi o único no qual argumentou que era possível um automóvel percorrer 1000 Km com 1 L de água: *“Sim. Pois estaríamos analisando a eficiência do combustível usado, ou seja, a quantidade de energia liberada pelo combustível, se a energia liberada pela água for o suficiente, podemos ter uma resposta positiva”*.

No entanto, o E2 ignorou que existem desafios logísticos relacionados à produção de hidrogênio e à disponibilidade de água. Além disso, conforme apontado no estudo de Saulnier, Minnich e Sturgerss (2020), a água pode representar um fator limitante para a produção de gás em larga escala. Da mesma forma, Zikri et al., (2022) verificaram, em testes com motores de motocicletas, que a geração de gás por eletrólise da água ainda é insuficiente. Os pesquisadores concluíram que uma célula de combustível baseada exclusivamente em água não é viável por si só, exigindo a combinação com outras fontes de energia para garantir seu funcionamento adequado. Portanto, a afirmação do E2 torna-se incorreta porque, além de desconsiderar os cálculos termoquímicos, desconsidera-se a logística de produção desse gás.

Nesse contexto, percebe-se que os discentes apresentaram dificuldades na interpretação, na formulação e no raciocínio conceitual matemático exigido pela questão 7. Constata-se que nenhum discente conseguiu de fato responder à pergunta. É importante frisar também que os estudantes E3, E5, E11, E15, E20 e 22 não responderam, logo, não conseguiram compreender o objetivo da questão e desenvolver o raciocínio matemático.

Esses dados possibilitam identificar que a maior parte dos discentes possuem dificuldades nas operações básicas matemáticas, mesmo estando no sétimo período do curso de licenciatura em química e já terem cursado disciplinas como matemática básica, cálculo diferencial e integral, química geral e físico-química I. Essas lacunas podem ser evidenciadas pelas dificuldades que muitos estudantes possuem em articular conceitos matemáticos e químicos. Como destacado por Peixoto et al. (2020), essa relação exige a integração de conhecimentos de ambas as áreas, o que gera desafios na assimilação e no diálogo entre essas ciências.

Porém como já discutido no referencial teórico, de acordo com Martins e Martins (2005), as dificuldades em matemática elementar se manifestam desde o ensino básico até o

ensino superior. Logo, eles ressaltam que os desafios enfrentados por estudantes de graduação em química têm origem, em grande parte, na educação básica, o que tem impactado diretamente em seu desempenho acadêmico. Nesse sentido, essas lacunas na aprendizagem matemática estão refletidas na resolução das questões 6 e 7 analisadas.

Diante deste contexto, o uso de metodologias ativas é uma estratégia fundamental no processo de ensino e aprendizagem (Santos, 2015). Assim sendo, pode-se utilizar estratégias didáticas que contribuam na aprendizagem da físico-química no qual seja possível desenvolver habilidades e competências na compreensão dos conceitos de forma problematizadora. Desse modo, essas metodologias podem ser fundamentais no auxílio ao docente na sala de aula (Peixoto et al., 2020).

Outrossim, segundo Richelli, Denardi e Bisognin (2022), a resolução de problemas que envolvam a interdisciplinaridade entre matemática e físico-química pode ser uma ferramenta eficaz. Dessa forma, a abordagem de problemas contribui para a contextualização e conexão entre essas duas áreas do conhecimento. Assim, como destacado Batinga (2010) e Echeverria e Pozo (1998), o uso de RP pode estimular os discentes a buscarem novas estratégias, conhecimentos, técnicas e, ainda, a combinação desses elementos para encontrar a solução ideal para a questão apresentada.

5.2 REAÇÕES QUÍMICAS

O estudo das reações químicas é fundamental para a compreensão do universo. Desde as reações químicas mais simples, como as que ocorrem na atmosfera gasosa, às mais complexas como as em meio biológico. Para Lopes (1995), o estudo das reações químicas é primordial para o desenvolvimento do pensamento científico de forma mais ampla, como também para o entendimento da Química. Esses pressupostos dialogam com as DCNs (Brasil 2019) com o qual enfatiza que o docente em formação precisa dominar os princípios e leis fundamentais que regem a ciência Química.

No processo de separação e categorização, na categoria de reações químicas estão englobados alguns conceitos “estequiometria”, “quebra e formação de ligações químicas” e “decomposição de substâncias”.

A relação entre quebra e formação de ligações químicas foi utilizada predominantemente na Q2. O E2 destaca: “*Devido a energia potencial armazenada nas*

moléculas, com a realização da combustão as ligações intramoleculares presentes no combustível serão quebradas, ocorrendo uma grande liberação de energia". Os demais estudantes E1, E5, E6, E8, E19 também estabelecem relações similares.

O E2 apresenta uma explicação coerente em relação ao processo de combustão de uma substância. A quebra e a formação de ligações químicas é um fenômeno que envolve a variação de energia. Essa variação de energia é medida por meio da entalpia de ligação de uma substância (ΔH_{lig}).

A partir das entalpias médias de ligação, pode-se calcular as entalpias médias de reações (ΔH_r) químicas onde há a quebra e a formação de novas ligações. A partir desse processo, é possível determinar se uma reação é endotérmica ($\Delta H_r > 0$) ou exotérmica ($\Delta H_r < 0$). A variação de entalpia de uma reação, nesse contexto, pode ser estimada considerando duas etapas: primeiro, a quebra das ligações químicas dos reagentes, que é um processo endotérmico; depois, a formação das novas ligações, que é um processo exotérmico (Brown, 2016). Abaixo segue a equação da entalpia de reação para uma substância.

$$\Delta H_r = \Sigma[\text{Entalpias das ligações rompidas}] - \Sigma[\text{Entalpia das ligações formadas}]$$

Assim, a entalpia de reação pode ser calculada como a soma das entalpias das ligações quebradas menos a soma das entalpias das ligações formadas (Brown, 2016).

No entanto, nenhum dos estudantes que estabeleceram essas associações, não trouxeram a relação entre a quebra e a formação de ligações químicas com a variação de entalpia de reação. E que, a partir das energias de ligação, pode-se estimar, por exemplo, a quantidade de energia liberada por uma reação de combustão. A abordagem dos estudantes faltou aprofundamento conceitual químico.

