

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL
EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

DIONI DE MELLO MACHADO

PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA
TERMOQUÍMICA NO CONTEXTO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ RIBEIRO GREGÓRIO

PORTO ALEGRE

2021

DIONI DE MELLO MACHADO

PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA
TERMOQUÍMICA NO CONTEXTO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química. Orientador: Prof. Dr. José Ribeiro Gregório.

PORTO ALEGRE

2021

DIONI DE MELLO MACHADO

PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA
TERMOQUÍMICA NO CONTEXTO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.

Dissertação apresentada à banca Examinadora do Programa Nacional de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI, do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Química.

Aprovada em: 30/07/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dr.^a Elisa Barbosa Coutinho - PROFQUI/UFRGS

Prof. Dr. Maurícus Selvero Pazinato - PROFQUI/UFRGS

Prof.^a. Dr.^a Lisandra Catalan do Amaral - PUCRS

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, seu Guido e a dona Marlene, por terem me escolhido para ser filho de vocês. Amo vocês infinitamente e farei sempre tudo para ver vocês felizes e com muito orgulho de mim.

Ao meu noivo e futuro marido, Julio César, obrigado por todo o apoio e por me acompanhar em todos os momentos dessa longa e desafiadora jornada que foi o mestrado. Não foi fácil, mas eu vou chegar. Esteve sempre ao meu lado, me incentivando e me dando força para nunca desistir. Te amo e dedico essa conquista a ti!

Quero agradecer aqueles que nunca desistiram de mim, pessoas especiais que fazem parte desse grande palco que é a vida. Para as minhas queridas professoras e queridos professores, a minha eterna admiração e gratidão. Essa conquista também é para vocês.

Aos familiares e amigos que são um ombro amigo, minha gratidão e o meu muito obrigado por fazerem parte da minha vida. Gratidão é a palavra!

Quero agradecer aos colegas e queridos amigos do PROFQUI/UFRGS por todas as vivências e experiências nessa caminhada. Vamos seguir com força, lutando e acreditando em dias melhores para a Educação.

Muito obrigado ao Programa do PROFQUI, a UFRGS e o Instituto de Química por abrir as portas e nos oportunizar essa formação. Aos professores do PROFQUI um muito obrigado por compartilhar o conhecimento de vocês. Em especial, a Prof.^a Tania Salgado. Que honra ter sido seu aluno! Prof. Maurício, a minha admiração e o meu muito obrigado por compartilhar a visão que tu tens da Educação e do Ensino de Química.

E claro, um agradecimento mais que especial ao meu Professor, coordenador do curso e orientador da dissertação, José Gregório. Muito obrigado de coração, Professor. Obrigado por compartilhar comigo o teu grande conhecimento da Físico-Química e as tuas vivências e experiências da área da Educação. Serei imensamente grato pela orientação, por ter tido paciência comigo e por ter me ajudado a cruzar a linha de chegada.

E por fim, existem aquelas pessoas que hoje não estão mais aqui, mas estarão sempre em meu coração e na minha memória.

*Educação não transforma o mundo. Educação muda
as pessoas. Pessoas transformam o mundo.*

(Paulo Freire)

RESUMO

Este trabalho apresenta a proposta de uma Sequência Didática (SD) para o ensino da Termoquímica como produto educacional para o Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFRGS). A linha de pesquisa do programa em que esta dissertação se encaixa é Química Ambiental e Energia. A sequência didática é direcionada para os estudantes da 2ª série do Ensino Médio. A escolha do tema e a construção do produto surgiram a partir de algumas observações feitas na minha prática docente. Muitos estudantes não conseguiam relacionar o estudo da Termoquímica com situações aplicadas no cotidiano e apresentavam uma linguagem incorreta dos conceitos científicos básicos. Além de não conseguir relacionar a Termoquímica como sendo um ramo da Termodinâmica. A pesquisa aborda o estudo da Termoquímica com foco na teoria da Aprendizagem Significativa fundamentada em David Ausubel e Marco Antonio Moreira. Através dessa SD pretendemos promover um ensino de Termoquímica com contextualização e que levará em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes. Ela está estruturada e apresenta seis aulas para o seu desenvolvimento. Propomos um material com diferentes metodologias de ensino, como aulas expositivas, aulas experimentais, sala invertida, apresentação oral, mapa conceitual e vídeo, enfim, diversas atividades que fazem o uso de organizadores prévios e subsunçores para promover a reconstrução daquele conhecimento que o estudante já carrega consigo. Um contraponto ao simples ensino da memorização mecânica. Para a elaboração do produto educacional, foram pesquisados diversos trabalhos na literatura para escolher os objetivos de avaliação e as estratégias de ensino que tivessem algum diferencial do que já foi realizado. Consideramos ser possível o desenvolvimento de novos saberes valorizando o conhecimento prévio dos estudantes. As atividades apresentam-se com ações diversificadas e embasadas em abordagens teóricas e contextualizadas. A contribuição deste trabalho é fornecer aos docentes do Ensino Médio uma sequência didática que possa auxiliá-los nas aulas de termoquímica, bem como, proporcionar aos seus estudantes a construção de uma aprendizagem significativa.

Palavras-Chave: Química, Ensino de Química, Termoquímica, Sequência Didática, Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

This paper presents the proposal of a Didactic Sequence (SD) for the teaching of Thermochemistry as an educational product for the Professional Master's Degree Program in Chemistry in National Network (PROFQUI/UFRGS). The line of research of the program to which this dissertation belongs is Environmental Chemistry and Energy. The didactic sequence is directed to students in the second grade of high school. The choice of the theme and the construction of the product arose from some observations made in my teaching practice. Many students could not relate the study of thermochemistry to situations applied in everyday life and presented an incorrect language of basic scientific concepts. Besides not being able to relate Thermochemistry as a branch of Thermodynamics. The research approaches the study of Thermochemistry with a focus on the Meaningful Learning theory based on David Ausubel and Marco Antonio Moreira. Through this SD we intend to promote a teaching of Thermochemistry with contextualization and that will consider the students' previous knowledge. It is structured and presents six lessons for its development. We propose a material with different teaching methodologies, such as lectures, experimental classes, flipped classroom, oral presentation, concept map and video, in short, several activities that make use of previous organizers and subsumers to promote the reconstruction of that knowledge that the student already carries with him. A counterpoint to the simple teaching of mechanical memorization. For the elaboration of the educational product, several works in the literature were researched to choose the evaluation objectives and the teaching strategies that were different from what has already been done. We believe that it is possible to develop new knowledge by valuing the students' previous knowledge. The activities are presented with diversified actions based on theoretical and contextualized approaches. The contribution of this work is to provide high school teachers with a didactic sequence that can help them in thermochemistry classes, as well as provide their students with the construction of meaningful learning.

Keywords: Chemistry, Teaching of Chemistry, Thermochemistry, Didactic Sequence, Meaningful Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Representação esquemática da teoria da assimilação.....	35
Figura 2: Relações diádicas no modelo de Gowin.....	36
Figura 3: O modelo triádico de Gowin.....	37
Figura 4: Mapa conceitual sobre o estudo da Termoquímica.....	38
Figura 5: Pirâmide de aprendizagem de William Glasser.....	44
Figura 6: Representação esquemática do Processo EAR.....	46
Figura 7: Sistema aberto, sistema fechado e sistema isolado: (a), (b) e (c).....	48
Figura 8: Trocas de calor num sistema com fronteiras adiabáticas e num sistema com fronteiras diatérmicas.....	52
Figura 9: Calorímetro simples.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: A pesquisa e o Ensino de Ciências.....	20
Quadro 2: Competências dos PCN+ no ensino da Termoquímica.....	26
Quadro 3: Habilidades das Orientações Curriculares para o Ensino Médio no estudo da Termoquímica.....	27
Quadro 4: Habilidades do ensino de Termoquímica na BNCC do Ensino Médio.....	28
Quadro 5: Áreas do conhecimento e componentes curriculares do ENEM.....	30
Quadro 6: Habilidades e competências da Termoquímica na Matriz do ENEM.....	31
Quadro 7: Conceitos da Termoquímica no Ensino Médio.....	39
Quadro 8: Os processos de aprendizagem.....	43
Quadro 9: Materiais para o ensino da Termoquímica.....	45
Quadro 10: Propriedades mensuráveis e não mensuráveis.....	50
Quadro 11: Planejamento das aulas na sequência didática.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3 TÓPICOS IMPORTANTES PARA O ENSINO DE TERMOQUÍMICA.....	19
3.1 BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL.....	19
3.2 OS DESAFIOS DO ENSINO DA QUÍMICA.....	21
3.3 O ENSINO DA TERMOQUÍMICA.....	23
3.4 DIRETRIZES PARA O ENSINO DA TERMOQUÍMICA.....	25
3.4.1 A Termoquímica nos parâmetros curriculares.....	25
3.4.2 A Termoquímica na matriz do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).....	29
3.5 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	32
3.5.1 Os subsunçores.....	34
3.5.2 Os organizadores prévios.....	35
3.5.3 O Modelo de ensino de Gowin.....	36
3.5.4 Os mapas conceituais e a aprendizagem significativa.....	37
3.6 SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DA TERMOQUÍMICA.....	42
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	48
4.1 ALGUNS CONCEITOS BÁSICOS DA TERMODINÂMICA.....	48
4.2 A TERMOQUÍMICA.....	50
4.2.1 O calor e a temperatura.....	50
4.2.2 Os processos endotérmicos e exotérmicos.....	51
4.2.3 Variação de entalpia das transformações químicas.....	52
4.2.4 A Lei de Hess.....	53
4.2.5 A calorimetria.....	54
5 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	57
5.1 OS SUJEITOS DA PESQUISA.....	57
5.2 TIPO DE PESQUISA.....	57
5.2.1 Procedimentos metodológicos.....	57
5.2.2 Construção da sequência didática.....	59
5.3 INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS.....	59

6 RESULTADOS.....	62
6.1 APRESENTAÇÃO DAS AULAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	64
6.1.1 Aula 1: Conhecimentos prévios sobre calor e temperatura.....	64
6.1.2 Aula 2: Introdução à Termoquímica.....	67
6.1.3 Aula 3: Estudo da Termoquímica.....	71
6.1.4 Aula 4: Calorimetria e a capacidade calorífica.....	72
6.1.5 Aula 5: Calorimetria, entalpia de reação e lei de Hess.....	75
6.1.6 Aula 6: Encerramento da unidade de Termoquímica.....	78
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
REFERÊNCIAS.....	81
APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	86
APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO DE CATEGORIZAÇÃO DO GRUPO.....	87
APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA....	90
APÊNDICE D: TERMOQUÍMICA – ENEM E VESTIBULARES.....	92
APÊNDICE E: MATERIAL DE APOIO 1.....	102
APÊNDICE F: MATERIAL DE APOIO 2.....	106
APÊNDICE G: MATERIAL DE APOIO 3.....	109
APÊNDICE H: MATERIAL DE APOIO 4.....	115
APÊNDICE I: MATERIAL DE APOIO 5.....	117
APÊNDICE J: MATERIAL DE APOIO 6.....	118

APRESENTAÇÃO

Sou Dioni de Mello Machado, brasileiro, 30 anos, natural de Novo Hamburgo-RS. Sou filho de Marlene Teresinha de Mello e Guido João Machado. Meu pai e minha mãe não tiveram a oportunidade de frequentar uma escola, não se alfabetizaram, mas sempre foram meus maiores incentivadores para seguir o caminho da Educação.

Minha trajetória com a Química teve seu início com o Curso Técnico em Química pela Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, Novo Hamburgo-RS. Esse contato com a Química, fez despertar em mim a vontade de ser Professor de Química. Sempre senti esse desejo de ser professor, mas de Química era algo novo. Então, decidi pela Licenciatura em Química no último ano de curso técnico, 2011. Prestei o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) no ano de 2010 e com a nota obtida consegui uma bolsa pelo Programa Universidade para Todos (PROUNI) para cursar a graduação de Licenciatura em Química na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Nesse período de cinco anos de graduação participei como bolsista CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) do Programa de Licenciaturas Internacionais (PLI) na Universidade de Coimbra (UC), em Portugal. Estudei no curso de Licenciatura em Química da UC nos anos letivos de 2012/2013 e 2013/2014, obtendo a dupla titulação. Essa experiência enriquecedora de fazer uma “graduação sanduíche” foi fundamental na minha formação, pois estudar e morar em um país diferente e conhecer outras culturas, permitiu um crescimento acadêmico e pessoal imensurável. No retorno ao Brasil, em agosto de 2014, retomei os estudos na PUCRS para a conclusão da graduação. Nessa volta, participei como Bolsista CAPES no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID). O período como bolsista deu-se até a conclusão do curso, dezembro de 2015. A experiência do PIBID me proporcionou um amadurecimento ímpar como futuro professor de Química. Conhecer a realidade e a vivência da escola, bem como, a oportunidade de desenvolver e escrever alguns projetos em grupo que foram apresentados em eventos na forma de resumos ou relatos de experiência.

Iniciei minha jornada profissional ainda no final da graduação, através de um estágio não obrigatório em um colégio particular, como professor de reforço. Após estar formado, fui contratado em maio de 2016 como auxiliar de laboratório nessa

mesma instituição de ensino. Em 2018, além do laboratório, recebi a oportunidade para assumir regência de turma e lecionar a disciplina de Química no 9º ano.

Nesse mesmo ano ingressei em um curso de pós-graduação, o PROFQUI. Minha inscrição para o curso ocorreu em um momento muito importante, uma grande oportunidade de ampliar a minha formação com uma qualificação a nível de mestrado e buscar melhorar as minhas práticas e estratégias de ensino de Química em sala de aula. Atualmente, leciono a disciplina de Química para as turmas de 9º ano e 1ª série do ensino médio em duas escolas da rede privada de Porto Alegre.

1 INTRODUÇÃO

A escolha do tema para a pesquisa e a construção do produto educacional surgiram a partir de alguns questionamentos e observações feitas na minha prática docente ao trabalhar o conteúdo de Termoquímica com a 2ª série do Ensino Médio. Constatei que muitos estudantes não conseguiam relacionar o estudo da Termoquímica com situações aplicadas no cotidiano, e, a linguagem final de alguns era incorreta e descontextualizada com os conceitos científicos básicos. Além de não conseguir relacionar a Termoquímica como sendo um ramo da Termodinâmica.

Assim, com a leitura de artigos, dissertações e tantos outros materiais sobre o ensino da Termoquímica, foi possível concluir que essa dificuldade não era somente minha, pois outros docentes também encontram dificuldades para trabalhar certos conceitos e relatam o quão difícil acaba sendo fazer com que os estudantes tenham uma aprendizagem significativa da Termoquímica.

O produto educacional para o programa de mestrado do PROFQUI nasceu a partir da necessidade de mudar algumas das minhas estratégias de ensino em relação ao conteúdo da Termoquímica. A ideia de um material de ensino para a abordagem do assunto e que seja capaz de promover uma aprendizagem significativa e contextualizada para os estudantes, suprimindo as possíveis lacunas de conceitos que eles possam não ter conseguido desenvolver. A proposta tem como referenciais da Aprendizagem Significativa, David Ausubel e Marco Antonio Moreira, dois grandes teóricos e pesquisadores da área da Educação e do Ensino.

Acreditamos que uma Sequência Didática (SD) poderá ser um importante instrumento de ensino para a reconstrução e a ressignificação dos conhecimentos de Termoquímica. Uma aprendizagem que é representada pela interação entre as novas informações e os conhecimentos prévios do aprendiz. Propomos um material com metodologias de ensino diversificadas, como aulas expositivas, aulas experimentais, sala invertida, apresentação oral, mapa conceitual e vídeo, enfim, diversas atividades de ensino que fazem o uso de organizadores prévios para promover a reconstrução daquele conhecimento que o estudante já carrega consigo. Estratégias de ensino que são um importante contraponto ao simples ensino da memorização mecânica. Além disso, a própria sequência didática também poderá ser considerada como um organizador prévio para a ancoragem dos novos conhecimentos. Esse será o foco da pesquisa, a proposta de uma sequência

didática no contexto da aprendizagem significativa para uma educação científica que precisa ir ao encontro da apropriação e do uso do discurso da Química para o exercício da cidadania. Para Moraes, Ramos e Galiazzi (2007, p. 5):

A apropriação do discurso da química encaminha, no mesmo processo, a constituição do sujeito alfabetizado cientificamente e das participações desse sujeito nas transformações sociais e das realidades em que este sujeito se envolve. O domínio de uma outra linguagem, a apropriação de outro discurso, o discurso químico, amplia a realidade do sujeito, criando novas possibilidades de participação para quem aprende efetivamente química. Quando os alunos desenvolvem competências de falar, de escrever e de ler, estão, ao mesmo tempo, habilitando-se a participar de forma mais ativa e competente nas realidades sociais em que estão inseridos. Neste sentido, saber movimentar-se na linguagem, incluindo o discurso da química, constitui um dos modos de formação de cidadãos mais participativos e ativos.

Sabemos que a construção do conhecimento científico faz parte de um longo e, nem sempre tão fácil, caminho a ser percorrido. Aqueles que percorrem esse caminho passam a fazer parte de um grupo alfabetizado, e, nesse caso, uma denominação que pode ser aplicada é a *Alfabetização Científica (AC)*, importante para todas as áreas do conhecimento. No estudo feito por Sasseron e Carvalho (2011), Díaz, Alonso e Mas (2011) citam a AC como sendo uma atividade ligada às características sociais e culturais de cada indivíduo, e mencionam essa importância no ensino de Ciências, conforme citação traduzida pelas autoras: [...] a alfabetização científica é a finalidade mais importante do ensino de Ciências; estas razões se baseiam em benefícios práticos pessoais, práticos sociais, para a própria cultura e para a humanidade [...] (apud SASSERON e CARVALHO, 2011).

O estudante alfabetizado cientificamente saberá ler e interpretar as transformações de tudo que está à volta. As pessoas que são alfabetizadas cientificamente são questionadoras, críticas e possuem a habilidade de argumentar. Esse processo do letramento científico começa na escola, desde os anos iniciais e passa por todos os níveis de ensino. E deveria ir além, conforme afirma Chassot (2003, p. 91):

A alfabetização científica pode ser considerada como uma das dimensões para potencializar alternativas que privilegiam uma educação mais comprometida. É recomendável enfatizar que essa deve ser uma preocupação muito significativa no ensino fundamental, mesmo que se advogue a necessidade de atenções quase idênticas também para o ensino médio. Sonhadoramente, ampliaria a proposta para incluir também, mesmo que isso possa causar arrepio em alguns, o ensino superior.

A minha preocupação como docente não é a de que minhas alunas e alunos decorem fórmulas e equações mecanicamente nas aulas de Química, desenvolvendo um conhecimento memorizado para ser aplicado em provas e concursos de vestibular e, tão logo, ser esquecido. Pelo contrário, meu objetivo é que tenham uma aprendizagem significativa e que possam utilizá-la nas mais variadas situações das suas vidas.