Além disso, muitos estudantes falaram sobre as reações de decomposição. Na Q3, alguns estudantes respondem o que é o processo de eletrólise como um processo de decomposição de substâncias. O E8 afirma: "*Processo químico no qual uma corrente elétrica é usada para provocar uma reação química não espontânea, ocorrendo geralmente em células eletrolíticas. Foi descoberta em 1800. A eletrólise é um processo em que a passagem de eletricidade por uma substância, realiza a decomposição dessa substância em elementos mais simples, como íons*".

Os estudantes E2, E5, E14, E15, E16, E18, E19, E22 também estabeleceram relações semelhantes ao associarem as reações de decomposição à eletrólise. Uma reação de decomposição ocorre quando uma substância se quebra em duas ou mais substâncias mais simples (Brown, 2016). Um exemplo de uma reação de decomposição é a eletrólise da água ($\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow 2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$) onde, a partir da adição de uma corrente elétrica, a molécula de água é decomposta em gás hidrogênio e gás oxigênio, substâncias simples. Esse exemplo demonstra como uma substância composta inicial pode ser transformada em outra.

Para os conceitos relativos à estequiometria, engloba-se: escrita e balanceamento de reações químicas; cálculos, analisando exclusivamente o uso de operações como regra de três e mudanças de unidades de medida.

Nas respostas analisadas, observou-se que, na Q5, os estudantes utilizaram a regra de três para calcular a quantidade de combustível necessária para percorrer 1000 km. Enquanto na Q6, os estudantes E1, E2, E4, E5, E6, E7, E9, E10, E12, E14 e E17 escreveram as equações químicas correspondentes para determinar a variação da entalpia padrão de combustão do iso-octano. Por outro lado, na Q7, apenas os estudantes E6, E9, E13 e E14 registraram as reações químicas para o cálculo da variação de entalpia padrão de combustão do hidrogênio.

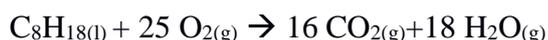
Na Q5, constatou-se que todos os estudantes conseguiram chegar ao resultado pedido pelo problema. Pediu-se que considerasse um veículo movido à gasolina que tivesse um consumo de 10 Km/L, qual seria o volume de combustível gasto ao se percorrer 1000 Km. Todos os discentes conseguiram chegar à resposta correta, 100 L de gasolina. Observou-se em todos o uso da estratégia de regra de três para resolver o problema.

Nas Q6 e Q7 também foi analisado a escrita das reações químicas e regras de três. Como discutido anteriormente, a escrita das reações químicas na hora da efetuação dos cálculos é fundamental. O E15 na Q6, como mostrado acima, chegou a um resultado incorreto do valor de entalpia padrão de combustão e de energia liberada visto que o discente esqueceu de escrever e balancear a equação, encontrando um resultado incorreto para a variação de entalpia.

Também, analisando-se as respostas, constatou-se que os E1 e E4 na Q6 se equivocaram no balanceamento da reação química. Observe no quadro 16 a resolução dos estudantes.

Quadro 16: Resposta dos E1 e E4 para a Q6

Resposta do E1



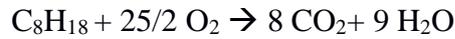
$\Delta H = -5471 \text{ kJ/mol}$	
<i>Porém eu não sei quanto de calor é necessário p/ mover em metros ou quilômetros</i>	
Resposta do E4	
$\text{C}_8\text{H}_{18(l)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$	
$\text{C}_8\text{H}_{18(l)} + 25 \text{O}_{2(g)} \rightarrow 16 \text{CO}_{2(g)} + 18 \text{H}_2\text{O}_{(g)}$	
Hr = a.HC8H18 + bHO ₂	
Hr = 1.(-224,01) + 25.0	
Hr = -224,01 Kj	
Hp = a. HCO ₂ + HH ₂ O	
Hp = 8.(-393,5) + 9(-285,8)	
Hp = -3148 + (-2572,2)	
Hp = -5720,2 kj	
$\Delta H = \text{Hp} - \text{Hr}$	
$\Delta H = -224,0 - (-5720,2)$	
$\Delta H = -5496,2$	

Fonte: própria

A partir das respostas, observa-se que ambos os estudantes se equivocaram no balanceamento da reação química, especificamente no coeficiente estequiométrico do iso-octano. Consta-se que ambos multiplicaram a equação por 2 para se retirar o índice fracionário do coeficiente estequiométrico do gás oxigênio, porém, esqueceram de também multiplicar o iso-octano. Nesse sentido, a equação ficou desbalanceada.

Vale destacar que o estudante E1 não indicou como obteve o valor da variação de entalpia de combustão, sendo provável que tenha se baseado em valores tabelados encontrados na internet, considerando que o uso de smartphones para pesquisa foi autorizado. Por outro lado, a resposta do E4 revela uma confusão no uso dos coeficientes estequiométricos na equação química. Ao calcular a entalpia dos produtos, o estudante utilizou coeficientes diferentes dos apresentados na equação química escrita, o que comprometeu a precisão do resultado final. Esse dado sinaliza a importância de uma maior atenção à aplicação correta dos coeficientes estequiométricos na realização de cálculos termoquímicos.

Em relação aos cálculos matemáticos nas Q6 e Q7, no quadro 17 foram selecionadas as respostas de dois estudantes, E10 na Q6 e E17 para a Q7 para analisar as estratégias utilizadas para resolver a questão.

Quadro 17: Resposta dos E10 para a Q6 e E17 para a Q7**Resposta E10 – Q6**

$$\Delta H_{\text{comb}} = \{ [8(-393,5,8) + 9(-285,8)] - (224,04) \}$$

$$\Delta H_{\text{combustão}} = [(-3148) + (-2572,2)] - (-224,01)$$

$$\Delta H_{\text{comb}} = (-5720,2) - (-224,2)$$

$$\Delta H_{\text{comb}} = -5496,19 \text{ kJ/mol reação exotérmica}$$

1000 Km \rightarrow ?

$$p = \frac{m}{v} \Rightarrow v = \frac{m}{p}$$

$$v_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = \frac{114 \text{ g/mol}}{0,69 \text{ g/ml}}$$

$$v_{\text{C}_8\text{H}_{18}} = 165,22 \text{ mol/mL}$$

$$165,22 \text{ mol} - 1 \text{ mL}$$

$$x - 0,001 \text{ mol}$$

$$x = 0,16522 \text{ mol}$$

$$0,16522 \text{ mol} - 1 \text{ L}$$

$$x - 100 \text{ L}$$

$$x = 16,522 \text{ mol}$$

$$-5496,19 \text{ kJ} - 1 \text{ mol}$$

$$x - 16,522 \text{ mol}$$

$$x = -90808,0512 \text{ kJ}$$

$$x = -9,1 \cdot 10^4 \text{ kJ}$$

Resposta do E17 – Q7

$$1 \text{ mol} - 22,4 \text{ L}$$

$$x - 1 \text{ L}$$

$$x = \frac{1}{22,4} = 0,044 \text{ mol}$$

teoricamente a eficiência do H₂ teria que ser muito elevada para conseguir percorrer 1000 Km com apenas 1L, no caso, o poder calórico do H₂ influencia na eficiência. Por exemplo, o PC do H₂ é de 34400 Kcal/Kg enquanto da gasolina é de 47 KJ/g = 11,23 Kcal/g com isso, d

$$= \frac{m}{v}$$

$$11,23 \text{ Kcal} - 1 \text{ L}$$

$$x - 1000 \text{ g}$$

$$11.230 \text{ Kcal/ Kg}$$

$$d_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{x}{1 \text{ L}}$$

1 = x, então 1g de água é igual a 1 mL, então 1L = 1 Kg; então a quantidade de energia em 1L é 34400 Kcal/Kg

Já a gasolina $d = \frac{m}{v}$

$$0,69 = \frac{x}{1}$$

$$x = 0,69 \text{ g/mL}$$

$$1\text{L} = 0,69 \text{ Kg}$$

$$1\text{Kg} - 11230 \text{ Kcal}$$

$$0,69 - x$$

$$x = 7.748,7 \text{ Kcal em 1 L de gasolina}$$

$$10 \text{ Km} - 7.748,7$$

$$1000 \text{ Km} - x$$

$$x = 774870 \text{ Kcal/1000 Km}$$

Já a água H_2

$$1\text{Km} - 34400$$

$$1000 \text{ Km} - x$$

$$x = 43.400.000 \text{ Kcal/1000 Km}$$

Em linhas gerais, o H_2 é mais eficiente, porém não é possível fazer 1000 Km com apenas 1 L de água

Fonte: própria

Na resolução do E10 existem alguns equívocos matemáticos extremamente graves. Primeiro, o estudante usa a equação da massa específica $p = \frac{m}{v}$ e acaba relacionando massa molar (MM), que é em g/mol, no lugar da massa (m), que deveria estar em gramas. Essa substituição ocasionou a uma relação incorreta entre a massa específica (p) e o volume (v), comprometendo o resultado final. Além disso, em decorrência desse erro inicial, comprometeu-se todo o restante do raciocínio, resultando em um valor incorreto para a variação de entalpia padrão e para a energia liberada. Também, percebeu-se que o estudante relacionou algumas unidades físicas indevidamente como na passagem do volume para o número de mol, no qual houve uma confusão entre mililitros (mL) em litros (L).

O estudante deveria, inicialmente, a partir da densidade ter calculado a massa do combustível. Em seguida, a partir da massa molar, encontrar o número de mol. Portanto, constata-se que o principal erro foi a confusão entre massa e massa molar, conceitos elementares vistos na educação básica.

Na resolução do E17 na Q7 é possível identificar alguns equívocos nos cálculos. Ao comparar o poder calorífico entre a gasolina e água, há uma mistura de unidades entre quilocaloria e quilograma (Kcal/Kg) e joules por grama (J/g). Ele converte o poder calorífico

do H_2 (34400 Kcal/Kg) e da gasolina (11,23 Kcal/g), mas não esclarece a conversão entre joules e calorias para garantir coerência nas unidades de medida. Além disso, o discente faz uma relação confusa na interpretação da densidade.

Vale destacar que o E17 parte do pressuposto que o gás hidrogênio deveria ser muito eficiente para percorrer 1000 Km com 1 L. Mas observa-se que o estudante não consegue fundamentar com base nos cálculos a sua ideia inicial. Portanto, o E17 demonstra compreensão dos conceitos fundamentais, mas apresenta problemas na clareza dos cálculos e na conversão de unidades de medida. Além disso, há equívocos na relação estequiométrica visto que a relação entre consumo e energia liberada deveria ser mais clara.

Portanto, constata-se novamente a partir dos dados analisados, que mesmo que os estudantes estejam no sétimo período do curso e já tenham cursado disciplinas básicas do currículo, apresentam dificuldades em conteúdos elementares da educação básica. Nessa situação, foi identificado erros em mudanças de unidade e relações estequiométricas básicas. Além disso, observou-se equívocos no processo de balanceamento de reações químicas por parte de alguns discentes.

Diante esses dados, fica os questionamentos: Como esses estudantes chegaram à universidade sem saber conceitos básicos? Como chegaram ao sétimo período do curso de licenciatura em química possuindo lacunas tão elementares? Como se deu esse processo formativo para que permitisse que esses estudantes prosseguissem no curso? A reprovação é necessária?

Para isso, Silva et al., (2014) entendem que a retenção pode causar efeitos danosos como prejuízos financeiros ao discente e à instituição de ensino por conta da permanência prologada e acelera a evasão. Ademais, a retenção é um indício em que existem lacunas na eficácia dos serviços prestados, ou seja, existem falhas no processo de ensino e aprendizagem dessas instituições.

Além disso, esse fator é resultado da implementação de políticas neoliberais nas instituições de ensino superior no Brasil a partir da década de 90. Em uma perspectiva neoliberal, as instituições de ensino básico e superior são avaliadas por sua produtividade com base em parâmetros empresariais do capitalismo e não com o objetivo de atender às demandas sociais (Maciel, 2008). Assim sendo, os docentes são obrigados a ministrar novos conteúdos

mesmo tendo identificado lacunas em conceitos básicos, haja vista, que é imperativo seguir as ementas de cursos.

5.2 MEIO AMBIENTE E FATORES ECONÔMICOS

As DCNs (Brasil, 2019) destacam que graduando em licenciatura em química deve acompanhar de forma crítica e reflexiva os progressos científicos, tecnológicos, ambientais, políticos e éticos referentes ao papel da Química na sociedade. Nesse contexto, a compreensão dos aspectos ambientais e político-econômicos se faz imprescindível para a formação docente.