Cada vez mais torna-se evidente a importância da democratização da ciência e da tecnologia como pré-requisitos para o exercício da vida em sociedade. A popularização do conhecimento científico torna as pessoas menos suscetíveis ao óbvio do senso comum e à linguagem negacionista. Segundo Pasternak e Orsi (2020, p. 8):

O mais óbvio é o de sermos enganados: como o motorista que não entende nada de mecânica de automóveis e se vê vulnerável diante de mecânicos inescrupulosos, o cidadão que ignora fatos científicos básicos, como a lei da conservação da energia ou os princípios mais simples da estatística, se expõe à cupidez de curandeiros, charlatões, vendedores de máquinas de energia infinita, gurus extraterrestres, a fraudes e fraudadores que mente para o público e, não raro, para si mesmos. O poder da ciência não está em suas conclusões, descobertas e afirmações, mas em sua estrutura: trata-se da única atividade humana construída e projetada para reconhecer, revisar e aprender com os próprios erros.

A proposta de uma sequência didática para o ensino da Termoquímica como produto educacional e dissertação de mestrado do PROFQUI pode ser caracterizada dentro da linha de pesquisa LP2 – Química ambiental e energia, pois essa linha de pesquisa investiga as abordagens de cunho científico, teórico e experimental, dos processos ambientais e energéticos em geral. Estuda as formas de relação da Química com o ambiente, tendo em vista ser uma modalidade da ciência que se manifesta na sociedade em ampla confluência com a tecnologia. Procura desenvolver projetos de produtos e processos voltados para o uso em sala de aula, laboratório e espaços não formais, além de avaliar materiais didáticos, com foco em Química Ambiental e Energia. Ela contempla o tema proposto para a dissertação de mestrado que é a Termoquímica.

Além disso, é de suma importância falar que esse produto educacional elaborado corrobora com a importância da Química no ensino médio e valoriza os documentos curriculares que serviram de parâmetros de ensino em épocas anteriores, pois auxilia na interpretação da vida e do cotidiano de qualquer pessoa a partir das habilidades e competências adquiridas com estudos de conceitos, leis,

fórmulas químicas, reações químicas etc. Por exemplo, saber quais são as definições de calor e temperatura e qual a sua relação com a Termoquímica para poder compreender quais são as diferenças e as aproximações existentes entre esses dois conceitos dentro de uma linguagem científica. Precisamos ter o cuidado para que os materiais didáticos utilizados continuem trabalhando a Química, e os demais componentes curriculares, sem que haja o esvaziamento dos conteúdos, como parece ocorrer na reforma do novo ensino médio. Essa nova base curricular não poderá ser aplicada de qualquer forma e sem os seus devidos investimentos, principalmente no ensino público. As habilidades colocadas na BNCC não poderão refletir a mera superficialidade.

Devido a pandemia do novo Coronavírus e aos prazos para a conclusão do curso de mestrado, infelizmente, não foi possível aplicar o produto. Apresentaremos uma proposta de sequência didática que foi elaborada a partir dos estudos sobre o ensino da Termoquímica. No próximo ano, aplicaremos esta SD com os estudantes da 2ª série do ensino médio de uma escola da rede pública para então podermos avaliar a sua viabilidade e as suas contribuições para a aprendizagem significativa dos conceitos básicos da Termoquímica.

Diante das justificativas expostas para a escolha do tema de pesquisa e da elaboração do produto educacional, o problema de pesquisa é: Como uma sequência didática poderá contribuir para que os estudantes tenham uma aprendizagem significativa dos conceitos básicos de Termoquímica e a formação de uma linguagem científica?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral deste trabalho é a elaboração de uma sequência didática sobre Termoquímica visando o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa para os estudantes do ensino médio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Partindo da sequência didática elaborada, se aplicada, poderá atingir os seguintes objetivos específicos da pesquisa:

- Conhecer as concepções dos sujeitos sobre a Termoquímica.
- Analisar se essa sequência didática poderá contribuir para a compreensão dos principais conceitos estudados na Termoquímica.
- Avaliar a construção dos conceitos básicos de Termoquímica.
- Avaliar se o estudante é capaz de diferenciar os conceitos científicos de calor e temperatura das definições usadas no cotidiano.
- Avaliar através de informações numéricas se o estudante conseguiu desenvolver as habilidades e competências do estudo da Termoquímica apresentadas na matriz do ENEM.
- Analisar se com esse material de ensino os estudantes sentiram-se estimulados no processo de estudo da Termoquímica.

3 TÓPICOS IMPORTANTES PARA O ENSINO DE TERMOQUÍMICA

3.1 BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL

Muito se fala sobre a escola do século XXI no Brasil e como ela ainda continua sendo o espaço de uma aprendizagem em que o conteúdo não reflete a vida e as necessidades do aluno. Essa escola precisa ser uma ferramenta indispensável na formação de cidadãos e cidadãs que serão responsáveis por construir uma sociedade desenvolvida em nível social, cultural e economicamente sustentável.

Assim, o desafio da educação é posto em uma pergunta simples e objetiva: Educar para quê? Queremos uma escola que educa, constrói conhecimento e transforma vidas ou uma escola que ensina simplesmente a decorar os conteúdos? Na visão de Paulo Freire, o exercício educativo se dá pelo seu caráter transformador. De acordo com Freire (2000, p. 36):

Estar sendo é a condição, entre nós, para ser. Não é possível pensar os seres humanos longe, sequer, da ética, quanto mais fora dela. Estar longe ou pior, fora da ética, entre nós, mulheres e homens, é uma transgressão. É por isso que transformar a experiência educativa em puro treinamento técnico é amesquinhar o que há de fundamentalmente humano no exercício educativo: o seu caráter formador.

Esse contexto de uma educação formadora é extremamente importante, e trazendo para o ensino das ciências, essa questão precisa ser debatida não só por professores e alunos, mas também com todo o grupo de cientistas, pesquisadores e intelectuais da área do ensino das ciências.

A aprendizagem no ensino de ciências deve iniciar nos primeiros anos da educação escolar de uma criança. A curiosidade, o ver, o observar e o pensar devem ser colocados em prática desde os primeiros anos da vida escolar. Na visão de Bizzo (2009), as crianças aprendem mais quando discutem os conceitos científicos e que as perguntas delas podem ser tão pertinentes quanto as de um cientista. Quando a criança reconhece que existem roupas "quentes" e roupas "frias", em qual momento ela terá a oportunidade de refletir os conceitos sobre o que é calor e temperatura, por exemplo. E essa construção dos saberes científicos deverá seguir nos próximos anos da caminhada escolar. Santos e Mortimer (2002)

falam que alfabetizar as pessoas em ciência e tecnologia é uma necessidade do mundo atual.

Hoje, quando falamos em Ensino de Ciências, é inevitável não falar sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). O movimento CTS surgiu por volta de 1970 juntamente com a proposta de reforma curricular e trouxe como foco a necessidade do pensamento e da visão crítica do cidadão em relação a sociedade em que ele vive. Segundo Schnetzler (2002, p. 16):

A origem desse movimento pode ser explicada pelas consequências decorrentes do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade moderna e, portanto, na vida das pessoas, colocando a necessidade de os alunos adquirirem conhecimentos científicos que os levem a participar como cidadãos na sociedade, de forma ativa e crítica, pela tomada de decisões. Isso significa que os conteúdos de ensino não podem se restringir à lógica interna das disciplinas científicas, valorizando exclusivamente o conhecimento de teorias e fatos científicos, mas sim, reelaborando-os e relacionando-os com temas sociais relevantes.

Nesse contexto, segundo Delizoicov e Angotti (1990), no Brasil, nos anos de 1980 e durante a década de 1990, o ensino de ciências passou por grandes transformações, não havendo mais aquela ideia de que o modelo de ensino é o professor transmitindo conhecimento e o agente receptor, o estudante, recebendo o conhecimento naquela que seria uma metodologia eficaz. No Quadro 1 podemos ver um resumo dessa evolução da pesquisa voltada para o ensino de ciências:

Quadro 1: A pesquisa e o Ensino de Ciências.

Período	Estudo	Foco
Anos 1970	Reforma do currículo	Ensino
Anos 1980	Movimento CTS	Aprendizagem
Anos 1990	Formação docente e a alfabetização científica	Aprendizagem contextualizada

Fonte: Autor.

Houve o surgimento da concepção de que os alunos teriam na sua formação o desenvolvimento do pensamento crítico sobre tudo que estivesse relacionado com a ciência, a tecnologia e a sociedade. As novas práticas educacionais possibilitariam a construção do conhecimento científico em que o professor auxilia o aluno a construir conhecimento com base nas hipóteses e nos conhecimentos prévios.

Portanto, dentro dessa breve contextualização histórica, podemos afirmar a importância da aprendizagem contextualizada como perspectiva para esse trabalho

de pesquisa e a elaboração de uma sequência didática como material didático que poderá contribuir para melhorar e enriquecer a prática docente no ensino de ciências.

3.2 OS DESAFIOS DO ENSINO DA QUÍMICA

Após esse breve resumo sobre o ensino de ciências, precisamos voltar o nosso olhar com mais atenção para o ensino da Química atualmente. Falar sobre a importância da alfabetização científica e a construção dos saberes que também leve em consideração toda a bagagem de conhecimentos prévios dos estudantes. Durante todo o processo de estudo dessa área da ciência, o professor precisa ser a peça central que irá mediar as construções dos conceitos e significados. Segundo Chalita (2004, p. 161):

O professor é o grande agente do processo educacional. A alma de qualquer instituição de ensino é o professor. Por mais que se invista em equipamentos, em laboratórios, biblioteca, anfiteatros, quadras esportivas, piscinas, campos de futebol – sem negar a importância de todo esse instrumental – tudo isso não se configura mais do que aspectos materiais se comparado ao papel e à importância do professor.

A Química tornou-se uma disciplina regular no Ensino Secundário brasileiro a partir de 1931, após a Reforma educacional promovida pelo então ministro da Educação e Saúde, Francisco Campos (LEITE e LIMA, 2015). As abordagens e os objetivos do ensino de Ciências e, mais especificamente, o ensino de Química no Brasil, sofreram diversas mudanças ao longo dos tempos devido às fortes influências do momento histórico nacional e mundial. As constantes reformas da educação básica precisam acompanhar as mudanças e as necessidades da sociedade com o passar do tempo.

O ensino de Química que ainda se encontra posto e bastante difundido, não serve mais para o mundo da informação que nós temos hoje. O modelo de ensino totalmente tradicional com suas aulas expositivas, tendo um professor que assume o papel de transmissor e detentor do conhecimento de uma ciência pronta, com significados, conceitos e fórmulas inquestionáveis que beiram a verdade absoluta. Isso não quer dizer que precisaremos ser críticos ferrenhos desse tipo de ensino e dizer que ele não é capaz de gerar conhecimento. Pelo contrário, a estratégia da aula expositiva do ensino tradicional também gera conhecimento, mas sabemos que

somente esse tipo de ensino não é mais capaz de atender as necessidades dos estudantes e promover o desenvolvimento das múltiplas habilidades e competências para os desafios que a sociedade exige.

A utilização desse tipo de ensino tradicional somente, essa velha forma de ensinar, é um dos fatores que causou e, infelizmente, ainda causa o distanciamento e o desinteresse dos estudantes pela Química. A desmotivação em estudar essa ciência devido à visão de que é algo difícil e incompreensível. Precisamos fazer o movimento CTS e a aprendizagem contextualizada no processo de ensino e aprendizagem, aliando novas metodologias de ensino com a prática tradicional. Não podemos mais ter escolas do século XX e alunos do século XXI. Segundo Lima (2012), a metodologia utilizada pelo professor de Química do Ensino Médio está em desacordo com as novas tendências pedagógicas. Ainda se desenvolve uma metodologia de memorização e que, muito pouco, relaciona a Química com o cotidiano do aluno.

Ações precisam ser realizadas, a principal delas, investir na formação e na valorização dos professores. É preciso dar uma nova dimensão para o ensino de Química e a importância de um ensino contextualizado. Segundo Wartha, Silva e Bejarano (2013), a palavra “contextualização” é um termo que começou a ser utilizado a partir da promulgação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) em 1999. As pesquisas no ensino da Química precisam sair da graduação e da pós-graduação e chegar diretamente nas escolas através do movimento de observação das necessidades da prática docente que emergem das situações e dificuldades encontradas dentro da escola. Trazer para a universidade os problemas encontrados e através das pesquisas propor as soluções para que os professores possam aplicar as diversas ações que contribuirão para melhorar o ensino e a aprendizagem. Além disso, é importante que o professor da educação básica faça da sua sala de aula um local de pesquisa das suas práticas pedagógicas através de uma educação continuada.

Segundo Schnetzler (2002), o desenvolvimento da área de pesquisa em ensino de química no nosso país se deu, inicialmente, a partir da “Constituição da Divisão de Ensino na Sociedade Brasileira de Química”, a primeira oficialmente criada, em 1988. De acordo com Schnetzler (2002, p.17):

No entanto, é importante registrar que tal constituição foi resultante de uma divisão de ensino informal, oficiosa, mas significativamente atuante na organização de Encontros Nacionais e Regionais de Ensino de Química

desde 1980. Seu embrião provém da primeira Reunião Anual da SBQ (1978) em São Paulo, na qual ocorreu, também, a primeira seção coordenada de trabalhos de pesquisa em ensino de química. Esta deveria terminar às 12h, mas só lá pelas 14h os 40 participantes saíram da sala, tamanha era a vontade de discutir e trocar ideias sobre a situação (catastrófica) do ensino médio de química na época e, principalmente, de propor um caminho que abrisse um espaço na comunidade química para estudos e pesquisas em ensino de química.

A atuação do docente passa a ser o eixo central dessa mudança no ensino da Química, em que o professor passa a atuar como um agente catalisador, articulando novas competências para realizar a sua função educativa de acordo com as necessidades dos seus alunos. O professor precisa desenvolver a criatividade e o senso crítico nos seus estudantes, bem como construir com eles o papel de cidadão que saberá questionar a sociedade. Segundo Demo (1993, p.13):

O que se espera do professor já não se resume ao formato expositivo das aulas, à fluência vernácula, à aparência externa. Precisa centralizar-se na competência estimuladora da pesquisa, incentivando com engenho e arte a gestão de sujeitos críticos e autocráticos, participantes e construtivos.

O ensino da Química é um desafio e tanto para os atuais e os novos professores. Cabe aos docentes a missão de fazer com que a prática de sala de aula seja cada vez mais significativa, uma educação que se aproxime da vida, das vivências e das necessidades dos estudantes. A aprendizagem da Química que desenvolverá as competências e as habilidades nos estudantes, dando-lhes as condições reais para resolver os problemas de forma crítica e permitindo a eles o desenvolvimento de importantes capacidades, como analisar dados, interpretar, argumentar, tirar conclusões e tomar decisões.

3.3 O ENSINO DA TERMOQUÍMICA

Desde que os primeiros seres humanos surgiram no nosso planeta, puderam observar os estranhos fenômenos que hoje dizemos estar ligados ao conceito de energia. Possivelmente, podemos dizer que o fogo foi o mais impressionante. Dominá-lo significava dar um grande passo para lidar com a escuridão, o frio e outras situações pouco confortáveis impostas pela natureza (OLIVEIRA e SANTOS, 1998).

A importância de contextualizar o ensino, seja para introduzir um assunto ou explicar algum conceito, significa buscar uma perspectiva mais crítica para o ensino

dos conceitos científicos, de forma que o aluno construa o conhecimento não apenas com base em termos técnicos, mas que veja a relação com o mundo, a sociedade, as diferentes culturas e os acontecimentos históricos. Uma aprendizagem para entender quem ele é e poder praticar o exercício de sua cidadania. No entendimento de Moraes, Ramos e Galiuzzi (2007, p. 2):

Os processos reconstitutivos pelos quais aprendemos dão-se essencialmente na linguagem. O aprender entendido como movimento reconstutivo dá-se pela reconstrução e ampliação de significados, processo pelo qual, seja pela fala, pela leitura e escrita ou outras ferramentas culturais, especialmente da linguagem, incluídas aí interações por meio da Internet, o aprendiz vai elaborando novos significados para as palavras, ações e discursos em que é envolvido. A integração dos significados produzidos pela química nos significados cotidianos já anteriormente construídos pelos alunos é, em essência, o que constitui aprender química.

Para isso, não basta o professor trabalhar em sala de aula ou no laboratório conceitos mais aprofundados da Termoquímica como calor de reação e transformações químicas, por exemplo, sem antes ter um diagnóstico do conhecimento prévio que os estudantes possuem. Um conhecimento que na sua grande maioria será a linguagem do cotidiano. O resultado, muitas vezes, é um amálgama indiferenciado de conceitos científicos e cotidianos, sem que o aluno consiga perceber claramente os limites e contextos de aplicação de um e de outro (MORTIMER e AMARAL, 1998).

Em seu trabalho, Silva (2005), chega a sugerir que a entalpia não seja trabalhada no ensino médio, devido aos inúmeros problemas de erros conceituais, principalmente em livros didáticos. Estudar no Ensino Médio os conceitos de calor, energia, temperatura, transformações químicas e físicas, e tudo mais, é necessário para a construção de um conhecimento mais próximo do que diz a ciência. Conforme Silva (2005, p. 25), atribuir:

[...] à entalpia ensinada na escola (entalpia escolar) um poder explicativo maior do que a entalpia científica possui pelo modo como foi termodinamicamente definida, o que é um contrassenso, já que o objetivo do ensino das ciências é discutir os conhecimentos científicos. A transposição didática das ciências não deve distorcer as ciências e adulterar os seus significados.

Em um trabalho realizado por Kunzler, Beber e Kunzler (2019), foi realizado um levantamento em cinco revistas científicas brasileiras, observando a quantidade de publicações envolvendo o tema “Termoquímica”. Nessa pesquisa foi observado que o conteúdo é abordado no Ensino Médio de modo superficial, resultando em

uma aprendizagem mecânica e, mesmo quando o professor se dispõe a ensinar de maneira não tradicional, acaba encontrando poucos artigos que possam auxiliar.

No estudo de Termoquímica, é comum os estudantes apresentarem dificuldades recorrentes como aquelas relacionadas às variações de temperatura em processos endotérmicos e exotérmicos ou outras ligadas às energias cinética e potencial das partículas (BARROS, 2009).

Em outro questionamento, Mortimer e Amaral (1998), falam que no ensino médio, as transformações envolvidas nos processos da Termoquímica, envolvem o uso de alguns conceitos, como energia, calor e temperatura. E que esses conceitos são termos que estamos acostumados a usar no nosso cotidiano. Essas palavras, no entanto, não têm o mesmo significado na ciência e na linguagem comum, assim, acabam causando dificuldades conceituais no ensino da Termoquímica. Especificamente sobre o conceito de energia, Oliveira e Santos (1998), afirmam que o conceito de energia química, ensinado de forma empobrecida, antes de facilitar, dificulta a aprendizagem porque retém o pensamento em um nível simples e superficial.