Inicialmente, destaca-se a fala de alguns estudantes onde frisam tanto a inviabilidade econômica da produção do gás hidrogênio a partir da eletrólise como também as demandas energéticas no processo de produção desse gás. O E21 destaca: *“Para produzir hidrogênio por eletrólise da água demanda uma fonte de energia elétrica, que não é uma energia gratuita. Além dos resíduos gerados na produção de baterias que podem ser nocivos ao meio ambiente e um alto custo energético”*.

Essa afirmação do E21 dialoga com a do E6 na Q4 ao falar sobre a eletrólise a inviabilidade econômica visto que para que o processo aconteça, é necessária uma fonte de energia externa: *“A eletrólise da água necessitaria de energia elétrica para “forçar” a reação de eletrólise ocorrer. Para fins práticos, na fonte seria uma bateria no carro. No entanto, a energia necessária para esse processo é maior que o produto dessa reação geraria para impulsionar o carro, tornando inviável economicamente”*.

Também, o E13 afirma: *“Geralmente usa eletricidade fornecida por uma bateria ou outra fonte de energia elétrica para separar a água em hidrogênio e oxigênio. Não sei se algum problema na fonte, mas talvez algumas coisas que dificultem o processo, já que tem que haver uma eficiência energética, ou uma energia mais limpa. Além dos custos dependendo da tecnologia utilizada ou até mesmo o armazenamento e transporte de hidrogênio”*. A mesma associação também os E1, E4, E14, E18, E19 na Q4 e os E1, E2, E3 na Q7.

Essas reflexões encontram base na literatura que, de acordo com Kumar e Himabindu (2019), a eletrólise da água é um método de produção de hidrogênio de alta pureza. Porém, essa produção é limitada visto que há um alto consumo energético e baixa eficiência. Assim, os estudantes demonstram compreender que, mesmo que a eletrólise da água seja uma alternativa

sustentável, sua viabilidade prática depende de processos tecnológicos, como o desenvolvimento de eletrocatalisadores mais eficientes e acessíveis, por exemplo.

Além disso, na Q4 alguns estudantes destacam sobre os problemas ambientais relacionados à eletrólise da água no carro como fonte de energia. O E2 pontua: “*A energia que promove a eletrólise da água no carro está presente na bateria presente no veículo. O problema estaria relacionado ao descarte indevido das baterias, visto que, os componentes que o compõem são altamente nocivos para o meio ambiente e para os organismos ali presentes*”. Os estudantes E3, E5, E9, E10, E15, E17, E21 também estabeleceram a mesma associação sobre problemas ambientais.

Essas afirmações encontram respaldo na literatura. De acordo com Abdelkareem et al., (2023), existem impactos ambientais associados à produção de baterias. Dentre esses impactos podem ser destacados a emissão de gases de efeito estufa na fase de fabricação como também os riscos à saúde humana devido à poluição da água por metais. Além disso, outro estudo realizado por Shu et al., (2021) mostram que a produção e aplicação em larga escala de baterias para veículos gera impactos significativos à saúde humana e ao ciclo ecológico.

Portanto, a preocupação elencada pelos estudantes sobre os impactos ambientais das baterias está alinhada à literatura científica, e possivelmente ao senso comum, visto que tais informações são noticiadas pelos recursos midiáticos. Esse posicionamento dos estudantes também provavelmente está baseado nas discussões realizadas em sala sobre os conceitos de eletroquímica e eletrólise aliadas à experiência da visita técnica à fábrica de baterias Moura. Esse tipo de abordagem é fundamental! Conforme apontado por Silva et al. (2016), a discussão sobre eletroquímica no Ensino Médio torna-se mais significativa quando associada a temas transversais, como o descarte adequado de pilhas e baterias no meio ambiente. Além disso, essa prática não deve se restringir apenas ao nível médio, mas também ser ampliada no ensino superior, promovendo uma formação mais crítica e contextualizada sobre os impactos ambientais e tecnológicos envolvidos.

Nesse contexto, o estudo do meio ambiente e sua relação com a política e a economia é fundamental para o futuro professor compreender as dinâmicas naturais e humanas. Pode-se obter, a partir desses dados, que os estudantes relacionaram meio ambiente à poluição e, também, os fatores econômicos.

Drum et al., (2014) destacam os efeitos da poluição atmosférica derivada da queima de combustíveis gerando fenômenos danosos ao meio ambiente como a chuva ácida, aceleração do efeito estufa e efeito smog. Além disso, ocasionando doenças respiratórias e alergias em seres humanos.

Esse problema da degradação ambiental, no contexto brasileiro, abrange diversos fatores, como a poluição atmosférica, a mineração, o desmatamento, o uso de agrotóxicos e fertilizantes no solo, além da poluição da água, entre outros (Tundisi, 2016). Essa complexa problemática da poluição ambiental gera impactos econômicos significativos (Tundisi et al., 2015). Por exemplo, para a produção de cerca de 1000 m³ de água oriunda de fontes degradadas custa-se em torno de R\$ 200 a R\$ 300 reais. Enquanto para a produção de água oriunda de fontes não contaminadas é possível chegar em torno dos R\$ 10 reais (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2010).

Ademais, Tundisi (2016) acrescenta os custos consequentes das internações por doenças, horas perdidas de trabalho, na escola, intoxicações. Outrossim, o autor destaca a ameaça, por exemplo, a recreação, ao sistema de abastecimento e ao turismo brasileiro por consequência da eutrofização derivada do impacto do nitrogênio e fósforo na água dos esgotos não tratados no Brasil.

Nesse contexto, é perceptível a relação entre meio ambiente e os efeitos adversos da poluição no contexto político e econômico do país. Logo, Alves (2022) afirma que existe uma relação imprescindível entre o profissional químico e o meio ambiente. A autora destaca a importância da Gestão Ambiental no processo formativo desse profissional para que possa olhar os fenômenos de forma mais crítica e profunda.

Por conseguinte, é fundamental para o docente em formação conhecer e saber analisar de forma crítica e reflexiva como se dá o tratamento do meio ambiente e quais são as consequências derivadas da má gestão e da degradação ambiental no sistema político-econômico e social.

De acordo com Echeverria e Pozo (1998), o uso de resolução de problemas estimula os estudantes a questionarem sua realidade e a buscar respostas às indagações novas. Busca-se a partir dessa metodologia, portanto, capacitar esses discentes a alcançarem o hábito de propor problemas e resolvê-los como forma de aprendizagem.

Nesse contexto, as metodologias ativas podem ser ferramentas essenciais para se abordar questões ambientais, uma vez que a crise ambiental exige uma reflexão crítica sobre as práticas educativas e sua capacidade de formar indivíduos, que estejam comprometidos com o meio ambiente (Lisbôa et al., 2018). No caso deste estudo, a partir da situação problema buscou-se capacitar futuros professores a refletirem de forma crítica sobre as questões ambientais e compreendendo relação com o contexto social, econômico e político de modo a desenvolver uma educação mais contextualizada.

5.3 FAKE NEWS

Em relação às respostas à Q8, obteve-se os seguintes dados: oito estudantes não responderam ao problema; todos os demais que responderam, justificaram que o conteúdo da reportagem era falso; na justificativa, nenhum estudante utilizou das estratégias matemáticas para comprovar que de fato as informações eram falsas; nem todos destacaram a importância da química no combate às fake news.

A Q8 indagava qual a conclusão dos estudantes, depois de toda a construção conceitual e matemática realizada nas perguntas anteriores, sobre a veracidade das informações acerca do carro movido à água. Além disso, a Q8 pergunta qual o papel da química no combate às fake news. Nesse contexto, o problema tinha o objetivo de que os estudantes utilizassem das estratégias matemáticas e conceituais construídas por meio das respostas anteriores.

Contudo, observou-se que nenhum discente utilizou ferramentas matemáticas e equações da termodinâmica para justificar e embasar suas afirmações. Nesse sentido, infere-se que os estudantes possivelmente não conseguiram organizar e estabelecer um raciocínio de forma sistematizada dialogando com a matemática.

Portanto, as respostas dos discentes apresentaram apenas aspectos teórico, muitos se basearam em alguns conceitos discutidos, como a eficiência energética da água e do hidrogênio. Por exemplo, o E7 destaca: *“A água não gera energia e não é possível ser queimada. Apenas o hidrogênio atua como combustível, mas para ele ser extraído e fazer o motor funcionar seria necessária uma eletricidade maior do que a energia que o gás resultante é capaz de gerar no motor, fazendo-se uso dos kits mencionados no vídeo. O carro movido a água é, portanto, uma fake News [...]”*. Os estudantes E1, E3, E6, E8, E9, E10, E13, E14, E16, E19, 21 também estabeleceram as mesmas relações sobre a eficiência energética dos combustíveis.

Vale destacar que, o E17 usa o conceito da primeira lei da termodinâmica para justificar sua resposta, como pontua: *“Que é algo bem incerto, já que demanda de questões como por exemplo a ideia do escapamento sair somente água, quebrando a 1º Lei da Termodinâmica, onde não há uma máquina movimento perpétuo. Fake news já que é mais “fácil” um carro movido a somente H₂ que a H₂O [...]”*.

Por definição, a Primeira Lei da Termodinâmica mostra que “a energia de um sistema isolado permanece constante”. Ao passo que se realiza trabalho no sistema ou através do sistema, não é possível que ele permaneça nas mesmas condições iniciais, pronto para efetuar o mesmo trabalho. Isso significa que não é possível realizar trabalho sem uma fonte de energia ou um combustível (Atkins; Paula, 2008). Portanto, o E17 utiliza corretamente o conceito da Primeira Lei da Termodinâmica, mas sua explicação poderia ter sido mais precisa sobre o uso do hidrogênio como combustível e a necessidade de energia para sua obtenção a partir da eletrólise da água.

Ademais, os estudantes na Q8 frisaram a importância da química no combate às informações falsas. O E9 pontua: *“[...] A Química desempenha um papel importante na luta contra fake news, pois fornecesse dados, medidas entre outros meios que auxiliam no controle as informações imparciais e falsas”*. O discente em sua resposta considera o fato da química ser uma ciência exata, ao utilizar de medidas e dados, capaz de combater fake news.

As “Fake News” são informações falsas divulgadas a partir de mensagens, áudios, vídeos e imagens manipulados com o objetivo de chamar a atenção do público. O seu principal propósito é desinformar para se obter algum tipo de benefício em relação à propaganda da informação (Júnior et al., 2020). De maneira geral, essas notícias buscam o interesse da população, chegando até a persuadir o cidadão, que muitas vezes são seduzidos por essas informações distorcidas. De modo geral, a disseminação de fake news tem o objetivo de gerar lucro como também atender agendas dentro da sociedade capitalista (Santos; Sá, 2021).

Nesse contexto, a Química como uma ciência central e fundamental para o desenvolvimento da sociedade tem o papel de combater essas informações falsas. De acordo com Santos e Sá (2021), no ensino de química é possível abordar temas relacionados ao conhecimento científico e o fazer ciência. Pode-se discutir o papel da ciência na sociedade refletindo sobre a sua manipulação para servir a determinados interesses. Além disso, o combate às fake news deve ser uma preocupação da escola e dos professores, promovendo discussões sobre o conteúdo e o papel das ciências na sociedade.

Ademais, o E13 destaca: “[...] *O ensino de química e fundamental contra fake news. É a partir dele que como essa, com base em dados comprovados teoricamente ou experimentalmente. A química é uma ciência que corrobora para a aprendizagem significativa e para a comunidade científica. Com a própria divulgação, podemos combater as fakes news*”. O discente em sua resposta considera a química como uma ciência experimental exata e, além disso, ele traz o conceito de divulgação científica no combate às fake news.

A divulgação científica tem como objetivo levar a ciência ao público leigo por meio de publicações que permita a acessibilidade do conhecimento científico. Esse processo valoriza o saber compartilhado e não apenas o comunicado. Desse modo, a divulgação científica é uma ferramenta educacional essencial no processo de ensino e aprendizagem, tornando fundamental sua aproximação com o ambiente escolar. Isso possibilita a ampliação do conhecimento, desperta a curiosidade e incentiva novos talentos na ciência e tecnologia. Para tornar esse conhecimento acessível e imprescindível que o professor promova estratégias eficazes, práticas e interativas, repensando e inovando suas metodologias para, assim, estimular a criatividade e a interação dos estudantes (Gomes; Verdum, 2023).