Portanto, o professor deve estar atento a todo tipo de material que possa simplificar os conceitos da Termoquímica e que não diferencie as mesmas expressões utilizadas tanto no cotidiano como na linguagem científica. E além do mais, junto com os seus alunos superar tais limitações de forma a promover uma aprendizagem adequada em que ele deverá relacionar os conceitos prévios dos alunos com os conceitos científicos construídos.

3.4 DIRETRIZES PARA O ENSINO DA TERMOQUÍMICA

3.4.1 A Termoquímica nos parâmetros curriculares

A Lei de Diretrizes e Bases (LDB), Lei nº 9.394/1996, foi promulgada em 20 de dezembro de 1996. É por meio da LDB que encontramos os princípios gerais da educação (BRASIL, 1996).

Em 1997, a partir da LDB, surgiram as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), normas obrigatórias para a Educação Básica e que serviriam como um guia de orientação para o planejamento do currículo das escolas e dos sistemas de ensino. Sendo assim, no período de 1997 a 2013, tivemos a elaboração dos

diferentes documentos de parâmetros ou orientações curriculares nacionais, com as suas referências para cada disciplina, tendo como referência as Diretrizes Curriculares. No ano de 2017 passa a valer um documento que atualmente está em vigência e tem por objetivo uniformizar o ensino no Brasil, a Base Nacional Curricular.

A seguir, apresentamos os Parâmetros Curriculares Nacionais de 2002 (PCN+), as Orientações Curriculares para o Ensino Médio de 2006 e a Base Nacional Comum Curricular de 2017 (BNCC), em que constam as diretrizes para o ensino da Termoquímica no Ensino Médio. No Quadro 2 são apresentadas as seguintes competências dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) para o ensino da Termoquímica.

Quadro 2: Competências dos PCN+ no ensino da Termoquímica.

Disciplina de Química
Competências para o ensino da Termoquímica
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar e relacionar unidades de medida usadas para diferentes grandezas, como massa, energia, tempo, volume, densidade e concentração de soluções. • Selecionar e fazer uso apropriado de diferentes linguagens e formas de representação, como esquemas, diagramas, tabelas, gráficos, traduzindo umas nas outras. • Descrever fenômenos, substâncias, materiais, propriedades e eventos químicos, em linguagem científica, relacionando-os a descrições na linguagem corrente; por exemplo, articulando o significado de ideias como queima com o conceito científico de combustão, dando o significado adequado. • Reconhecer, propor ou resolver um problema, selecionando procedimentos e estratégias adequados para a sua solução. Reconhecer e compreender fenômenos envolvendo interações e transformações químicas. Por exemplo, reconhecer a conservação no número de átomos de cada substância, assim como a conservação de energia, nas transformações químicas e nas representações das reações. • Articular, integrar e sistematizar o conhecimento químico e o de outras áreas no enfrentamento de situações-problema; por exemplo, identificar e relacionar aspectos químicos, físicos e biológicos da produção e do uso de metais, combustíveis e plásticos, além de aspectos sociais, econômicos e ambientais. • Compreender e avaliar a ciência e tecnologia química sob o ponto de vista ético para exercer a cidadania com responsabilidade, integridade e respeito; por exemplo, no debate sobre fontes de energia, julgar implicações de ordem econômica, social, ambiental, ao lado de argumentos científicos para tomar decisões.

Fonte: (BRASIL, 2002).

Esse material com os parâmetros curriculares foi elaborado para ser o ponto de partida do trabalho docente, um norte para direcionar o professor para quais atividades realizar em sala de aula. Cada instituição pode montar o seu Projeto Político Pedagógico (PPP), adaptando os conteúdos dos PCNs para a sua realidade. Esse documento é um referencial importante que vai guiar a escola para que os professores ofereçam aos estudantes uma educação de qualidade com os principais conteúdos e competências que devem ser desenvolvidos (BRASIL, 2002).

No Quadro 3 apresentamos as seguintes habilidades que estão nas Orientações Curriculares do Ensino Médio de 2006 para o currículo da Termoquímica.

Quadro 3: Habilidades das Orientações Curriculares para o Ensino Médio no estudo da Termoquímica.

Disciplina de Química
Conhecimentos Químicos e Habilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento de unidades de medida usadas para diferentes grandezas, como massa, energia, tempo, volume, densidade, concentração de soluções. • Reconhecimento e compreensão de propriedades químicas como efervescência, fermentação, combustão, oxidação, corrosão etc. • Compreensão de como os químicos podem prever variação de energia térmica e elétrica nas reações químicas e a compreensão da energia envolvida na formação e na “quebra” de ligações químicas. • Compreensão do mundo, do qual a Química é parte integrante, por meio dos problemas que ela consegue resolver e dos fenômenos que podem ser descritos por seus conceitos e modelos. • Reconhecimento de aspectos relevantes do conhecimento químico e suas tecnologias na interação individual e coletiva do ser humano com o ambiente.

Fonte: (BRASIL, 2006).

As Orientações Curriculares do Ensino Médio nos mostram que os currículos e os conteúdos não podem ser trabalhados somente através da transmissão de conhecimentos. As práticas docentes devem estar direcionadas para os alunos, pois quando se trata da organização curricular tem-se a consciência de que a essência da organização escolar deverá ser contemplada. O currículo traz na sua construção o tratamento das dimensões histórico-social, o valor histórico e social do conhecimento e a necessidade de reconstrução dos procedimentos envolvidos na

produção dos conhecimentos e das habilidades desenvolvidas pelos estudantes (BRASIL, 2006).

Apresentamos no Quadro 4 as seguintes habilidades que estão na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2017 e que deverão ser desenvolvidas no estudo da Termoquímica.

Quadro 4: Habilidades do ensino de Termoquímica na BNCC do Ensino Médio.

Objeto do conhecimento - Química
Habilidades
<ul style="list-style-type: none"> • (EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas. • (EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos. • (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. • (EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

Fonte: (BRASIL, 2017).

As diretrizes curriculares continuam valendo mesmo após a homologação da Base Nacional Comum Curricular. A função da nova base é especificar quais as habilidades esperadas que os estudantes tenham desenvolvido ao final do Ensino Médio. A BNCC foi elaborada de acordo com as diretrizes curriculares nacionais, portanto, as Diretrizes e a Base são os documentos que devem ser seguidos pelas instituições de ensino das redes pública e privada (BRASIL, 2017).

Podemos ver que nos três documentos temos aproximações e afastamentos em relação ao ensino da Termoquímica. Uma aproximação é a resolução de problemas e a valorização do pensamento científico, a contribuição da Química para solucionar os mais variados problemas de ordem social e ambiental. Mas também podemos observar nos documentos destacados que há um afastamento entre as habilidades colocadas na BNCC e os documentos anteriores no que diz respeito as habilidades desenvolvidas que referenciam a importância do estudo e da compreensão dos conceitos e do conhecimento químico. Na prática podemos dizer que há uma omissão dos conteúdos e que as habilidades na BNCC estão colocadas de forma bastante superficial.

Para o presente trabalho de pesquisa e a elaboração da sequência didática, visto que o objetivo é a aprendizagem significativa e a construção das habilidades e das competências, será abordado o estudo da Termoquímica com o enfoque na BNCC e de alguns dos parâmetros e orientações curriculares presentes nos documentos oficiais de 2002 e 2006.

3.4.2 A Termoquímica na matriz do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) foi criado em 1998 pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) com a finalidade de avaliar o aluno ao fim da educação básica, buscando, assim, contribuir para a melhoria da qualidade do ensino. O ENEM consolidou ainda mais sua importância quando, a partir do ano de 2009, passou a ser considerado o principal meio para o ingresso no ensino superior no Brasil, exceto para algumas universidades e instituições que mantiveram o processo seletivo próprio (OLIVEIRA, 2016).

As provas passaram a ser realizadas em dois dias no mesmo final de semana. No primeiro dia, sábado, a aplicação das provas de Ciências Humanas e suas Tecnologias e Ciências da Natureza e suas Tecnologias. No segundo dia, domingo, as provas de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias e Redação. Uma prova constituída por 180 questões e uma redação. No Quadro 5 apresentamos as seguintes áreas de conhecimento do Ensino Médio e os respectivos componentes curriculares do ENEM.

Quadro 5: Áreas do conhecimento e componentes curriculares do ENEM.

Área do Conhecimento	Componentes Curriculares
Ciências Humanas e suas Tecnologias	História, Geografia, Filosofia e Sociologia
Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Química, Física e Biologia
Linguagens, Códigos e suas Tecnologias e Redação	Língua Portuguesa, Literatura, Língua Estrangeira (Inglês ou Espanhol), Artes, Educação Física e Tecnologias da Informação e Comunicação
Matemática e suas Tecnologias	Matemática

Fonte: (BRASIL, 2015).

Desde 2017, o ENEM passou a ser realizado em dois finais de semana seguidos, dois domingos. No 1º dia os estudantes respondem 90 questões relacionadas com as Ciências Humanas e Linguagens e Códigos. E realizam a redação. Já no 2º dia, realizam as provas com 90 questões de Matemática e Ciências da Natureza.

Diante dessa mudança no Exame Nacional em 2009, o Ministério da Educação acabou criando uma Matriz de Referência para o ENEM (BRASIL, 2009). Um documento que consiste em orientações para os docentes, focando na contextualização do conhecimento e com o intuito de uma avaliação para aferir se o estudante, ao final do Ensino Médio, demonstrará domínio das competências e habilidades apresentadas na Matriz do ENEM para as diferentes áreas do conhecimento. Conforme as referências e os objetivos do exame no Relatório Pedagógico do ENEM 2011-2012 (BRASIL, 2015, p. 61):

O Exame tem como referência a LDB, o Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, a Reforma do Ensino Médio, os textos que sustentam sua organização curricular em Áreas de Conhecimento e, ainda, a Matrizes Curriculares de Referência para o SAEB. EM 2009, novas Matrizes de Referência foram estruturadas, com base na Matriz de Habilidades e Competências de Jovens e Adultos para o Ensino Médio (ENCCEJA) e em um conjunto de objetos de conhecimento a eles associados, além de competências expressas na Matriz de Referência para Redação.

Na Matriz de Referência são apresentadas as oito competências para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, referentes aos conteúdos e temáticas normalmente abordadas na Educação Básica (BRASIL, 2015). No Quadro 6 estão

relacionadas as competências e habilidades da Matriz do ENEM para o ensino de Termoquímica.

Quadro 6: Habilidades e competências da Termoquímica na Matriz do ENEM.

Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Componente Curricular - Química
Competências e Habilidades
<p>Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.</p> <p>H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.</p>
<p>Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.</p> <p>H8 – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.</p>
<p>Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.</p> <p>H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.</p>
<p>Competência de área 7 – Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.</p> <p>H24 – Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.</p> <p>H26 – Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.</p>

Fonte: (BRASIL, 2009).

Nessa perspectiva, faz-se necessário que a ação docente seja para promover um ensino contextualizado da Termoquímica quanto a abordagem dos objetos do conhecimento que envolvem as transformações químicas e energia, as

transformações químicas e a energia calorífica, o calor de reação, a entalpia, as equações termoquímicas e a lei de Hess, por exemplo.

O ensino deverá ser realizado com o uso de diferentes metodologias e materiais para oportunizar aos educandos o desenvolvimento das competências e das habilidades presentes na matriz de avaliação do ENEM e as competências e as habilidades dos documentos curriculares. Na elaboração da SD desta pesquisa, pensamos que o conhecimento a ser construído pelos estudantes deverá estar pautado no referencial teórico da aprendizagem significativa.

3.5 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Vamos dizer, de forma mais geral, que a *aprendizagem significativa* é representada pela interação entre as novas informações e os conhecimentos prévios do aprendiz. Essa interação não acontece com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento relevante que já existe na estrutura do sujeito que está aprendendo (MOREIRA, 2011). A aprendizagem significativa é classificada como sendo uma teoria cognitivista e construtivista.

Essa teoria foi apresentada no início dos anos de 1960 por David Paul Ausubel (1918-2008) e contrapunha as ideias behavioristas que predominavam na época, em que só era possível aprender se as pessoas fossem ensinadas por alguém. A visão de aprendizagem defendida por ele tinha um caminho oposto ao dos behavioristas. Aprender significativamente era reconstruir as ideias já existentes na estrutura mental, relacionando as ideias antigas com os novos conhecimentos. Segundo Ausubel (2000, p. 4):

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos.

As condições para a ocorrência da aprendizagem significativa são ditas como a essência do processo de aprendizagem significativa. É aquela aprendizagem em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que já se sabe. O termo substantiva refere-se ao não-literal, e

não-arbitrária significa que a interação não ocorre com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante (MOREIRA, 2011).

Portanto, umas das condições para a existência desse tipo de aprendizagem, é que o material a ser utilizado contemple os conhecimentos pré-existentes dos estudantes. Um material com essa característica é dito como *potencialmente significativo* (MOREIRA, 2005). A outra condição partirá diretamente do estudante, a manifestação de uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não-arbitrária o novo material. Se a intenção do aprendiz for somente a memorização, não importa o quão potencialmente significativo seja o material elaborado pelo professor, o seu produto será a aprendizagem mecânica.

Em oposição à aprendizagem significativa, Ausubel define a *aprendizagem mecânica* como sendo a aprendizagem de novos conhecimentos, que não possui conexão alguma com os conceitos ou significados relevantes que já existem na estrutura cognitiva do aprendiz. De acordo com ele, a compreensão genuína de um conceito ou proposição implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis (MOREIRA, 2005).

Então, como avaliar se está ocorrendo uma aprendizagem significativa? Os argumentos embasados na teoria significativa nos mostram que realizar exames seguidamente com os estudantes fará com que eles somente exercitem a mecânica da repetição, ou seja, decorar fórmulas e conceitos.

Como proposta de evidências reais da compreensão significativa, o professor deverá formular os seus instrumentos de avaliação de um modo que não seja familiar e que desafie o aluno a aplicar o conhecimento na interpretação e na resolução de qualquer tipo de problema, evitando a simples memorização de conteúdo que dará uma falsa ideia de aprendizagem significativa.

O conhecimento considerado relevante para a construção das novas informações, que pode ser um símbolo, um conceito ou um significado pré-existente, por exemplo, Ausubel chama de *subsunçor* ou *ideia-âncora*. Em termos simples, como descreve Moreira (2011), o subsunçor é o nome dado a um conhecimento específico que existe na estrutura de conhecimentos do indivíduo. É um conhecimento existente que ele carrega, que poderá estar correto ou parcialmente correto, permitindo dar significado a um novo conhecimento que é apresentado ou por ele descoberto.

3.5.1 Os subsunçores

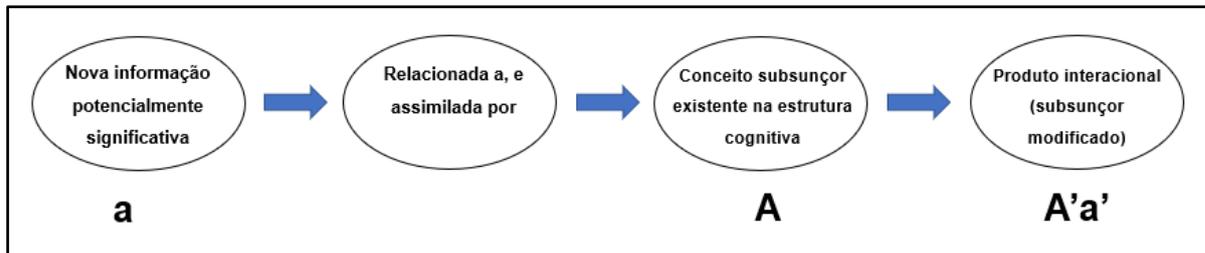
Um subsunçor, de forma mais genérica, é o nome dado a um conhecimento específico que já existe na estrutura de conhecimentos do indivíduo. Ele poderá ter maior ou menor estabilidade, ou seja, pode ser mais ou menos rico em termos de significados. No momento que ocorrer a aprendizagem significativa, os novos conhecimentos adquiridos irão interagir com os subsunçores e o sujeito terá os conhecimentos prévios ressignificados e com maior estabilidade cognitiva, isto é, conforme os novos conhecimentos vão sendo construídos, o subsunçor ficará mais diferenciado e mais rico em conceitos, facilitando cada vez mais as novas aprendizagens. Como apresentado no exemplo de Moreira (2011, p. 14):

Por exemplo, para um aluno que já conhece a Lei da Conservação da Energia aplicada à energia mecânica, resolver problemas em que há transformação de energia potencial em cinética e vice-versa apenas corrobora o conhecimento prévio, dando-lhe mais estabilidade cognitiva e talvez maior clareza. Mas se a primeira Lei da Termodinâmica lhe for apresentada [...] como a Lei da Conservação da energia aplicada a fenômenos térmicos, ele dará significado a essa nova lei na medida em que “acionar” o subsunçor Conservação da Energia, mas este ficará mais rico, mais elaborado, terá novos significados, pois a Conservação da energia aplicar-se-á não só ao campo conceitual da Mecânica, mas também ao da Termodinâmica.

Esta forma de aprendizagem significativa, em que temos uma nova ideia ou conceito mais abrangente que passa a subordinar conhecimentos prévios, é chamada de *aprendizagem significativa superordenada*. Não é uma aprendizagem muito comum de acontecer, pois a maneira mais típica de aprender significativamente é quando um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio relevante, chamada de *aprendizagem significativa subordinada*.

Para tornar mais claro o processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva, Ausubel propõe a *teoria da assimilação*. Esta teoria, na visão dele, possui valor explicativo tanto para a aprendizagem como para a retenção (MOREIRA, 2005). Nessa teoria teremos a nova informação potencialmente significativa que irá interagir com o subsunçor existente na estrutura cognitiva do estudante, gerando assim um produto interacional que será o conhecimento construído, ou seja, um subsunçor modificado. Essa teoria da assimilação pode ser representada esquematicamente na Figura 1:

Figura 1. Representação esquemática da teoria da assimilação.



Fonte: (MOREIRA, 2005).

3.5.2 Os organizadores prévios

Ausubel fala que para a nova aprendizagem é preciso utilizar o que ele chama de *organizadores prévios*, que servirão como âncora para aprender os novos conceitos e levar ao desenvolvimento dos novos subsunçores. Essa proposta é uma estratégia para instigar a estrutura cognitiva para facilitar a aprendizagem significativa. Um organizador prévio é um mecanismo pedagógico que ajuda a implementar estes princípios, estabelecendo uma ligação entre aquilo que o aprendiz já sabe e aquilo que precisa saber (AUSUBEL, 2000).