No contexto das Fake News, a divulgação científica tem um papel primordial no combate à desinformação. De acordo com Dantas e Deccache-Maia (2020), o fortalecimento do diálogo entre a ciência e a sociedade é uma forma de reduzir a vulnerabilidade da população e combater as Fake News. A divulgação científica possibilita, portanto, ampliar o acesso ao conhecimento, estimular o senso crítico e promover a alfabetização científica.

No entanto, vale destacar que, os E2, E4, E5, E11, E12, E15, E20 e E22 não responderam a Q8. Ademais, o E14 não responde diretamente e de forma clara o porquê do carro movido a água ser uma informação falsa e o E18 apenas responde sobre papel da química nesse contexto. Também, os E1, E3 E6, E10, E16, E19 e E21 não responderam à terceira pergunta da Q8 no qual questionava o papel da química no combate às informações falsas. Portanto, isso sugere que os estudantes possivelmente tiveram dificuldades em argumentar como a ciência pode ser aplicada na identificação das informações falsas e no fortalecimento do pensamento crítico.

Por conseguinte, os dados indicam que a maioria dos estudantes chegou à conclusão de que as informações do vídeo são falsas, mesmo não recorrer utilizando estratégias matemáticas e argumentos científicos aprofundados na Q8. Pode-se destacar a fala do E6 no qual conclui que a afirmação do vídeo não é verdadeira: “[...] *isso porque o carro movido a água necessitaria*

de uma quantidade muito grande de água e de energia para gerar impulsão ao veículo. Aliás, a energia utilizada na eletrólise da água é maior que a energia gerada o proveito todo pelo veículo. Além disso, dados termoquímicos evidenciam a ineficiência energética desse combustível de cálculos nas questões 6º) e 7º)”.

Nesse contexto, como destacado por Souza, Vilaça e Teixeira (2020), é recomendável usar métodos de ensino que estimulem os estudantes a buscar de forma ativa o conhecimento e a resolver problemas, permitindo que se reconheçam como protagonistas e coautores de sua própria aprendizagem. Assim, a utilização da estratégia de Resolução de Problemas (RP) se mostrou significativa no processo de construção conceitual da disciplina de Físico-Química II, promovendo uma aprendizagem mais crítica e reflexiva.

CONCLUSÃO

A utilização da metodologia ativa de resolução de problemas possibilitou compreender como se dá o processo de construção do conhecimento dos conceitos de físico-química nos discentes do sétimo período do curso de licenciatura em química. A situação problema abordava temáticas estudadas no ciclo básico do curso e principalmente nas disciplinas de físico-química I e II.

A partir dos resultados e discussão constata-se que muitos estudantes possuem dificuldades em conceitos básicos de matemática, abordados no ensino fundamental e médio. Esse dado possibilita inferir que existem lacunas em matemática que não foram superadas e ainda permanecem na educação superior. Portanto, apesar de estarem no sétimo período do curso de licenciatura em química, eles apresentaram dificuldades em conceitos e operações matemáticas como regra de três e mudanças de unidade física. Além disso, observou-se que muitos estudantes apresentaram equívocos no balanceamento de equações químicas e no uso dos coeficientes estequiométricos para calcular a entalpia de combustão da reação.

Portanto, esse trabalho possibilita os seguintes questionamentos: como esses estudantes chegaram à universidade sem saber conceitos básicos? Como chegaram ao sétimo período do curso de licenciatura em química possuindo lacunas tão elementares? Como se deu esse processo formativo para que permitisse que esses estudantes prosseguissem no curso? Essas indagações possibilitam inferir que essa situação é provocada por políticas neoliberais de educação e por políticas de não retenção presente no sistema educacional superior do Brasil.

Ademais, constatou-se que a maioria dos estudantes conseguiram responder à pergunta central da situação problema que questionava se a informação do vídeo era verdadeira ou falsa e, também, o papel da química no combate à desinformação. No entanto, os discentes não se utilizaram de recursos matemáticos e científicos para justificar sua argumentação. Nesse sentido, possivelmente os discentes tiveram dificuldades em interpretar e relacionar os conceitos científicos na resolução.

Por conseguinte, o uso das metodologias ativas mostrou-se eficaz no diagnóstico de lacunas referentes a conhecimentos químicos básicos dos discentes da disciplina. A partir do uso da RP, os estudantes tiveram a oportunidade de pesquisar e construir os conceitos relativos à físico-química. Somado a isso, a SP possibilitou o uso de diferentes estratégias e a reflexão sobre as fakes news e o ensino de química. Assim, pode-se concluir que o uso da SP contribuiu significativamente na formação crítica dos licenciandos em química.

REFERÊNCIAS

- ABDELKAREEM, M. A.; AYOUB, M.; KHURI, S.; ALAMI, A. H.; SAYED, E. T.; DEEPA, T D.; OLABI, A. G. Environmental aspects of batteries. **Sustainable Horizons**, v. 8, 2023. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772737823000287> Acesso em 18 de Fev. 2025.
- ALVES, A. M. B.; OLIVEIRA, A. B.; LEITÃO, M. R. S. Percepção dos alunos a respeito da disciplina de Físico-Química 2. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 45803-45815, jul. 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13062/10981> Acesso em 26 de fev. 2024.
- ANDRADE, J. P.; SARTORI, J. **O professor autor e experiências significativas na educação do século XXI: estratégias ativas baseadas na metodologia de contextualização da aprendizagem**. In: BACICH, L; MORAN, J. (Orgs). Metodologias ativas para uma educação inovadora. Porto Alegre: Editora Penso, 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7722229/mod_resource/content/1/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf. Acesso em 11 de fev. 2024.
- ALVES, S. A. O químico e o meio ambiente: aspectos históricos e as contribuições do ensino de gestão ambiental. **Revista Química Nova na Escola**, v. 45, n. 3, p. 335-344, 2022. Disponível em: <https://quimicanova.s bq.org.br/pdf/ED2021-0210> Acesso em 05 de fev. 2025
- ASIMOV, Isaac. **A Short History Chemistry**. Published by Anchor Books Doubleday & Company, Inc. Garden City, New York, 1965.
- ATKINS, P. JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. – 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- ATKINS, P.; PAULA, J. **Físico-Química**. – 7. ed, v.1. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- BARROS, L. C. **Química Inorgânica uma Introdução**. Belo Horizonte: Editora UFMG; Ouro Preto: UFOP, 1992.
- BARROWS, Howard S.; TAMBLYN, B.. **Problem-based learning: An approach to medical education**. Springer Publishing Company, 1980.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 1.ed. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BASTOS, A. C. L. M.; RODRIGUES, E. M. S.; SOUZA, J. P. I. **Físico-Química**. Belém: UFPA, 2011. Disponível em: https://livroaberto.ufpa.br/jspui/bitstream/prefix/145/1/Livro_FisicoQuimica.pdf Acesso em 24 de fev. 2024.

BATINGA, V. T. S. **A abordagem de resolução de problemas por professores de química do ensino médio**: um estudo de caso sobre o conteúdo de estequiometria. Recife – PE, Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Pernambuco), 2010. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/3695/1/arquivo183_1.pdf. Acesso em 12 de fev. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica**, 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2019-pdf/135951-rcp002-19/file>

BROWN, T. **Química**: a ciência central. 13 ed. Pearson Education do Brazil.

CHASSOT, A. I. **Para que(m) é útil o nosso ensino de química**. Porto Alegre – RS, Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação da UFRGS), 1994. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/252647/000095040.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 11 de fev. 2024.

CASTELLAN, G. **Fundamentos de Físico-Química**. 1 ed. Editora LTC.

DANTAS, L. F. S.; DECCACHE-MAIA, E. Divulgação Científica no combate às Fake News em tempos de Covid-19. **Research, Society and Development**, v. 9, n.7, p. 1-18, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4776/4217> Acesso em 19 de Fev. 2025.

DRUM, F. C.; GERHARDT, A. E.; FERNANDES, G. D.; CHAGAS, P.; SUCOLOTTI, M. S.; KEMERICH, P. D. C. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, UFMS, v. 18, n. 1, p. 66-78, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/10537/pdf> Acesso em 05 de fev. 2025.

ECHEVERRÍA, M. P. P.; POZO, J. I. **Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender**. A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: ArtMed, p. 13-42, 1998.

FILATRO, A; CAVALCANTI, C.C. **Metodologias Inovativas na educação presencial, a distância e corporativa**. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

GOMES, C. T.; VERDUM, R. Importância da Divulgação Científica para a Educação e para o Ensino de Geografia: um Instrumento à disposição de professores para estimular o pensamento crítico sobre Ciência. **Revista Territorium Terram**, v. 06, n. 09, p. 310-334, 2023. Disponível em: http://www.seer.ufsj.edu.br/territorium_terr/am/article/view/5281/3171 Acesso em 19 de Fev. 2025.

GILL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. – 1. Ed. São Paulo – SP: Editora Atlas S.A, 1986.

JÚNIOR, J. H. S.; RAASH, M. SOARES, J.C. RIBEIRO, L.V.H.A.S. Da Desinformação ao Caos: uma análise das Fake News frente à pandemia do Coronavírus (COVID-19) no Brasil. **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 2, Edição Especial, p. 331-346, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/35978> Acesso em: 18 Fev. 2025

KUMAR, S. S.; HIMABINDU, V. **Hydrogen production by PEM water electrolysis – A review**. Chinese Roots Global Impacts – KeAi, v. 2, p. 442-454, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589299119300035> Acesso em 16 de fev. 2025.

MACIEL, M. H. R. **Hegemonia, ajuste neoliberal e ensino superior no Brasil**. João Pessoa – PB, Tese, (Programa de Pós-Graduação em Educação do Centro de Educação da Universidade Federal da Paraíba - UFPB), 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/8517/2/arquivototal.pdf> Acesso em 25 de Fev. 2025.

MARTINS, A.; MARTINS, D. R. O livro branco da Física e da Química – opiniões dos estudantes 2003. **Gazeta de Física**, Sociedade Brasileira de Física, v. 28, p. 12-17, 2005. Disponível em: <https://www.spf.pt/magazines/GFIS/81/pdf> Acesso em 26 de fev. 2024.

MENGA, L.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. – São Paulo – SP: EPU, 1986.

MORAN, J. **Metodologias ativas uma aprendizagem mais profunda**. In: BACICH, L; MORAN, J. (Orgs). Metodologias ativas para uma educação inovadora. Porto Alegre: Editora Penso, 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7722229/mod_resource/content/1/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf Acesso em 10 de fev. 2024.

NASCIMENTO, R. F.; RIBEIRO, J. P.; NETO, E. F. A.; OLIVEIRA, A. G.; ROMERO, F. B. **Processos Eletrolíticos: Fundamentos e aplicações em matrizes ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/58652/1/2021_liv_rfnascimento.pdf Acesso em 28 de Abr. 2025.

OLIVEIRA, F. L; NÓBREGA, L.; CAVALCANTE, M. A. S. O uso das metodologias ativas de aprendizagem na formação do professor: das universidades para a prática nas escolas. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, nº 8, 7 de março de 2023. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/23/8/o-uso-das-metodologias-ativas-de-aprendizagem-na-formacao-do-professor-das-universidades-para-a-pratica-nas-escolas> Acesso em: 24 de fev. 2024.

PEIXOTO, S. C.; SOARES, G. O.; VARGAS, A. F.; COSTA, D. K. Uma proposta de estudo da Físico-Química no Ensino Superior a partir de um recurso didático. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/6591/5257/28886> Acesso em 27 de fev. 2024.

PEREIRA, F. A. **Invertendo a educação: uma reflexão sobre a metodologia sala de aula invertida**. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Orgs). Metodologias ativas para uma educação inovadora. Porto Alegre: Editora Penso, 2018. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7722229/mod_resource/content/1/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf Acesso em 10 de fev. 2024.

RICHELLI, J.; DENARDI, V. B.; BISOGNIN, V. Estudo da integral definida por meio de problemas interdisciplinares do Cálculo com a Físico-Química. **Revista THEMA**, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, v. 21, n. 1, p. 274-288, 2022.

Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/2359/2036> Acesso em 27 de fev. 2024.