Os organizadores prévios são úteis para serem utilizados como introdução antes do material a ser aprendido. Segundo Moreira (2005), são apresentados com um nível maior de abstração e generalidade, tendo como função conectar o que o estudante já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa. Podemos dizer que os organizadores prévios funcionam como “pontes cognitivas”.

O organizador prévio poderá ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória ou uma simulação, como exemplos. Eles terão que ajudar o aprendiz na percepção de que os novos conceitos que serão estudados estão relacionados com os subsunçores que existem na sua estrutura cognitiva. Em sua definição para organizadores prévios, Moreira (2011, p. 31) os destaca:

Como recurso para mostrar que novos conhecimentos estão relacionados com conhecimentos prévios, organizadores devem ser sempre utilizados no ensino, pois o aluno muitas vezes não percebe essa relacionabilidade e pensa que os novos materiais de aprendizagem não têm muito a ver com seus conhecimentos prévios. Organizadores prévios devem ajudar o aprendiz a perceber que novos conhecimentos estão relacionados a ideias apresentadas anteriormente, a subsunçores que existem em sua estrutura cognitiva prévia.

Portanto, os organizadores prévios poderão ser usados como estratégia para suprir a carência de subsunçores, ressignificar os subsunçores existentes ou para mostrar a relação entre os novos conhecimentos que serão construídos com os conhecimentos prévios, fazendo esse elo entre a bagagem cognitiva do estudante e as novas informações que serão assimiladas na formação dos novos conhecimentos.

3.5.3 O Modelo de ensino de Gowin

Gowin foi um educador e filósofo da educação que fez inúmeras contribuições para o desenvolvimento da aprendizagem significativa. Na sua concepção, existe uma relação triádica entre professor, materiais educativos e o aluno. Para ele, um episódio de ensino-aprendizagem se caracteriza pela situação de compartilhamento de significados entre o aluno e o professor a respeito dos conhecimentos apresentados pelos materiais educativos do currículo.

O ensino se consuma quando o significado do material que o aluno capta é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o aluno (MOREIRA, 2011). Nessa relação triádica cabem algumas relações diádicas, conforme a Figura 2:

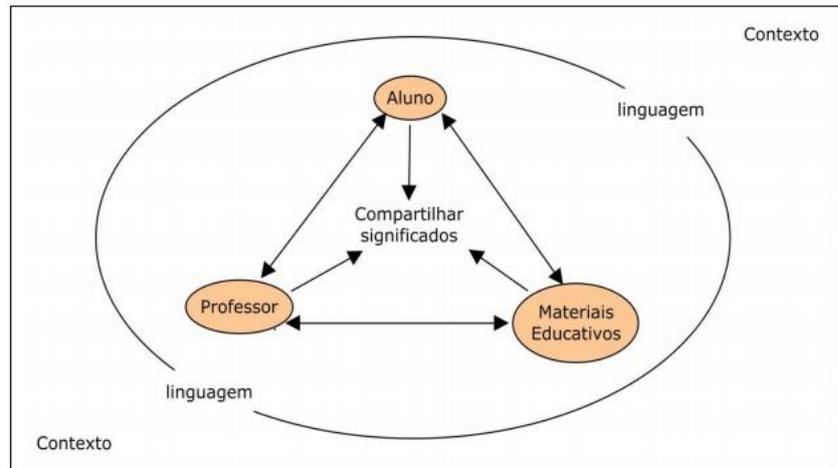
Figura 2. Relações diádicas no modelo de Gowin.



Fonte: Autor.

Cada uma dessas relações pode ser educativa ou degenerativa. As primeiras correspondem às que são estabelecidas de modo a ter lugar na relação triádica. As relações degenerativas são aquelas que se tornam tão autocontidas que interferem na concretização da relação triádica (MOREIRA, 2015). A Figura 3 apresenta o modelo proposto por Gowin:

Figura 3. O modelo triádico de Gowin.



Fonte: (MOREIRA, 2015).

O produto dessa relação triádica entre professor, materiais educativos e aluno é o compartilhamento de significados com a construção de uma linguagem rica em conceitos que estará dentro do contexto de um determinado assunto.

3.5.4 Os mapas conceituais e a aprendizagem significativa

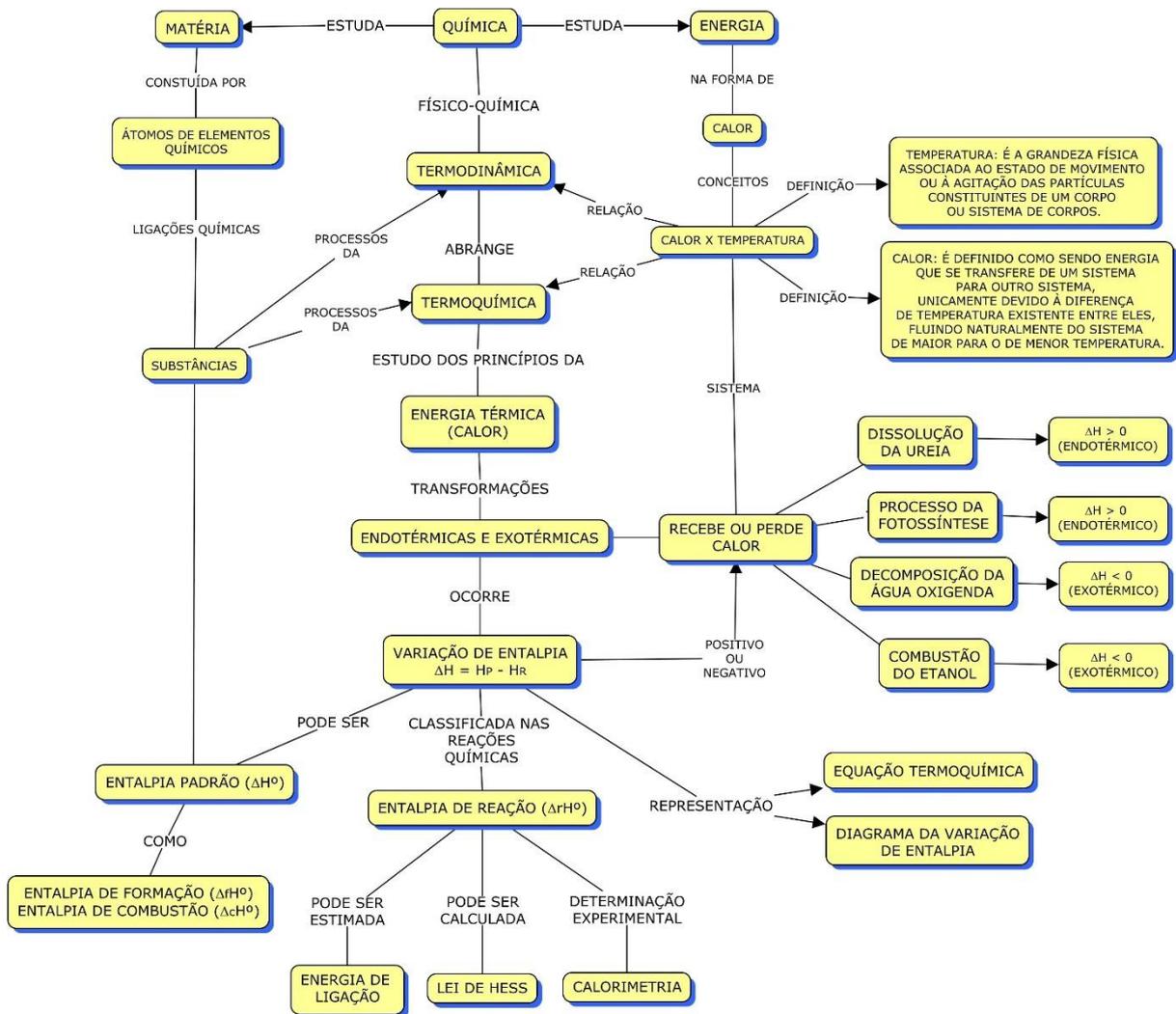
Segundo Moreira (2011), mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos.

É uma técnica que foi desenvolvida por Joseph Novak nos anos 1970, na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, e que se difundiu para muitos lugares do mundo. Os mapas conceituais na proposta de Novak (1998) são considerados uma estrutura construída de forma hierárquica dos conceitos que serão apresentados. Esses mapas, apesar de apresentarem uma organização hierárquica, não devem ser confundidos com organogramas ou diagramas de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade ou direcionalidade, nem hierarquias organizacionais ou de poder (MOREIRA, 2005). É uma ferramenta que se estrutura dentro da Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel.

Os mapas conceituais podem seguir um modelo hierárquico com conceitos mais importantes na parte superior do mapa e conceitos mais gerais na parte inferior. Esse modo de construção é apenas um modelo, pois os mapas conceituais não possuem necessariamente esse tipo de hierarquia (MOREIRA, 2011).

No entanto, sempre deverá ficar claro ao construir um mapa conceitual quais são os conceitos mais importantes e quais são os secundários. A seguir podemos ver o exemplo da Figura 4, um mapa conceitual que elaboramos para representar a construção dos conceitos estudados na Termoquímica:

Figura 4: Mapa conceitual sobre o estudo da Termoquímica.



Fonte: Autor.

O mapa conceitual construído indica os níveis de compreensão acerca dos principais conceitos em um modelo hierárquico do conhecimento sobre Termoquímica no Ensino Médio. Esse mapa foi construído a partir dos principais conceitos que são estudados na Termoquímica e que estão apresentados nos parâmetros curriculares e nos materiais didáticos de Química. A partir desse modelo de mapa conceitual é que poderá ser realizada a avaliação dos mapas construídos

pelos estudantes e observar quais são as relações que eles conseguem fazer com os conceitos estudados na Termoquímica.

Observamos que o sentido dessa construção ocorre da parte superior para a parte inferior. No Quadro 7, os conceitos sobre a Termoquímica para o estudo no Ensino Médio que foram escolhidos para a elaboração do mapa conceitual:

Quadro 7: Conceitos da Termoquímica no Ensino Médio.

Termo Conceitual	Nível de compreensão
Termoquímica	Relação da Termoquímica com a Termodinâmica; compreender que a Termoquímica estuda a energia que é liberada ou absorvida, sob a forma de calor, em processos de interesse da Química, tais como as mudanças de fase (solidificação, fusão, vaporização, condensação etc.) e as reações químicas; saber diferenciar os conceitos de calor e temperatura.
Processos endotérmicos e exotérmicos	Compreender que no processo exotérmico sai energia do sistema (libera calor para a vizinhança). E no processo endotérmico entra energia no sistema (absorve calor da vizinhança).
Entalpia	A entalpia (H) de um sistema é uma grandeza (expressa em unidade de energia) que informa a quantidade de energia desse sistema que poderia ser transformada em calor em um processo a pressão constante.
Variação de entalpia	A variação de entalpia (ΔH) de um sistema informa a quantidade de calor trocado por esse sistema, a pressão constante. O sinal do ΔH informa se o processo é exotérmico ($\Delta H < 0$) ou endotérmico ($\Delta H > 0$).
Entalpia de formação	O ΔH° para a reação de formação de uma substância a partir de reagentes que sejam substâncias simples, todas no estado-padrão, no estado físico mais estável e na variedade alotrópica escolhida como referência e denominado entalpia-padrão de formação (ΔH°_f) da substância.

Termo Conceitual	Nível de compreensão
Entalpia de combustão	O ΔH° para a reação de combustão de uma substância, estando reagentes e produtos no estado-padrão, é denominado entalpia-padrão de combustão (ΔH°_c) da substância. É expresso geralmente em kJ/mol.
Entalpia de reação	A maior utilidade do conceito de ΔH é permitir expressar as variações energéticas em reações químicas. Indicar os processos químicos endotérmicos ou exotérmicos.
Energia de ligação	A energia de ligação é a variação de entalpia da reação em que um mol de ligações é quebrado, estando o reagente e os produtos dessa quebra no estado gasoso. A quebra é um processo endotérmico. A formação é um processo exotérmico.
Equação termoquímica	Para que uma equação termoquímica possa estar representada de modo completo, devem estar presentes as seguintes informações: <ul style="list-style-type: none"> • os coeficientes estequiométricos e o estado físico de todos os participantes; • a especificação da variedade alotrópica, quando for o caso; • a temperatura e a pressão em que a reação ou a mudança de fase é realizada; • o ΔH do processo.
Lei de Hess	A variação de entalpia de uma reação é igual à soma das variações de entalpia das etapas em que essa reação pode ser desmembrada, mesmo que esse desmembramento seja apenas teórico.
Calorimetria	A calorimetria é o estudo do calor transferido durante um processo físico ou químico. O conceito da calorimetria envolve a aplicação da Primeira Lei da Termodinâmica que estabelece que a energia é conservada nas transformações.

Fonte: (CANTO, 2016).

Para o processo de avaliação de um outro mapa conceitual sobre os conceitos de Termoquímica podemos utilizar esse modelo de mapa como uma referência. Precisamos ter clareza quais conceitos serão avaliados e que o mapa a ser analisado não estará errado se não estiver exatamente como o modelo de mapa conceitual pré-estabelecido.

Mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas, de hierarquias conceituais, se assim for o caso. Os mapas conceituais não devem ser confundidos com os mapas mentais, que são associacionistas, isto é, não se ocupam de relações entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente. Não devem, igualmente, ser confundidos com quadros sinópticos que são diagramas classificatórios. Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los (MOREIRA, 2011).

Segundo Tavares (2007), o mapa conceitual hierárquico se coloca como um instrumento adequado para estruturar o conhecimento que está sendo construído pelo aprendiz, assim como uma forma de explicitar o conhecimento de um especialista. Ele é adequado como instrumento facilitador da aprendizagem. Quando um estudante utiliza o mapa conceitual durante o processo de aprendizagem de determinado tema, fica claro para ele as suas dificuldades de entendimento. Esse será um processo de construção e reconstrução constante. Na visão de Tavares (2007, p. 74):

Esse ir e vir entre a construção do mapa e a procura de respostas para suas dúvidas irá facilitar a construção de significados sobre o conteúdo que está sendo estudado. O aluno que desenvolver essa habilidade de construir seu mapa conceitual enquanto estuda determinado assunto, está se tornando capaz de encontrar autonomamente o seu caminho no processo de aprendizagem.

Como estratégia, os mapas conceituais podem ser usados para organizar os conceitos estudados em uma aula ou em uma unidade de estudo, por exemplo. Entretanto, diferentemente de outros materiais didáticos, deve-se ter a clareza de que os mapas conceituais não são autoexplicativos, e devem ser explicados por quem os construiu. Além disso, embora possam ser usados para dar uma visão geral do tema em estudo, é preferível usá-los quando os alunos já têm uma certa familiaridade com o assunto, de modo que sejam potencialmente significativos e

permitam a integração, reconciliação e diferenciação de significados de conceitos (MOREIRA, 2011).

Como instrumento de avaliação da aprendizagem dos estudantes, os mapas conceituais podem ser usados para se ter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento que foi estudado. Sendo assim, é uma ferramenta apropriada para uma avaliação qualitativa e formativa da aprendizagem. De acordo com Moreira (2005), trata-se basicamente de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno.

3.6 SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DA TERMOQUÍMICA

De acordo com Zabala (1998), uma Sequência Didática (SD) deve apresentar uma série de estratégias de ensino que auxiliem na construção do conhecimento científico. É um material que pode auxiliar na forma de como é organizado o ensino de um determinado tema ou conteúdo. Na área da educação dizemos que uma SD compreende uma série de atividades estruturadas, sendo essas aulas da sequência didática organizadas com estimativa de tempo de realização para as diferentes estratégias de ensino e os processos de avaliação da aprendizagem.

A sequência didática é um processo que não só contribui para que o aluno aprenda certos conteúdos, mas também faz com que aprenda a aprender e que aprenda que pode aprender. Sua repercussão não se limita ao que o aluno sabe, igualmente influi no que sabe fazer e na imagem que tem de si mesmo (ZABALA, 1998). Portanto, as sequências didáticas podem ser consideradas como um conjunto de atividades estruturadas e articuladas para a concretização de alguns objetivos educacionais, tendo um começo e um fim conhecido tanto pelos professores quanto pelos estudantes.

Podemos ter vários tipos de sequências didáticas em relação a aprendizagem dos diferentes conteúdos. A sequência elaborada para essa pesquisa apresenta como foco da aprendizagem os conteúdos procedimentais e atitudinais. No Quadro 8 podemos ver as características de cada um desses dois tipos de conteúdo para a SD:

Quadro 8: Os processos de aprendizagem.

Conteúdos procedimentais	Conteúdos atitudinais
<ul style="list-style-type: none"> • Um conteúdo procedimental - que inclui entre outras coisas as regras, as técnicas, os métodos, as destrezas ou habilidades, as estratégias, os procedimentos - é um conjunto de ações ordenadas e com um fim, quer dizer, dirigidas para a realização de um objetivo. • São conteúdos procedimentais: ler, desenhar, recortar, observar, calcular, classificar, traduzir etc. • Conteúdos que, como podemos ver, apesar de terem como denominador comum o fato de serem ações ou conjunto de ações, são suficientemente diferentes para que a aprendizagem de cada um deles tenha características bem específicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • As características diferenciadas da aprendizagem dos conteúdos atitudinais estão relacionadas com a distinta importância para os componentes cognitivos e afetivos. • Os processos vinculados à compreensão e elaboração dos conceitos associados ao valor e tomada de posição, envolvem um processo marcado pela necessidade de elaborações complexas de caráter pessoal. • A vinculação afetiva necessária para que o que se compreendeu seja interiorizado e apropriado implica a necessidade de estabelecer relações afetivas condicionadas pelas necessidades pessoais e o ambiente em que a pessoa se encontra inserida.

Fonte: (ZABALA, 1998).

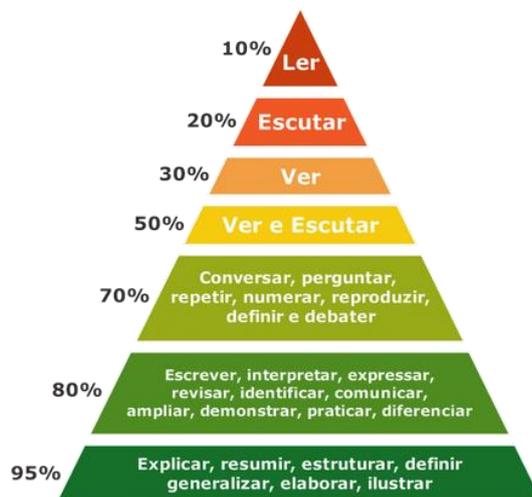
Neste caso, com essa sequência didática que tem como objetivo a aprendizagem dos conteúdos procedimentais e atitudinais, os estudantes ao final do processo terão adquirido as habilidades e as competências necessárias para classificar os conceitos básicos da Termoquímica e aplicar esses conhecimentos para diferenciar a linguagem científica da que é usada no cotidiano.