ROBAIMA, J. V. L.; FENNER, R. S.; MARTINS, L. A. M.; BARBOSA, R. A.; SOARES, J. R. **Fundamentos Teóricos e Metodológicos da Pesquisa em Educação em Ciências**. – 1. Ed. Curitiba – PR: Bagai, 2021. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1UIt4YFJIO-zkuB5Qa9cFNLxiCornCPtc/view> Acesso em 01 de fev. 2025.

SÁ, E. R. A.; NASCIMENTO, L. A.; LIMA, F. C. A. Termodinâmica: Uma Proposta de Ensino a partir da Química Computacional. *Revista Virtual de Química*, v. 12, n. 3, p. 795-808, 2020. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v12n3a20.pdf> Acesso em 03 de fev. 2025.

SANTOS, Carlos Alberto Moreira dos. **O uso de metodologias ativas de aprendizagem a partir de uma perspectiva interdisciplinar**. In: Congresso Nacional de Educação – EDUCERE. 2015. p. 27203-27212. Disponível em:

<https://www.aprendizagemconectada.mt.gov.br/documents/14069491/14102218/Semana+9.+O+USO+DE+METODOLOGIAS+ATIVAS+DE+APRENDIZAGEM+A+PARTIR+DE+UM+A+PERSPECTIVA+INTERDISCIPLINAR.pdf/da9abad3-b04b-1be5-3fb8-9170c76c23e3?t=1592314804725>. Acesso em 11 de fev. 2024.

SANTOS, L. M. P.; SÁ, L. V. Da desinformação à informação: fake news no ensino de química. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 3, p. 1524-1530, 2021. Disponível em:

<https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5767> Acesso em 18 de Fev. 2025.

SANTOS, W. L. P.; SCHENETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. – 4. ed. Ijuí – RS: Editora Unijuí, 2015.

SAULNIER, R.; MINNICH, K.; STURGESS, P. **Water For The Hydrogen Economy**. Water Smart Solution. Nov. 2020. Disponível em: <https://watersmartsolutions.ca/wp-content/uploads/2020/12/Water-for-the-Hydrogen-Economy-WaterSMART-Whitepaper-November-2020.pdf> Acesso em 15 de fev. 2025.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. **A Pesquisa Científica**. (In): Gerhardt, T. E.; Silveira, D. T. (Org). Métodos de Pesquisa. – 1. Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS: Editora SEADE, 2009.

SILVA, I. D.; SANADA, E. R. **Procedimentos Metodológicos nas Salas de Aula do curso de Pedagogia: experiências de ensino híbrido**. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Orgs).

Metodologias ativas para uma educação inovadora. Porto Alegre: Editora Penso, 2018.

Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7722229/mod_resource/content/1/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf Acesso em 10 de fev. 2024.

SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; ALMEIDA, M. G. O.; AQUINO, K. A. S. Conexões entre Cinética Química e Eletroquímica: A Experimentação na Perspectiva de Uma Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**, São Paulo – SP. vol. 38, n 3, p. 237-243, 2016. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_3/08-RSA-106-14.pdf Acesso em 17 de fev. 2025.

SILVA, A. S.; LIMEIRA, R. G. F. V.; BARBOSA, K. A. M. Modelo para cálculo de retenção e evasão na educação superior: caso da Engenharia Civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, p.42, 2014, Juiz de Fora – MG. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265905553_Modelo_para_calculo_de_retencao_e_evasao_na_educacao_superior_caso_da_Engenharia_Civil Acesso em: 25 de Fev. 2025.

SILVA, A. J.; LOPES, A. P.; RUBEM, C. M.. Dificuldades no ensino-aprendizagem de Química no 2º ano do Ensino Médio de uma escola estadual do município de Tabatinga Amazonas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA**. Anais. 2017. Disponível em <https://www.abq.org.br/simpequi/2014/trabalhos/90/4259-17292.html> Acesso em 07 de fev. 2025

SOUZA, A. L. A.; VILAÇA, A. L. A.; TEIXEIRA, H. J. B. **Os benefícios da metodologia ativa de aprendizagem na educação**. In: Martins, G. (Org). Metodologias ativas métodos e práticas para o século XXI. – 1.ed. Quirinópolis – GO: Editora IGM, 2020. Disponível em: <https://editoraigm.com.br/wp-content/uploads/2020/03/Metodologias-Ativas-m%C3%A9todos-e-pr%C3%A1ticas.pdf>. Acesso em 10 de fev. 2024.

SHU, X.; GUO, Y.; YANG, W.; WEI, K.; ZHU, G. Life-cycle assessment of the environmental impact of the batteries used in pure electric passenger cars. **Energy Reports**, v. 7, p. 2302 – 2315, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721002547> Acesso 17 de Fev. 2025.

SUTIANI, A.; SILALAH, A.; SITUMORANG, M. The Development of Innovative Learning Material with Problem Based Approach to Improve Students Competence in the Teaching of Physical Chemistry. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, v. 104, 2017. Disponível em: <https://www.atlantispress.com/article/25887389.pdf> Acesso em 27 de fev. 2024.

TILLMAN, Carlos Antonio da Costa. **Motores de combustão interna e seus sistemas**. Pelotas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (2013). Disponível em: https://conaege.com.br/wp-content/uploads/2018/05/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas-2013.pdf Acesso em 09 de fev. 2024

TUNDISI, J. G. Custos econômicos da poluição e degradação ambiental no Brasil. **Jornal da USP**, 2016. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/custos-economicos-da-poluicao-e-degradacao-ambiental-no-brasil/> Acesso em 05 de fev. 2025.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotrop**, v.10, n.4, pp 67-76, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/9NFHqXk7LTh7gjJVgcPF34r/?format=pdf&lang=pt> Acesso em 05 de fev. 2025.

TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., CIMINELLI, V.S., BARBOSA, F.A.R. **Water availability, water quality water governance**. In: Cudennec, C. et al. (Org). Hydrological Sciences and Water Security: Past, Present and Future, v. 366, p. 75-79, 2015. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/276107928_Water_availability_water_quality_water_governance_the_future_ahead Acesso em 05 de fev. 2025.

ZIKRI, Z.; DERISMAN, A.; MUSLIM, M.; PURWANTO, W. Study on the production of hydrogen gas from water electrolysis on motorcycle engine. **Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology**, v. 13, n. 1, p. 88-94, Julho 2022. Disponível em: <https://mev.brin.go.id/mev/article/download/511/pdf> Acesso em 15 de fev. 2025.