As etapas de uma sequência didática são importantes para a construção de uma aprendizagem mais ativa. Reforçando essa ideia, destacamos o trabalho do psiquiatra norte-americano William Glasser, que elaborou um esquema de organização que classifica as etapas da aprendizagem.

Ele acreditou em um ensino mais ativo e demonstrou sua teoria com uma pirâmide de aprendizagem, onde aprendemos 95% quando ensinamos a outros; 80% quando fazemos; 70% quando discutimos com alguém; 50% quando vemos e

ouvimos; 30% quando observamos; 20% quando ouvimos e somente 10% quando lemos (GLASSER, 2001). Na Figura 5 vemos a representação esquemática:

Figura 5: Pirâmide de aprendizagem de William Glasser.



Fonte: Borelli Academy.

Disponível em: <<https://www.borelliacademy.com.br/artigo/piramide-de-william-glasser>>

A organização das sequências didáticas para o ensino de algum conteúdo permite que os estudantes saibam os objetivos das atividades e o que é esperado em relação à aprendizagem. Dessa forma, ficarão mais evidentes os processos para a realização das tarefas com a mediação do professor, de modo que, ao longo do trabalho, os estudantes passarão por diversas etapas e, ao terminar, poderá ser analisado o percurso e feita a avaliação da aprendizagem. O resultado esperado é o de que os estudantes possam apresentar, dentro das etapas da aprendizagem de Glasser, valores acima dos 70% para as habilidades e competências construídas na unidade de Termoquímica.

Para este trabalho de elaboração e proposta de uma SD no ensino da Termoquímica, foi realizada previamente uma pesquisa em diferentes bases de dados na internet, tais como o repositório da UFRGS (Lume), repositório de dissertações e produtos do PROFQUI e Google Acadêmico. A busca realizada se deu a partir da expressão *Sequência didática no ensino da termoquímica*. Com essa pesquisa foi possível observar que já existem alguns trabalhos com o uso de sequência didática ou, conforme o termo adotado, unidade de ensino potencialmente significativa para ensinar os conceitos básicos da termoquímica no ensino médio.

No Quadro 9, os principais trabalhos pesquisados e que foram tomados como referência para a elaboração da sequência didática:

Quadro 9: Materiais para o ensino da Termoquímica.

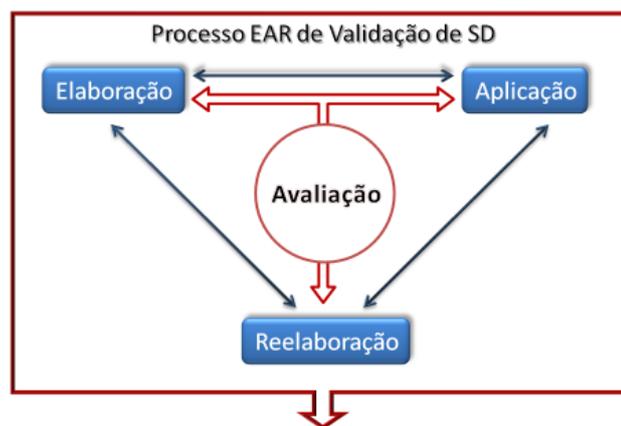
ANO	TÍTULO	AUTORIA	ABORDAGEM
2020	SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO DE TERMOQUÍMICA: EXPERIMENTOS INVESTIGATIVOS DESENVOLVIDOS EM GRUPO	LIMA, 2020.	Sequência didática aborda o conteúdo de Termoquímica através da experimentação por investigação.
2019	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DOS CONCEITOS DE TERMOQUÍMICA: UM ESTUDO UTILIZANDO MAPAS CONCEITUAIS	KUNZLER, BEBER e KUNZLER, 2019.	Unidade de Ensino que aborda os conceitos de Termoquímica com a temática Alimentos.
2019	PROPOSTA E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAR O CONTEÚDO DE TERMOQUÍMICA NO ENSINO MÉDIO	PEREIRA, 2019.	Sequência didática sobre o ensino de Termoquímica e algumas possibilidades metodológicas.
2019	PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA CONCEITOS DE TERMOQUÍMICA NO ENSINO BÁSICO SOB UMA ABORDAGEM CTS	DA COSTA, 2019.	Plano de aula sobre Termoquímica com uma abordagem CTS sobre o tema combustíveis.
2016	INTERVENÇÃO DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TERMOQUÍMICA: UMA PROPOSTA PARA FORMAÇÃO INICIAL E CONTINUIDADE DE PROFESSORES DE QUÍMICA	MAIDANA, 2016.	Oficina para trabalhar práticas pedagógicas para o ensino de Termoquímica utilizando atividades experimentais e simulação computacional.
2016	CABUM: EXPLODIU, E AGORA? OS ACIDENTES QUÍMICOS E A SOCIEDADE	IVANOV, <i>et al.</i> , 2016.	Sequência didática que aborda os conceitos de reações químicas e cuidados no laboratório utilizando diferentes estratégias de ensino.
2016	CALORIAS DOS ALIMENTOS – UMA ABORDAGEM TEMÁTICA E LÚDICA PARA O ENSINO DE TERMOQUÍMICA	GONÇALVES, 2016.	Estratégias de ensino para abordar conceitos estudados em termoquímica como energia, calor, temperatura e caloria com o valor energético dos alimentos.
2016	CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO DE TERMOQUÍMICA POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NO CENÁRIO REGIONAL “QUEIMADAS” COM EXPERIMENTOS INVESTIGATIVOS	LORENZONI, 2016.	Sequência didática, com experimentos investigativos, contextualizada no tema “Queimadas”, considerado um cenário regional no estado de Mato Grosso do Sul.
2015	CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O CONTEÚDO DE TERMOQUÍMICA.	DA SILVA, 2015.	Unidade didática de ensino que trabalha o conteúdo de Termoquímica a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e Moreira.

Fonte: Autor.

Assim, na elaboração da sequência didática apresentada como produto deste trabalho, tivemos o cuidado de estruturá-la para que, os tipos de estratégias de ensino adotados e os objetivos de avaliação da aprendizagem para as aulas sobre a Termoquímica, tornasse essa SD um material diferente daqueles materiais didáticos encontrados na pesquisa realizada. A proposta possui variadas estratégias de ensino, mesclando aulas expositivas com atividades de metodologias ativas e atividades experimentais. Na avaliação, os objetivos são a análise da ocorrência da aprendizagem significativa, segundo David Ausubel e Marco Antonio Moreira, para os conceitos de Termoquímica apresentados nas Diretrizes Curriculares, PCN+ (2002), Orientações Curriculares do Ensino Médio (2006) e a BNCC (2017), e a análise da construção das competências e habilidades sobre a Termoquímica presentes na Matriz do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

A partir da sequência didática elaborada, os próximos passos são a aplicação e a posterior validação com os resultados obtidos em relação a aprendizagem dos estudantes. Essa validação poderá ser realizada através do processo de *elaboração, aplicação e reelaboração* (EAR). A Figura 6 mostra um esquema do processo de validação:

Figura 6: Representação esquemática do Processo EAR.



Desenvolvimento Profissional Docente

Fonte: (GUIMARÃES e GIORDAN, 2013).

Segundo os autores Guimarães e Giordan (2013), este processo EAR se consolida por meio de análises e avaliações de cada uma das etapas da sequência didática. Como consequência, as SD são validadas em um processo que promove o desenvolvimento profissional do professor, visto que a definição dos conteúdos,

conceitos estudados, a identificação das condições de ensino e a seleção de dinâmicas e metodologias se materializam segundo um objeto de ensino que deverá ter uma relação com o plano anual de ensino da escola.

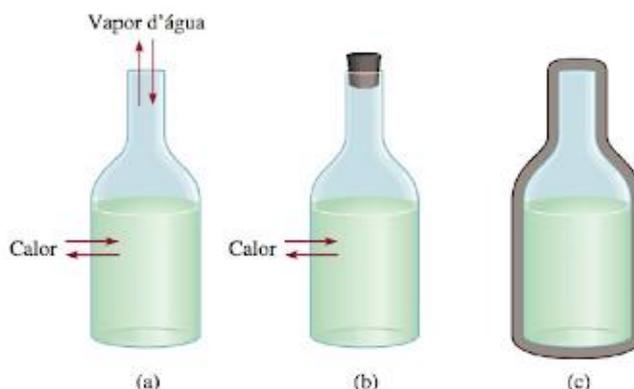
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 ALGUNS CONCEITOS BÁSICOS DA TERMODINÂMICA

A Lei da Conservação da Energia rege o primeiro princípio da Termodinâmica. Na Química muitas vezes ouvimos e falamos em *sistemas* e *vizinhanças*. Nas investigações em termodinâmica, o universo se divide em duas partes: o sistema e as vizinhanças do sistema (ATKINS e DE PAULA, 2012).

O sistema pode ser classificado em aberto, fechado ou isolado. O é *sistema aberto* quando há a passagem de matéria através da fronteira entre o sistema e as suas vizinhanças. Se a matéria não passar através das fronteiras, teremos um *sistema fechado*. Tanto o sistema aberto como o fechado podem trocar energia com as suas vizinhanças. E por fim, classificamos como um *sistema isolado* quando este não tem contato mecânico nem térmico com suas vizinhanças. Na figura 7 podemos ver a representação dos três tipos de sistemas:

Figura 7: Sistema aberto, sistema fechado e sistema isolado: (a), (b) e (c).



Fonte: Arquivo BioQui (Rafael Henrique). Disponível em:

<http://arquivobioqui.blogspot.com/2015/09/sistema-aberto-sistema-fechado-e.html>

Em relação às propriedades do sistema, de acordo com Bastos, Rodrigues e Souza (2011), falamos que os atributos físicos são percebidos pelos sentidos ou por métodos experimentais. Podem ser mensuráveis e não mensuráveis.

As *propriedades mensuráveis* são aquelas a que podemos atribuir valores numéricos, por meio de comparações diretas ou indiretas. As propriedades mensuráveis são classificadas como extensivas e intensivas. Já as *propriedades*

não mensuráveis são aquelas que não se pode atribuir valores numéricos. Conforme apresentado no Quadro 10:

Quadro 10: Propriedades mensuráveis e não mensuráveis.

Propriedades mensuráveis	Propriedades não mensuráveis
<p>Propriedades extensivas: são aquelas que dependem do tamanho do sistema.</p> <p>Exemplos: Volume (V), Massa (m), Número de Mols (n).</p> <p>Propriedades intensivas: são aquelas que não dependem do tamanho do sistema.</p> <p>Exemplos: Pressão (P), Temperatura (T), Densidade (d).</p>	<p>Propriedades sem atribuição de valores numéricos.</p> <p>Exemplos: Estado de agregação do sistema, tipos de substâncias que compõem o sistema etc.</p>

Fonte: Autor.

Na Termodinâmica, os três conceitos básicos, energia, calor e trabalho, se relacionam fortemente. De acordo com a descrição feita por Russel (1994), a *energia* de um sistema é a sua capacidade de efetuar trabalho. É usualmente representada pelo símbolo U . Quando a energia do sistema é alterada devido à diferença de temperatura entre o sistema e as suas vizinhanças, dizemos que a energia foi transferida na forma de *calor*. O calor é representado pela letra q . O *trabalho* pode ser descrito como o movimento contra uma força que se opõe ao deslocamento, geralmente representado pelo símbolo w . No exemplo citado por Oliveira e Santos (1998, p.2):

Na verdade, o que é convertido em calor (energia térmica) e em trabalho mecânico não é a energia química armazenada no óleo e sim o saldo energético do processo de queima. Na reação de combustão, dentre os diversos fatores que contribuem para a produção de energia, os mais significativos são os referentes à quebra e à formação de ligações químicas intra e intermoleculares: o processo de quebra das ligações da(s) substância(s) combustível(eis) e do comburente é endotérmico, enquanto o processo de formação de novas ligações nos produtos é exotérmico. A energia térmica resultante (a energia liberada é maior que a absorvida) da combustão — e não simplesmente a energia química contida no óleo — é que permite aquecer o ar, mover o pistão etc.

Assim, observamos que, ao juntar esses três conceitos, energia, calor e trabalho, podemos ver a relação existente entre eles nos mais diversos processos

de transformação, desde as suas origens no entendimento do funcionamento da máquina a vapor até os dias atuais. De acordo com Oliveira e Santos (1998), com o primeiro princípio da Termodinâmica, o termo energia passou a ser bastante utilizado no vocabulário científico.

4.2 A TERMOQUÍMICA

Quando se estuda a Termoquímica, as portas da Físico-Química se abrem para um mundo de conceitos e significados relacionados com a energia e as transformações. Na definição de Pilla (2010), a Físico-Química é uma ciência integradora de grandes áreas do conhecimento. Por isso ela tem, antes de tudo, um valor formativo do pensamento científico, do espírito crítico e da capacidade interpretativa da realidade que nos cerca.

A Termoquímica refere-se ao estudo das transferências de calor (energia) que ocorrem durante as transformações químicas e algumas transformações físicas. É uma parte da disciplina de Termodinâmica (RUSSELL, 1994).

4.2.1 O calor e a temperatura

Os conceitos de calor e temperatura, bem como a transferência de calor entre os corpos e o equilíbrio térmico são essenciais para o estudo da Termodinâmica e da Termoquímica. Sabe-se que a Termoquímica, como parte da Termodinâmica, preocupa-se em abordar as trocas de calor (energia) existentes nos diversos processos, tais como reações de combustão ou de formação e nas mudanças de fases e processos de dissolução.

Tanto a área da Física quanto a da Química interessam-se pelo estudo das trocas térmicas entre os corpos. Francis Bacon (1561-1626), um dos fundadores da ciência experimental moderna, buscou reunir elementos que pudessem explicar a natureza e melhor colocar o calor a serviço da humanidade (OLIVEIRA e SANTOS, 1998).

De acordo com Barros (2009), quando dois corpos são colocados em contato, a temperatura é um parâmetro que determina se haverá ou não transferência de energia, na forma de calor, entre esses corpos, e em que direção se dará essa transferência. Nessa definição, supõe-se contato diatérmico, sendo possível a troca

de calor entre os corpos. Se não houver a transferência de energia (calor) diz-se que existe um equilíbrio térmico entre os corpos e que eles têm a mesma temperatura. Devemos iniciar essa discussão com uma abordagem objetiva dos conceitos macroscópico e submicroscópico de temperatura.

A partir das interpretações de Barros (2009), o conceito científico de temperatura, uma visão macroscópica, é um parâmetro indicativo se ocorreu ou não a transferência de calor entre dois corpos em contato e em qual sentido ocorreu essa transferência. Se não ocorrer transferência de calor, poderemos afirmar que os corpos estão na mesma temperatura (equilíbrio térmico). A visão submicroscópica de temperatura está relacionada com a energia cinética média das partículas que constituem um sistema, quanto maior for a energia cinética média das partículas, maior será a temperatura do sistema. Segundo Atkins e Paula (2012, p. 37):

O movimento térmico das moléculas nas vizinhanças quentes de um sistema frio estimula a movimentação mais vigorosa das moléculas do sistema e, em virtude disso, a energia do sistema aumenta. Quando o sistema aquece as suas vizinhanças, são as moléculas do sistema que estimulam o movimento térmico das moléculas nas vizinhanças.

Em termos moleculares, calor é a transferência de energia que faz uso do movimento aleatório das moléculas. Esse movimento desordenado das moléculas é chamado de *movimento térmico*.

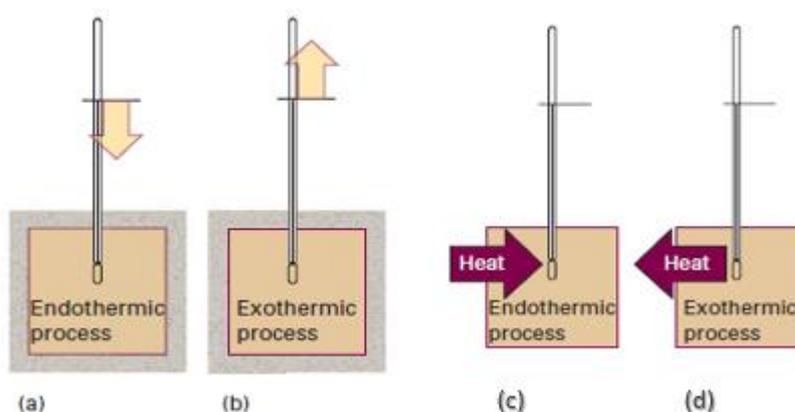
4.2.2 Os processos endotérmicos e exotérmicos

As transformações químicas ou mudanças de estado físico que absorvem calor (energia) são classificadas como *processos endotérmicos* (o prefixo “endo” significa para “dentro”). Já os processos que liberam calor (energia) são classificados como *processos exotérmicos* (o prefixo “exo” significa para “fora”). De regra geral, podemos dizer que nos processos exotérmicos, o sistema perderá calor e o ambiente será aquecido. E nos processos endotérmicos, o sistema receberá calor e o ambiente será resfriado.

Na Figura 8, podemos ver as imagens (a) e (b) que representam as trocas de calor num sistema com fronteiras adiabáticas e (c) e (d) que representam as trocas de calor num sistema com fronteiras diatérmicas. De acordo com Atkins e Paula (2012): (a) Quando um processo endotérmico ocorre num sistema com fronteiras adiabáticas, a temperatura do sistema cai; (b) Se o processo for exotérmico, então a

temperatura do sistema se eleva; (c) Quando ocorre um processo endotérmico num sistema com fronteiras diatérmicas, há entrada de energia no sistema, na forma de calor, a partir das vizinhanças, e a temperatura do sistema permanece inalterada; (d) Se o processo for exotérmico, a energia é liberada como calor, e o processo é isotérmico.

Figura 8: Trocas de calor num sistema com fronteiras adiabáticas e num sistema com fronteiras diatérmicas.



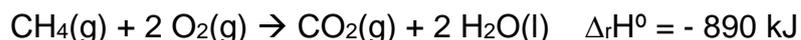
Fonte: (ATKINS e DE PAULA, 2012 – Adaptado).

4.2.3 Variação de entalpia das transformações químicas

A maioria dos processos ocorrem à pressão constante do que a volume constante, por esse motivo, os processos à pressão constante são mais importantes e mais estudados pelos químicos. O calor absorvido sob condições de pressão constante é representado de um modo especial. É chamado variação de entalpia, ΔH , do sistema. Isto é, $q = \Delta H$, à pressão constante (RUSSEL, 1994). A unidade utilizada no Sistema Internacional de medidas (SI) para energia é o Joule (J) (GRANDEZAS, UNIDADES E SÍMBOLOS – IUPAC, 2018).

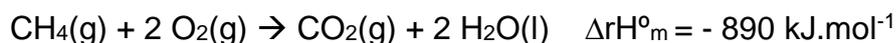
Para uma reação química realizada à pressão constante, a quantidade de calor liberado ou absorvido é expressa na forma de variação de entalpia, calor de reação ou entalpia de reação, sendo representada pelo símbolo ΔH ou $\Delta_r H$.

Segundo Atkins e Paula (2012), existem duas maneiras de registrar a variação de entalpia que acompanha uma reação química. Uma é escrever a equação termoquímica, a combinação de uma equação química com a correspondente variação de entalpia-padrão, conforme equação abaixo:



e que $\Delta_r H^\circ$ é a variação de entalpia quando os reagentes nos seus respectivos estados padrão se transformam em produtos.

Alternativamente, escrevemos a equação química e então registramos a entalpia-padrão de reação, $\Delta_r H^\circ$. Assim, para a reação de combustão exemplificada anteriormente escrevemos, conforme a equação abaixo:



Podemos observar que aparece o “por mol” de $\Delta_r H_m^\circ$ já que agora estamos representando o valor de entalpia molar. A definição de entalpia-padrão de reação é dada pela expressão, em que cada uma das entalpias molares das espécies está multiplicada pelo respectivo coeficiente estequiométrico, ν (adimensional e positivo):

$$\Delta_r H^\circ = \sum_{\text{produtos}} \nu H_m^\circ - \sum_{\text{reagentes}} \nu H_m^\circ$$

4.2.4 A Lei de Hess

Foi em 1840 que Germain Henri Hess, médico e químico suíço naturalizado russo, publicou o seu artigo mais conhecido, onde descreveu os princípios que constituem a base daquela que hoje é conhecida como a Lei de Hess, denominada em sua homenagem (LIMA, 2015).

As entalpias padrão de reações químicas individuais podem ser combinadas para a obtenção da entalpia de outra reação. As reações individuais nem sempre são possíveis de serem realizadas na prática. Para o cálculo, podem ser equações hipotéticas. A única exigência é que as equações químicas estejam com os coeficientes estequiométricos equilibrados. Conforme apresentado por Atkins e Paula (2012), a base Termodinâmica da Lei de Hess é a independência de $\Delta_r H^\circ$ em relação ao caminho da reação, ideia que é corroborada por Lima (2015, p. 1):

A lei de Hess surge na Termoquímica como uma consequência do princípio da conservação da energia e do facto de uma função de estado depender apenas dos estados inicial e final e não do caminho percorrido entre ambos. Refere-se à aditividade de valores de variação de entalpia padrão de reações químicas $\Delta_r H^\circ$ que podem ser utilizadas na estimativa da variação

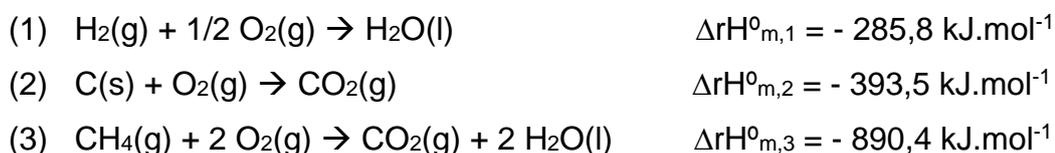
de entalpia de uma reação difícil (ou mesmo impossível) de medir experimentalmente.

Assim, podemos partir dos reagentes especificados, passar por quaisquer reações químicas, algumas delas hipotéticas, até chegar aos produtos especificados e ter o mesmo valor da variação da entalpia. A importância da Lei de Hess está na possibilidade de termos uma informação sobre certa reação, que pode ser difícil de ser determinada de forma direta, através do uso de informações obtidas em outras reações (ATKINS e PAULA, 2012).

Por exemplo, $\Delta_r H_m^0$ da reação de síntese do metano (CH_4) a partir da reação do carbono (grafite) com o hidrogênio gasoso (H_2), cuja equação química abaixo é:



De acordo com Lima (2015), o valor de $\Delta_r H_m^0$ obtido será de $-74,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, com base nas equações que serão somadas de (1) a (3) por aplicação de operações matemáticas como se fossem parcelas numa soma. Abaixo as equações apresentadas:



4.2.5 A calorimetria

Na definição de Atkins e Paula (2012), a calorimetria é o estudo do calor transferido durante um processo físico ou químico. O conceito da calorimetria envolve a aplicação da Primeira Lei da Termodinâmica que estabelece que a energia é conservada nas transformações (WOLF *et al.*, 2011).

O calorímetro é usado para medir a energia transferida na forma de calor. São aparelhos que medem as variações de energia em situações em que a temperatura desempenha um papel primordial (SIMONI e JORGE, 1990).

Assumpção *et al.* (2010), classificam os calorímetros conforme as suas trocas térmicas. São considerados *adiabáticos* quando não há troca de calor entre a célula e o ambiente (fronteira adiabática); *isotérmicos* quando as trocas de calor entre a célula e o ambiente são intensas (fronteira diatérmica) e *isoperibólico* quando o

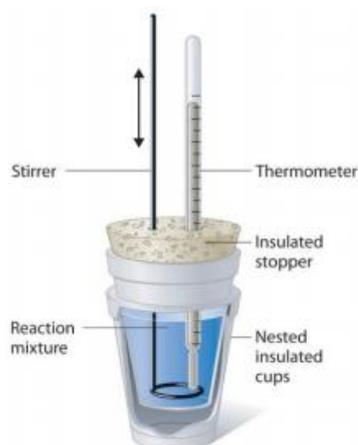
ambiente está a uma temperatura constante e as trocas de calor entre as duas partes são pequenas.

O calorímetro do tipo isoperibólico é o mais comum de ser encontrado, indo de modelos mais simples como os calorímetros de uso didático, um béquer num bloco de isopor e um termômetro, a modelos mais sofisticados como os calorímetros de alta precisão, usados no ensino avançado e para pesquisas (CHAGAS, 1992).

Pode-se medir calorimetricamente a variação de entalpia (ΔH), acompanhando-se a variação de temperatura de uma transformação física ou química que ocorra a pressão constante. Na variação da entalpia com a temperatura, a entalpia de uma substância aumenta quando a temperatura é elevada. A relação entre o aumento da entalpia e o aumento da temperatura depende das condições, por exemplo, volume constante ou pressão constante (ATKINS e PAULA, 2012).

Segundo Atkins e Paula (2012), a capacidade calorífica a pressão constante (C_p) relaciona a variação de entalpia com a variação de temperatura. Se essa capacidade calorífica for constante no intervalo de temperatura que se estiver investigando, tem-se que, para uma variação finita de temperatura $\Delta H = C_p \Delta T$, a pressão constante. Como um aumento de entalpia pode ser identificado como calor fornecido ao sistema a pressão constante, a forma prática desta última equação será, $q_p = C_p \Delta T$, a pressão constante. Na figura 9, um calorímetro simples que pode ser usado, por exemplo, para a determinação de entalpias de reação, de neutralização ou de decomposição.

Figura 9: Calorímetro simples.



Fonte: Físico-Química experimental (Instituto de Química – UFG).

Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/56/o/FQExpServ_P10_calorimetria.pdf>

Quando uma reação é realizada dentro de um calorímetro, é possível determinar o calor absorvido ou liberado. Segundo Wolf *et al.* (2011), para determinar as entalpias de reação, empregam-se calorímetros que consistem usualmente de uma câmara de reação, contendo um termômetro e um agitador. Os calorímetros são projetados para manter a transferência de calor entre o interior e as vizinhanças ao mínimo valor possível. A variação de entalpia para alguns tipos de reações tem nome especial como, por exemplo, na dissolução de um soluto em um solvente, essa variação é conhecida como entalpia de dissolução ou entalpia de solução.

Mais adiante será descrita a experimentação com um calorímetro simples e de baixo custo para a determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio, de acordo com a proposta de Braathen *et al.* (2008). Esse calorímetro construído para a determinação da entalpia de decomposição pode ser considerado isoperibólico, já que há uma pequena troca de calor entre o vaso calorimétrico e o meio ambiente (ASSUMPÇÃO *et al.*, 2010).

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

5.1 OS SUJEITOS DA PESQUISA

Para a aplicação desta Sequência Didática (SD) recomenda-se que o público-alvo sejam os estudantes da 2ª série do Ensino Médio. O critério de escolha está ligado ao fato dessa série ter no programa curricular de Química o estudo da Termoquímica. A pesquisa a ser realizada terá como sujeitos os estudantes de uma escola da rede pública estadual na cidade de Porto Alegre.

5.2 TIPO DE PESQUISA

A abordagem metodológica foi qualitativa, caracterizando-se como uma *pesquisa-ação* com a perspectiva de um *estudo exploratório*. Nesta pesquisa, com a elaboração da sequência didática, buscou-se contemplar propostas de avaliação da aprendizagem por meio de técnicas formativas como o uso de mapas conceituais e a utilização de formulários digitais para verificar os indícios numéricos e descritivos da aprendizagem significativa.

A proposta da sequência didática sobre Termoquímica será, a partir da sua elaboração e posterior aplicação, analisar a contribuição desta SD no processo de aprendizagem dos estudantes da 2ª série do Ensino Médio. Mostrar as evidências de que ocorreu uma aprendizagem significativa dos conceitos básicos de Termoquímica e que houve o desenvolvimento das habilidades e das competências, em relação ao estudo da Termoquímica, apresentadas nas Diretrizes Curriculares e na Matriz de Referência do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Esses resultados da aprendizagem dos estudantes servirão como validação da sequência didática proposta.

5.2.1 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos a serem aplicados, são na verdade, desdobramentos lógicos de elementos teóricos, das perguntas, das hipóteses, dos objetivos e do problema de pesquisa (MASSONI e MOREIRA, 2016). O delineamento orientará a pesquisa futura que será predominantemente qualitativa.

Segundo Massoni e Moreira (2016), a *Pesquisa Qualitativa* considera a existência de uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito. É descritiva, interpretativa, utiliza o método indutivo e foca principalmente no processo e nas perspectivas dos atores sociais envolvidos. Esta abordagem utiliza como procedimentos de coletas de dados mais comuns: entrevistas em profundidade, observações em suas diversas modalidades, grupos focais, questionários com perguntas abertas, isto é, com características menos rígidas comparados aos questionários padronizados da pesquisa quantitativa.

Na educação, quando se pretende melhorar a prática, é preciso considerar conjuntamente os processos e os produtos. Através da pesquisa-ação, os pesquisadores da área da educação conseguem produzir informações e conhecimentos de uso mais efetivo nos processos de ensino-aprendizagem. Na ideia de reconstrução das práticas de ensino em suas aulas, o professor no papel atuante de professor e pesquisador, precisará estar constantemente observando o planejamento e os objetivos da sua investigação. Segundo Thiollent (1986, p. 75):

Na reconstrução, não se trata apenas de observar ou de descrever. O aspecto principal é projetivo e remete à criação ou ao planejamento. O problema consiste em saber como alcançar determinados objetivos, produzir determinados efeitos, conceber objetos, organizações, práticas educacionais e suportes materiais com características e critérios aceitos pelos grupos interessados.

Na pesquisa-ação, os professores são incentivados a questionar suas próprias ideias e teorias educativas, suas próprias práticas e seus próprios contextos como objetos de análise e crítica (1988, *apud* MOREIRA, 2011). Os docentes, através de uma reflexão crítica, podem concluir que práticas de ensino antigas moldadas por hábito e tradição são inúteis ou irrelevantes na atualidade e que o ensino no contexto da pesquisa-ação, se concebe como uma forma de pesquisa dirigida a compreender como realizar a tradução dos valores educativos às formas concretas de prática (MOREIRA, 2011). Na visão reconstrutiva de Thiollent (1986), a produção das atividades pedagógicas e educacionais não é uma transmissão ou aplicação de informação. Essa concepção possui uma dimensão conscientizadora.

No processo da pesquisa, o estudo exploratório analisará o desenvolvimento dos passos previstos no projeto com o objetivo da validação da sequência didática. Segundo Brumer *et al.* (2008, *apud* MASSONI e MOREIRA, 2016), o estudo exploratório pode, também, ter por objetivo a aplicação e validação de um

questionário, a operacionalização de um roteiro, de uma estratégia didática buscando identificar vantagens, pontos positivos, dificuldades, necessidades de ajustes ou correções.

5.2.2 Construção da sequência didática

A construção da sequência didática para o ensino da Termoquímica no contexto da aprendizagem significativa foi feita pensando-se em 6 aulas para o seu desenvolvimento. Essas aulas estão descritas com maiores detalhes nos resultados da pesquisa. Infelizmente, como havia um prazo para a conclusão do mestrado, não foi possível aplicar essa SD a tempo de apresentar os resultados devido a pandemia do novo Coronavírus. A necessidade de transformar o ensino presencial em um ensino online e híbrido acabou por tornar irrealizável a aplicação do produto. No próximo ano, firmamos o compromisso de aplicar esta SD com os estudantes da 2ª série do ensino médio de uma escola da rede pública para então podermos avaliar a sua viabilidade e as suas potenciais contribuições para a aprendizagem significativa dos conceitos de Termoquímica.

A seguir, serão apresentados alguns instrumentos de coleta de dados como sugestões para que as professoras e os professores, na perspectiva do professor pesquisador, possam investigar as evidências da aprendizagem significativa a partir da aplicação desta sequência didática sobre a Termoquímica.

5.3 INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS

Durante o desenvolvimento da sequência didática, podem ser empregados diversos instrumentos de coleta de dados. Esses instrumentos podem ser analisados posteriormente para avaliar se os objetivos da SD foram atingidos e buscar indicadores se ocorreu a aprendizagem significativa dos conceitos básicos de Termoquímica. Para isso são propostos os seguintes instrumentos:

a) Questionário inicial do grupo investigado: esse questionário deverá ser aplicado antes do professor iniciar o estudo da Termoquímica com a SD. Serão as informações iniciais sobre o perfil de cada estudante que compõe o grupo a ser pesquisado. Nesse questionário, os participantes responderão perguntas abertas e

perguntas fechadas sobre aspectos pessoais e referentes ao estudo da Química. No instrumento utilizamos a escala *Likert* para as perguntas fechadas, empregando uma escala de 1 a 5 (1=DT Discordo Totalmente, 2=D Discordo, 3=NO Não Tenho Opinião, 4=C Concordo, 5=CT Concordo Totalmente). O modelo de questionário encontra-se disponível no formulário digital.

b) Mapas Conceituais elaborados pelos estudantes: o professor deverá fazer uma abordagem com os estudantes sobre a construção de um mapa conceitual. A construção do mapa conceitual deverá ser livre, podendo o aluno utilizar algum recurso digital ou não. Esse mapa será importante para que o professor possa identificar as concepções que os alunos têm sobre os primeiros conceitos discutidos a respeito do conteúdo. No final da unidade, será solicitado a elaboração de um novo mapa a fim de comparar a evolução da aprendizagem e a construção dos conceitos sobre a Termoquímica. Como indicação de recurso digital, os estudantes poderão utilizar, por exemplo, o site *Lucidchart* ou a ferramenta *CmapTools*.

c) Questionário de avaliação sobre Termoquímica: para a elaboração dessa atividade de avaliação na sequência didática foi utilizado como critério de escolha as questões sobre a Termoquímica dos últimos 10 anos do ENEM, questões de vestibulares em livros didáticos dos últimos 10 anos e questões dos últimos 5 anos das Olimpíadas de Química do RS. Essas questões escolhidas abrangem os critérios de avaliação da aprendizagem significativa, do ensino contextualizado e as habilidades e competências do ensino de Termoquímica presentes nos documentos curriculares oficiais que foram apresentados para essa pesquisa. O modelo de avaliação encontra-se disponível no formulário digital.

d) Questionário de Avaliação da Sequência Didática: o questionário deverá ser aplicado pelo professor no final do estudo da unidade sobre Termoquímica com a sequência didática. Essas informações serão utilizadas para avaliar a recepção dos estudantes com a sequência didática e analisar as opiniões destes frente ao desenvolvimento de uma aprendizagem significativa e contextualizada. Os resultados desse instrumento serão de suma valia para a validação da sequência didática, como também, para uma possível reestruturação de alguma aula ou metodologia que não funcionou como esperado. Os participantes responderão

perguntas fechadas sobre a sequência de aulas realizadas e as diferentes estratégias de ensino. No instrumento utilizamos a escala *Likert* para as perguntas fechadas, empregando uma escala de 1 a 5 (1=DT Discordo Totalmente, 2=D Discordo, 3=NO Não Tenho Opinião, 4=C Concordo, 5=CT Concordo Totalmente). O modelo de questionário encontra-se disponível no formulário digital.

e) Diário do Professor: no decorrer da aplicação da sequência didática, o professor deverá ter um caderno para fazer as suas anotações e observações sobre as aulas realizadas.

6 RESULTADOS

A sequência didática elaborada apresenta seis aulas que serão desenvolvidas em seis encontros, cada um deles com dois períodos (50 min cada período), totalizando cem minutos (100min) para cada aula. Para cada encontro apresentamos uma proposta com diferentes estratégias de ensino como: uso de subsunçores e organizadores prévios para introdução do assunto, aulas experimentais, aulas expositivas, expositivas dialogadas, sala de aula invertida, construção de mapas conceituais, apresentação oral e escrita.

As atividades nesta SD são simples e acessíveis, norteadas pela preocupação com a segurança e com o ambiente, cabendo ao professor o papel de organizar, orientar e auxiliar em cada etapa. No Quadro 11 apresentamos um resumo sobre a sequência das seis aulas elaboradas para o ensino da Termoquímica:

Quadro 11: Planejamento das aulas na sequência didática.

AULAS	DESENVOLVIMENTO	PERÍODOS (50 MIN)
<p style="text-align: center;">AULA 1</p> <p>Conhecimentos prévios sobre calor e temperatura</p>	<p>Conceitos de calor e temperatura.</p> <p>Objetivos de aprendizagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar a diferença entre calor e temperatura. • Interpretar o conceito de calor. • Interpretar o conceito de temperatura. <p>1º momento: organização da turma para as atividades em grupos.</p> <p>2º momento: atividade de leitura e contextualização – conceito de calor e temperatura.</p> <p>3º momento: atividade experimental sobre a conservação da energia – sistema adiabático e não adiabático.</p>	2
<p style="text-align: center;">AULA 2</p> <p>Introdução à Termoquímica</p>	<p>Levantamento dos conhecimentos prévios sobre Termoquímica.</p> <p>Objetivos de aprendizagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar diversos acontecimentos com a Termoquímica. • Elaborar um mapa conceitual (conhecimentos prévios). • Caracterizar os processos endotérmicos e exotérmicos. <p>1º momento: relação das imagens com o estudo da Termoquímica.</p> <p>2º momento: elaboração do mapa conceitual 1.</p> <p>3º momento: abordagem dos processos endotérmicos e exotérmicos.</p> <p>4º momento: atividade experimental – Compressas quentes e frias.</p> <p>5º momento: discussão do experimento.</p> <p>6º momento: material para estudo prévio – entalpia, variação da entalpia, entalpias de formação e combustão e energia de ligação.</p>	2

AULAS	DESENVOLVIMENTO	PERÍODOS (50 MIN)
<p style="text-align: center;">AULA 3</p> <p style="text-align: center;">Entalpia, Variação de Entalpia, Entalpia de Formação e Combustão e Energia de Ligação</p>	<p>Estudo da Termoquímica.</p> <p>Objetivos de aprendizagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender o conceito de entalpia e variação da entalpia. • Aplicações e as utilidades das entalpias de formação e combustão. • Relacionar a quebra das ligações químicas e a formação das novas ligações com os processos endotérmicos e exotérmicos. <p>1º momento: Abordagem sobre alguns conceitos de Termoquímica.</p> <p>2º momento: conceito de energia de ligação.</p> <p>3º momento: atividade sobre energia de ligação.</p> <p>4º momento: material para estudo prévio – calorimetria e o roteiro da construção do calorímetro.</p>	2
<p style="text-align: center;">AULA 4</p> <p style="text-align: center;">Calorimetria e a capacidade calorífica</p>	<p>Calorímetro de baixo custo.</p> <p>Objetivos de aprendizagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conceitos sobre calorimetria e capacidade calorífica. • Calibração de um calorímetro. <p>1º momento: abordagem dos conceitos sobre calorimetria.</p> <p>2º momento: abordagem sobre capacidade calorífica.</p> <p>3º momento: determinação da capacidade calorífica (C).</p>	2
<p style="text-align: center;">AULA 5</p> <p style="text-align: center;">Calorimetria, Entalpia de Reação e a Lei Hess</p>	<p>Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio.</p> <p>Objetivos de aprendizagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar a entalpia de reação através de um experimento de calorimetria. • Conceitos e aplicações da Lei de Hess. <p>1º momento: determinação da entalpia de uma reação.</p> <p>2º momento: abordagem da Lei de Hess.</p> <p>3º momento: atividade de avaliação dos conhecimentos construídos no estudo da Termoquímica.</p>	2
<p style="text-align: center;">AULA 6</p> <p style="text-align: center;">Encerramento da Unidade de Termoquímica</p>	<p>Fechamento da unidade e coletas de dados.</p> <p>Objetivos de aprendizagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar os conhecimentos prévios com os novos conhecimentos a partir do estudo da Termoquímica. <p>1º momento: correção da avaliação no Google Formulários.</p> <p>2º momento: apresentação oral do mapa conceitual 2.</p> <p>3º momento: vídeos sobre energia de ligação.</p> <p>4º momento: avaliação da sequência didática.</p>	2

Fonte: Autor.

Essas atividades propostas nas aulas da SD têm por objetivo promover a aprendizagem significativa conforme o referencial teórico proposto por David

Ausubel e Marco Antonio Moreira. A seguir, apresentaremos um pouco do detalhamento dessas aulas que estão no produto educacional.

6.1 APRESENTAÇÃO DAS AULAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Apresentamos essa proposta de sequência didática (SD) que é o produto desta dissertação de mestrado do Programa Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

6.1.1 Aula 1: Conhecimentos prévios sobre calor e temperatura

Objetivos de aprendizagem:

- Analisar a diferença entre calor e temperatura.
- Interpretar o conceito de calor.
- Interpretar o conceito de temperatura.

1º momento: Categorização do grupo da pesquisa

2º momento: organização da turma para as atividades em grupos de três a quatro estudantes. Importante que os grupos sejam os mesmos até o final desta sequência didática.

3º momento: atividade de leitura e contextualização – 50 min

Apresentar aos alunos uma reportagem extraída da internet, pelo noticiário “G1 – Natureza”, em 02/10/2020. O professor poderá projetar numa tela a notícia completa, disponibilizar o link para acesso em dispositivos móveis ou reproduzir o texto, imprimindo numa folha e distribuindo aos alunos para fazerem leitura individualmente.

“Onda de calor segue nesta sexta; no fim de semana, perde força em partes do Sudeste e do Sul” – acesso em 02/10/2020

Fonte: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2020/10/02/onda-de-calor-segue-nesta-sexta-no-fim-de-semana-perde-forca-em-partes-do-sudeste-e-do-sul.ghtml>

Após a leitura, os estudantes deverão discutir e responder por escrito em seus cadernos ou numa folha a seguinte pergunta:

Há alguma diferença entre as grandezas calor e temperatura, ou calor e temperatura são sinônimos?

Faça as discussões entre os grupos e analisando os argumentos, verifique se eles já são capazes de diferenciar essas duas grandezas. Caso tenham dúvidas, explique que são grandezas diferentes e forneça os conceitos de cada uma.

Temperatura e calor são dois conceitos bastante diferentes e que muitas pessoas acreditam serem a mesma coisa. No entanto, o entendimento desses dois conceitos se faz necessário para o estudo da termologia. A termologia é um ramo da física que estuda as relações de troca de calor ou qualquer manifestação de energia capaz de produzir variação de temperatura ou alteração do estado físico dos corpos, quando esses recebem ou cedem calor.

Temperatura: é a grandeza física associada ao estado de movimento ou à agitação das partículas constituintes de um corpo ou sistema de corpos. A temperatura está associada à sensação de quente ou frio que se percebe ao tocar um objeto. No entanto a sensação do tato não nos fornece precisão da temperatura. Para isso existem os termômetros, aparelhos que são graduados em uma escala para medir a temperatura dos corpos.

Calor: é definido como sendo energia que se transfere de um sistema para outro sistema, unicamente devido à diferença de temperatura existente entre eles, fluindo naturalmente do sistema de maior para o de menor temperatura. Sendo energia, a unidade de calor no SI é o Joule (J). Também é muito usada a caloria, abreviatura cal ($1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$).

Referência:

Atividade adaptada. Disponível em:

<<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=34498>>

4º momento: atividade experimental – 40 min

Na linguagem cotidiana, estamos acostumados a considerar o calor como diretamente proporcional à temperatura. De acordo com essa concepção, sempre “há mais calor” no material com a temperatura mais elevada. Lembrem, porém, como já comentamos, que as ideias científicas de calor e temperatura nem sempre correspondem a essas impressões cotidianas. Nesta atividade, calcularemos as quantidades de calor transferidas entre dois sistemas a temperaturas diferentes, procurando verificar se há uma relação direta entre calor e temperatura, isto é, se sempre há mais “calor” quando a temperatura é mais alta.

Materiais para cada grupo: Três copos de béquer de 250 mL, um termômetro de laboratório capaz de realizar medidas entre 10 °C e 110 °C (sensibilidade de 1 °C), água, diversas folhas de jornal, fita-crepe, uma proveta de 50 mL, um bastão de vidro para agitar a água (não use o termômetro para isso!) e um sistema para aquecimento de água.

Procedimento:

Dividir a turma nos grupos.

Parte A: primeira parte da experiência.

- a)** Revista um béquer por baixo e do lado de fora com jornal, fixando-o com a fita crepe. Coloque nesse béquer 50 mL de água a temperatura ambiente. Se a água não estiver a temperatura ambiente, agite e aguarde alguns minutos para que a água e o béquer estejam na mesma temperatura. Meça a temperatura (T1) e anote.
- b)** Em outro béquer, coloque 50 mL de água à temperatura aproximada de 20 °C acima da temperatura ambiente. Espere até que a água e o béquer estejam em equilíbrio térmico, agitando a água. Meça a temperatura (T2), anote seu valor e, imediatamente, despeje com cuidado a água mais quente dentro do béquer revestido com jornal.
- c)** Agite o sistema “água a temperatura ambiente + água aquecida” para que a temperatura fique homogênea. Anote a temperatura final (T3).

Parte B: segunda parte da experiência:

- d)** Repita os itens a) e b), utilizando agora duas novas amostras de 50 mL de água. Coloque a primeira amostra no béquer revestido com jornal. Essa amostra deve estar em torno de 50 °C (T4). A outra amostra deve estar em torno de 70 °C (T5), aproximadamente. O importante é que exista uma diferença de 20 °C na temperatura entre uma amostra e a outra. Agite o sistema “água a 50 °C + água a 60 °C” para que a temperatura fique homogênea. Meça a temperatura final (T6). Anote as temperaturas (T4, T5, T6), como indicado nos itens anteriores.

5º momento: discussão da atividade experimental – 10 min

Discutir com a turma os resultados obtidos e explicar os conceitos de sistema adiabático e não adiabático.

Referência:

Atividade experimental adaptada.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Química: ensino médio. 2. ed. – São Paulo: Scipione, 2013.

6.1.2 Aula 2: Introdução à Termoquímica

Objetivos de aprendizagem:

- Relacionar diversos acontecimentos com a Termoquímica.
- Elaborar um mapa conceitual com os conhecimentos prévios.
- Compreender os processos endotérmicos e exotérmicos.

1º momento: relação das imagens apresentadas com o estudo da Termoquímica – 30 min

Nesse primeiro momento da aula o professor irá fazer apresentar algumas imagens para os estudantes.

2º momento: Elaboração do mapa conceitual 1 – 20 min

Após esse momento de apresentação e socialização das imagens, peça que os alunos construam um mapa conceitual com base no que foi visto nessa primeira parte. O professor deverá fazer uma abordagem com os estudantes sobre a construção de um mapa conceitual.

A construção do mapa conceitual deverá ser livre, podendo o aluno utilizar algum recurso digital ou não. Esse mapa será importante para que o professor possa identificar as concepções que os alunos têm sobre os primeiros conceitos discutidos a respeito do conteúdo. No final da unidade, será solicitado a elaboração de um novo mapa afim de comparar a evolução da aprendizagem e a construção dos conceitos sobre a Termoquímica.

Referência:

Atividade.

SILVA, T. P. Construção e avaliação de uma unidade de ensino potencialmente significativa para o conteúdo de termoquímica. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

3º momento: Abordagem – 10 min

O professor deverá fazer uma abordagem expositiva sobre os conceitos que envolvem os processos endotérmicos e exotérmicos.

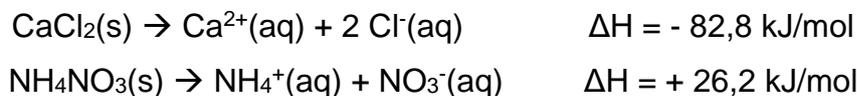
4º momento: Leitura do texto e atividade experimental – 25 min

Compressas instantâneas quentes e frias

Atletas que sofrem problemas musculares durante competições podem utilizar bolsas instantâneas quentes ou frias como dispositivos para primeiros socorros. Esses dispositivos funcionam mediante reações exo ou endotérmicas. Normalmente são constituídos por uma bolsa de plástico que contém água em uma seção e uma substância química seca em outra.

Ao golpear a bolsa, a seção contendo água se rompe e a temperatura aumenta ou diminui dependendo de a dissolução da substância ser exo ou

endotérmica. Em geral, para compressas quentes usa-se cloreto de cálcio ou sulfato de magnésio, e, para compressas frias, nitrato de amônio. As reações são:



Adicionando-se 40 g de CaCl_2 a 100 mL de água a 20 °C, a temperatura da água aumenta de 20 para 90 °C. Adicionando-se 30 g de NH_4NO_3 a 100 mL de água a 20 °C, a temperatura da água diminui de 20 para 0 °C. Tais bolsas mantêm a temperatura por 20 minutos, aproximadamente.

Atividade Prática – Termoquímica

Processos Endotérmicos e Exotérmicos

Uma aplicação interessante do calor de dissolução são as compressas de emergência. Elas são usadas para primeiros socorros nas contusões sofridas por atletas, durante as práticas esportivas. Existem dois tipos de compressas: quentes e frias. As compressas são constituídas por um saco plástico com uma ampola de água e um produto químico seco em outra. Com um leve golpe, a ampola com água se rompe, dissolvendo o produto químico, em um processo que poderá liberar ou absorver calor, dependendo do produto seco utilizado.

Objetivos: Analisar alguns processos endotérmicos ou exotérmicos e identificar quais substâncias poderiam ser utilizados em compressas quentes ou frias.

Materiais para cada grupo:

3 béqueres de 100 mL; Termômetro; Espátula (ou colher); Bastão de vidro; 1 Proveta de 50 mL; Hidróxido de sódio (NaOH) sólido; Ureia sólida e Água.

Procedimento:

Dividir a turma nos grupos.

Atividade I: Dissolução do hidróxido de sódio.

Em um béquer de 100 mL, adicione 40 mL de água. Com auxílio de um termômetro, meça a temperatura da água. Anote _____

Adicione uma ponta de espátula de hidróxido de sódio a água e agite. Meça a temperatura da solução. Anote_____.

Qual foi a variação de temperatura?_____

Atividade II: Dissolução da Ureia.

Adicione 40 mL de água em um béquer de 100 mL. Com auxílio de um termômetro, meça a temperatura da água. Anote_____

Adicione uma espátula de ureia na água e agite. Meça a temperatura da solução. Anote_____

Qual foi a variação de temperatura? _____

5º momento: discussão com a turma – 10 min

Na comparação entre o hidróxido de sódio e a ureia, qual substância pode ser utilizada em compressas quentes? E qual pode ser utilizada em compressas frias? Justifique.

6º momento: entregar o material de estudo prévio para a próxima aula e dar as orientações de estudo sobre os conceitos de entalpia, variação da entalpia, entalpias de formação e combustão e energia de ligação – 5 min

Referências:

CANTO, E. L. Química na abordagem do cotidiano, 2.1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

Atividade experimental adaptada.

OLIVEIRA, A. N. S. Roteiros experimentais sobre termoquímica. Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Uberlândia, 2017.

6.1.3 Aula 3: Estudo da Termoquímica

Objetivos de aprendizagem:

- Compreender o conceito de entalpia e variação da entalpia.
- Aplicações e as utilidades das entalpias de formação e combustão.
- Relacionar a quebra das ligações químicas e a formação das novas ligações com os processos endotérmicos e exotérmicos.

1º momento: Abordagem – 50 min

O professor deverá fazer uma abordagem expositiva dialogada sobre os conceitos que envolvem a entalpia, a variação de entalpia, a entalpia de formação e a entalpia de combustão.

2º momento: conceito de energia de ligação – 15 min

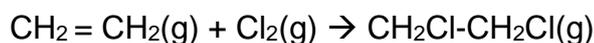
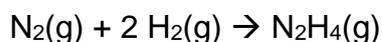
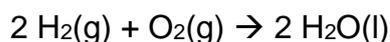
O professor deverá começar com uma abordagem sobre energia de ligação com os alunos. No rompimento de ligações químicas, há absorção de energia (processo endotérmico) e na formação de ligações químicas, há liberação de energia (processo exotérmico).

3º momento: atividade sobre energia de ligação – 25 min

Procedimento:

Dividir a turma nos grupos.

O professor deverá propor aos estudantes as seguintes equações químicas:



Entregar aos grupos uma folha de papel em branco, palitos de dente e jujubas com cores e sabores diferentes. Combinar com os alunos que determinadas cores das jujubas representam átomos diferentes presentes nas equações químicas propostas. Exemplos: o átomo de carbono (C) é representado pela jujuba amarela; o átomo de cloro (Cl), pela jujuba verde; o átomo de hidrogênio (H), pela jujuba vermelha e assim por diante.

Indicar uma equação química para cada grupo e solicitar que representem a transformação química através dos palitos e das jujubas. Todo o processo deverá ser filmado e explicado pelo grupo no tempo de 5 minutos. Os cálculos de energia de ligação deverão ser feitos na folha de papel.

O professor deverá fornecer os valores de energias de ligação envolvidos na transformação. Os grupos terão que editar a filmagem da atividade e enviar através do Google Classroom.

4º momento: entregar o material sobre calorimetria e o roteiro da construção do calorímetro que os grupos trarão pronto para a próxima aula – 10 min

Referência:

Atividade adaptada.

PEREIRA, F. G. Proposta e análise de uma sequência didática para abordar o conteúdo de termoquímica no ensino médio. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

6.1.4 Aula 4: Calorimetria e a capacidade calorífica

Objetivos de aprendizagem:

- Conceitos sobre calorimetria e capacidade calorífica.
- Calibração de um calorímetro.

1º momento: abordagem dos conceitos sobre calorimetria – 20 min

O professor deverá fazer uma abordagem expositiva sobre os conceitos básicos de calorimetria.

2º momento: abordagem sobre capacidade calorífica – 20 min

O professor deverá fazer com os estudantes uma abordagem expositiva sobre capacidade calorífica. Retomar o experimento da aula 1 para ter uma melhor compreensão sobre a calibração do calorímetro.

Procedimento:

Dividir a turma nos grupos.

Materiais e reagentes:

- Recipiente de isopor (suporte usado para latas de refrigerante).
- Chapa de isopor 30 mm (tampa do calorímetro).
- Lata de alumínio (350 mL).
- Palito de madeira de 30 cm (churrasco).
- Tubo de caneta esferográfica.
- Estilete.
- Copo de béquer 100 mL.
- Term metro digital de espeto (usado na culinária).
- Solu o de 100 mL de água oxigenada 10 volumes (3% m/V H₂O₂).
- Fermento biológico desidratado (*Saccharomyces cerevisiae*)

Na constru o do calorímetro, o recipiente dentro do suporte de isopor, que   um ótimo isolante de calor, será uma lata de alumínio de 350 mL, utilizado para a rea o química acontecer, e assim, determinar a entalpia de decomposi o do peróxido de hidrógeno.

Na rea o   liberado gás oxigênio (O₂), portanto   necessário fazer um pequeno orifício na tampa do calorímetro e colocar um tubo de caneta esferográfica para que o gás produzido possa ser liberado para o ambiente externo.

3º momento: determinação da capacidade calorífica (C) – 60 min

Para a determinação da constante calorimétrica do calorímetro (uma propriedade de cada calorímetro), podemos proceder da seguinte maneira, misturando água fria e água quente:

- a) Colocar dentro do calorímetro 50 mL de água fria. Medir exatamente a temperatura dessa água.
- b) Aquecer 50 mL de água até a temperatura próxima de 70 °C. Medir exatamente a temperatura dessa água.
- c) Adicionar rapidamente essa água quente à água fria que está dentro do calorímetro. Fechar bem o calorímetro com a tampa e agitar a mistura para a homogeneização.
- d) Observar a variação de temperatura da mistura resultante. Quando a temperatura parar de subir (atingir um valor constante) anotar a temperatura final.
- e) Realizar esse processo em triplicata (3 vezes) e calcular o valor médio das variações de temperatura (ΔT) entre a mistura e a água fria e, também, entre a água quente e a mistura. Esses valores serão utilizados para calcular a constante calorimétrica.
- f) A constante calorimétrica (C) do calorímetro pode então ser calculada a partir da expressão:

$$m_{\text{água fria}} \cdot C_{\text{água}} \cdot \Delta T_{\text{água fria}} + C \cdot \Delta T_{\text{água fria}} = m_{\text{água quente}} \cdot C_{\text{água}} \cdot \Delta T_{\text{água quente}}$$

Considerando: Densidade da água 1,0 g mL⁻¹.

$C_{\text{água}} = 4,184 \text{ J } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (calor específico da água).

Valor da constante calorimétrica (C) = _____

Referência:

BRAATHEN, P. C. et al. Entalpia de Decomposição do Peróxido de Hidrogênio: uma Experiência Simples de Calorimetria com Material de Baixo Custo e Fácil Aquisição. QNEsc, nº 29, 2008.

MARZZACCO, C. J. The enthalpy of decomposition of hydrogen peroxide: a general chemistry calorimetry experiment. *Journal of Chemical Education*, v. 76, nº 11, 1999.

6.1.5 Aula 5: Calorimetria, entalpia de reação e lei de Hess

Objetivos de aprendizagem:

- Determinar da entalpia de reação: calorimetria.
- Compreender os conceitos e aplicações da Lei de Hess.
- Avaliar as competências e Habilidades construídas.
- Elaborar um novo mapa conceitual.

1º momento: determinação da entalpia de uma reação – 50 min

Procedimento:

Dividir a turma nos grupos.

Determinação da entalpia de decomposição (ΔH) do peróxido de hidrogênio.

Sabendo a constante calorimétrica do calorímetro, podemos proceder com a determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio utilizando uma solução de água oxigenada 10 volumes e fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*) como catalisador.

Para a determinação da entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio podemos proceder da seguinte maneira:

- a) Adicionar ao calorímetro 100 mL de água oxigenada 10 volumes (3% m/V H_2O_2) contidos no frasco.
- b) Medir exatamente a temperatura da solução. Essa será a temperatura inicial (T_i).
- c) Adicionar meia colher de chá, aproximadamente, de fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*) e tampar rapidamente o calorímetro.
- d) Agitar a mistura suavemente, de modo constante, para favorecer a reação entre o fermento e a água oxigenada.

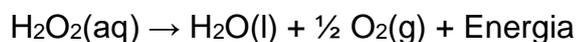
e) Observar com atenção a variação da temperatura até atingir um valor máximo de estabilidade. Essa será a temperatura final (T_f).

f) Realizar esse processo em triplicata (3 vezes) e calcular os valores das variações de temperatura (ΔT). Anotá-los na tabela abaixo. O valor da média de ΔT será utilizado para calcular a entalpia de decomposição (ΔH).

g) Para calcular a entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio iremos fazer algumas considerações. A densidade da solução de água oxigenada será considerada aproximadamente igual a densidade da água ($1,0 \text{ g mL}^{-1}$) e para o calor específico da mistura entre água oxigenada e fermento também faremos a aproximação de que este é igual ao valor do da água ($4,184 \text{ J } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ g}^{-1}$).

h) Essas duas aproximações podem ser feitas pelo fato da água oxigenada usada, que contém peróxido de hidrogênio, ser uma solução diluída com apenas 3% m/V em H_2O_2 , o que resulta em um erro desprezível para a finalidade da experiência.

A reação de decomposição do peróxido de hidrogênio é um processo exotérmico (em que há liberação de energia) dada pela equação química abaixo:



A quantidade de calor que é transferida para a água e para o calorímetro, resultante da decomposição do peróxido de hidrogênio, pode ser calculada a partir da equação:

$$Q_{\text{absorvido}} = m_{\text{água}} \cdot C_{\text{água}} \cdot \Delta T + C \cdot \Delta T$$

Assim, partindo dessa equação podemos observar que o calor liberado por essa reação terá o mesmo valor, mas com sinal negativo, pois se a solução e o calorímetro receberam energia (por convenção essa energia é positiva), a reação liberou esse mesmo calor, e calor liberado é convencionalmente ser negativo. Com a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio utilizando fermento biológico como catalisador, o cálculo do calor liberado é feito através da equação:

$$Q_{\text{liberado}} = - (m_{\text{água}} \cdot C_{\text{água}} \cdot \Delta T + C \cdot \Delta T)$$

Considerando: Densidade da água oxigenada 1,0 g mL⁻¹.

$c_{\text{água}} = 4,184 \text{ J } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (valores aproximados da solução, conforme explicado acima).

Para calcular a entalpia de decomposição (ΔH) do peróxido de hidrogênio, levaremos em consideração que em cada 100 mL de solução de água oxigenada temos 3,0 g de H₂O₂ ou 0,088 mol, já que a entalpia de decomposição será dada em quantidade de energia liberada por cada mol de substância.

$$\Delta H = q_{\text{liberado}} / 0,088 \text{ mol}$$

O valor encontrado na literatura para a entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio, de acordo com GRANDEZAS, UNIDADES E SÍMBOLOS – IUPAC (2018), é de – 94,6 kJ/mol. A partir do valor obtido experimentalmente, calcular o erro relativo.

Referência:

BRAATHEN, P. C. et al. Entalpia de Decomposição do Peróxido de Hidrogênio: uma Experiência Simples de Calorimetria com Material de Baixo Custo e Fácil Aquisição. QNEsc, nº 29, 2008.

MARZZACCO, C. J. The enthalpy of decomposition of hydrogen peroxide: a general chemistry calorimetry experiment. Journal of Chemical Education, v. 76, nº 11, 1999.

2º momento: abordagem da Lei de Hess e algumas aplicações – 40 min

O professor deverá fazer uma abordagem expositiva sobre os conceitos que envolvem a Lei de Hess. Resolução em aula de alguns exercícios sobre a Lei de Hess e discussão da sua aplicação. Os estudantes poderão trabalhar em duplas para discutir a atividade.

3º momento: orientações para as atividades de avaliação dos conhecimentos construídos no estudo da Termoquímica – 10 min

1) O professor disponibilizará para os estudantes realizarem em casa um questionário avaliativo com exercícios do ENEM e vestibulares sobre a Termoquímica. Essa avaliação será através do formulário digital.

2) O professor solicitará aos estudantes que construam em casa um novo mapa conceitual (Mapa Conceitual 2) com base no que foi visto durante todo o estudo na sequência didática. A construção desse mapa também deverá ser livre, podendo utilizar algum recurso digital ou não. Esse mapa será importante para que o estudante possa identificar quais foram os conceitos mais significativos que ele conseguiu construir.

6.1.6 Aula 6: Encerramento da unidade de Termoquímica

Objetivos de aprendizagem:

- Relacionar os conhecimentos prévios com os novos conhecimentos a partir do estudo da Termoquímica.

1º momento: Atividade avaliativa no formulário digital – 30 min

Discussão do questionário avaliativo realizado através do formulário digital. Os resultados obtidos no desenvolvimento das habilidades e das competências no ensino da Termoquímica.

2º momento: Apresentação oral do mapa conceitual 2 – 30 min

Todos os estudantes entregarão em aula o Mapa Conceitual 2 que foi construído após o estudo da unidade de Termodinâmica. Serão escolhidos alguns alunos para explicarem para a turma os seus mapas conceituais.

3º momento: Apresentação dos vídeos sobre energia de ligação – 20 min

4º momento: Avaliação da sequência didática – 20 min

O professor deverá abrir um espaço para que os estudantes possam debater sobre a aplicação da sequência didática e quais foram os aspectos positivos e negativos no processo de aprendizagem. Após esse momento, disponibilizar um questionário digital para que os alunos possam avaliar esta sequência didática.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inúmeros trabalhos de pesquisa sobre o ensino de Química nos mostram que ao longo dos últimos anos a aprendizagem dos alunos, no geral, ainda ocorre através do ensino da memorização. Decorar informações, tais como, leis, equações, fórmulas prontas etc., que serão aplicadas meramente para que sejam aprovados nas avaliações escolares ou nos concursos de ENEM e vestibulares. Esse é o típico ensino que se distancia da contextualização e da aprendizagem significativa defendida por essa pesquisa de mestrado do PROFQUI. Pretendemos dar continuidade ao movimento de ruptura do modelo do professor detentor dos saberes e do aluno receptor e repetidor.

O produto educacional elaborado que apresentamos é uma sequência didática para o ensino da Termoquímica no contexto da aprendizagem significativa. Essa SD foi pensada para apresentar-se como mais um importante instrumento para a área de ensino da Termoquímica no ensino médio e que irá contrapor o simples ensino da aprendizagem mecânica. Consideramos ser um material didático que poderá trabalhar o conteúdo, as habilidades e as competências através do desenvolvimento de novos saberes valorizando o conhecimento prévio dos estudantes.

As atividades apresentam-se com ações diversificadas e embasadas nas abordagens teóricas de Ausubel e Moreira. Conhecendo e valorizando o que os estudantes já sabem, podemos realizar um ensino de qualidade, no qual sejam (re)construídos os significados no estudo da Termoquímica. Ressaltamos a importância de organizar as atividades, de modo que forneçam condições para que, passo a passo, os significados sejam construídos e assimilados. Mas também entendemos que cada docente vive uma realidade diferente dentro da sua escola, sendo assim, entendemos que as aulas da SD poderão ser reformuladas para se adequar as necessidades e condições de aplicação de cada professora e professor.

Para a pesquisa e elaboração da sequência didática destacamos que o tempo poderá ser um limitante para a execução de todas as ações apresentadas no material. A dificuldade que ao nosso ver será o maior desafio é o número de aulas destinadas para o estudo da Termoquímica, pois deverá ser finalizado em um número de seis encontros todo o trabalho planejado.

Defendemos que a sequência didática apresentada é um instrumento significativo no processo de aprendizagem dos principais conceitos da Termoquímica. Ela será um elo entre os educandos e o educador na construção de uma aprendizagem de qualidade. Recomendamos a todos os docentes que utilizem esse material didático como recurso em suas aulas para o desenvolvimento das habilidades, das competências e da alfabetização científica dos estudantes. Que possamos ter estudantes que se motivem e tenham interesse no estudo da Química, afinal essa é uma pequena contribuição para o Ensino da Química, a formação da linguagem científica e a valorização do conhecimento científico.

Ao cursar o mestrado do PROFQUI e realizar essa pesquisa para a elaboração da sequência didática sobre o ensino da Termoquímica, posso concluir que encerro esse ciclo com uma enorme bagagem de aprendizados. Foram momentos importantes com novas aprendizagens e trocas de conhecimentos sobre a Química, as práticas educacionais e os desafios para melhorar o Ensino de Química na educação básica. Uma grande oportunidade de qualificação que me proporcionará melhorar as minhas práticas e estratégias de Ensino de Química em sala de aula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSUMPÇÃO, M. H. M. T. *et al.* Construção de um Calorímetro de Baixo Custo para a Determinação da Entalpia de Neutralização. **Eclética Química**, V. 35, nº 2, 2010.

ATKINS, P. W.; PAULA, J. **Físico-Química 1**. 9ª ed. Trad. DA SILVA, E. C. *et al.* Rio de Janeiro: LTC, 2012.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. 1ª Ed. Trad. TEOPISTO, L. Lisboa: Paralelo editora, 2000.

BALL, D. W. **Físico-Química**. Vol. 1. Trad. VICHI, A. M. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

BARROS, H. L. C. Processos Endotérmicos e Exotérmicos: Uma Visão Atômico Molecular. **QNEsc**, Vol. 31, Nº 4, novembro, 2009.

BASTOS, A. C. L. M.; RODRIGUES, E. M. S.; SOUZA, J. P. I. **Físico-Química**. Antonio Claudio L. Moreira Bastos. Belém: UFPA, 2011.

BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil?** 1ª edição. São Paulo: Biruta, 2009.

BRAATHEN, P. C. *et al.* Entalpia de Decomposição do Peróxido de Hidrogênio: uma Experiência Simples de Calorimetria com Material de Baixo Custo e Fácil Aquisição. **QNEsc**, nº 29, 2008.

BRASIL. **Lei n. 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, Brasil.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017.

_____. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Relatório Pedagógico: Enem 2011-2012**. – Brasília, DF: Inep, 2015.

_____. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de Referência para o Enem**. Brasília: INEP/MEC, 2009.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

_____. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Básica (SEB). **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. v. 2. Brasília, DF: MEC/SEB, 2006.

CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano, 2** / Eduardo Leite do Canto. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

CHAGAS, A. P. O que se mede num calorímetro? (Um exercício de aplicação da Primeira Lei da Termodinâmica). **Química Nova**, V. 15, 1992.

CHALITA, G. **Os atores do processo educacional**. In __ **Educação: A solução está no afeto**. 17ª ed. São Paulo: Gente, 2004.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**. Nº 21, 2002.

COHEN, E. R. **Grandezas, unidades e símbolos em físico-química**. Tradução: Romeu C. Rocha-Filho e Rui Fausto – São Paulo : Sociedade Brasileira de Química, 2018.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1990.

DEMO, P. **Desafios Modernos na Educação**. Petrópolis/RJ: Vozes, 1993.

EBBING, D. D. **Química Geral**. Vol. II. 5ª ed. Trad. MACEDO, H. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 50 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000.

GLASSER, W. **Teoria da Escolha: uma nova psicologia de liberdade pessoal**. São Paulo: Mercuryo, 2001.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Elementos para Validação de Sequências Didáticas. **Processos e materiais educativos na Educação em Ciências**. São Paulo: novembro, 2013.

HIRDES, A. R. et al. **Determinação da Entalpia de Decomposição do Peróxido de Hidrogênio: Uma Prática Experimental no Ensino de Físico-Química**. UNIPAMPA, 2016.

KUNZLER, K. K.; BEBER, S. Z. C.; KUNZLER, K. R. Aprendizagem significativa dos conceitos de termoquímica: um estudo utilizando mapas conceituais. **Experiências em Ensino de Ciências**, V.14, Nº 3, 2019.

LEITE, L. R.; LIMA, J. O. G. O aprendizado da Química na concepção de professores e alunos do ensino médio: um estudo de caso. **Rev. bras. Estud. pedagog. (online)**, Brasília, v. 96, 2015.

LIMA, J. O. G. Perspectivas de novas metodologias no ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, V. 12, n. 136, setembro, 2012.

LIMA, L. S. Lei de Hess. **Revista de Ciência Elementar**. Universidade do Porto, Porto, v.3, 2015.

LORENZONI, M. B. **Contextualização do ensino de termoquímica por meio de uma sequência didática baseada no cenário regional “queimadas” com a utilização de experimentos investigativos**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2014.

MARZZACCO, C. J. The enthalpy of decomposition of hydrogen peroxide: a general chemistry calorimetry experiment. **Journal of Chemical Education**, v. 76, nº 11, 1999.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. **Pesquisa qualitativa em educação em ciências: projetos, entrevistas, questionários, teoria fundamentada, redação científica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

MORAES, R.; RAMOS, M. G.; GALIAZZI, M. C. Aprender química: promovendo excursões em discursos da química. **Fundamentos e propostas de ensino de química para a educação básica no Brasil**. UNIJUI, 2007.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. 1ª Ed. São Paulo: LF editorial, 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa, campos conceituais e pedagogia da autonomia: implicações para o ensino**. Sergipe: EDUCON, 2015.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel**. Monografia nº 10 da série enfoques teóricos. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 2005.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e a aprendizagem significativa. Chile: **Revista Chilena de Educação Científica**, 2005.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. 1ª Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MORTIMER, E. F; AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor. Calor e Temperatura no Ensino de Termoquímica. **QNEsc**. N° 7, 1998.

NOVAK, J. D. **Conocimiento e Aprendizaje: Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas**. Madrid: Editorial Alianza, 1998.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 2ª Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

OLIVEIRA, R. J; SANTOS, J. M. A energia e a Química. **QNEsc**, N° 8, novembro, 1998.

OLIVEIRA, T. S. O ENEM: breves considerações sobre importância avaliativa e reforma educacional. **Revista Educação Por Escrito**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 278-288, 2016.

PASTERNAK, N.; ORSI, C. **Ciência no cotidiano: Viva a razão. Abaixo a ignorância**. São Paulo: Contexto, 2020.

PILLA, L. Físico-química I: **Termodinâmica química e equilíbrio químico**. 2ª. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2010.

RUSSEL, J.B. **Química Geral**. 2ª ed. Trad. GUEKEZIAN, M. *et al.* São Paulo: Makron Books, 1994.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência**, vol. 2, dezembro, 2002.

SASSERON, L. H; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**. Vol. 16. p. 59-77, 2011.

SCHNETZLER, R. P. A Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas. **Química Nova**, Vol. 25, p.14-24, 2002.

SIMONI, J. A.; JORGE, R. A. Um calorímetro versátil e de fácil construção. **Química Nova**, V. 13, 1990.

SILVA, J. L. P. B. Porque não estudar entalpia no ensino médio. **QNEsc**, n. 22. p. 22-25, 2005.

TAVARES, R. **Construindo mapas conceituais. Ciências & Cognição**; Vol. 12: 72-85, 2007.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**, 2ª Edição. São Paulo: Cortez-Autores Associados, 1986.

WARTHA, E. J.; SILVA E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **QNEsc**. Vol. 35, N° 2, p. 84-91, 2013.

WOLF, L. D. *et al.* Construção de um Calorímetro Simples para Determinação da Entalpia de Dissolução. **Eclética Química**, V. 36, nº 2, 2011.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Trad. Ernãni E. da F. Rosa - Porto Alegre: ArtMed, 1998.

APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Caro estudante e prezados responsáveis,

Convidamos seu filho (a) para participar da pesquisa intitulada “Proposta de uma Sequência Didática para o Ensino da Termoquímica no Contexto da Aprendizagem Significativa”, sob a responsabilidade do Professor e Pesquisador Dioni de Mello Machado, a qual tem por objetivo analisar o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa dos conceitos básicos de Termoquímica a partir da aplicação de uma sequência didática no Ensino Médio. A pesquisa será aplicada no horário de aula, sendo assim, o (a) aluno (a) não precisará comparecer na escola fora do seu horário escolar, tendo a duração de seis semanas, a contar pelo dia de hoje.

A participação é *voluntária*, mas ressalto que a pesquisa se dará dentro do turno de aula, contando como componente de avaliação do estudante, ou seja, mesmo não querendo participar da pesquisa, o estudante deverá realizar as atividades normalmente. A nota para a disciplina de Química dependerá única e exclusivamente da participação e do envolvimento nas atividades da sequência didática.

Para os participantes, as respostas na pesquisa serão tratadas de forma anônima e confidencial, pois em nenhum momento será divulgado o seu nome em qualquer etapa. Quando for necessário exemplificar alguma situação, sua privacidade será assegurada e seu nome substituído por algum termo genérico. Os dados coletados serão utilizados apenas nesta pesquisa e os resultados poderão ser divulgados futuramente em eventos e/ou revistas científicas.

Os responsáveis e o estudante não terão nenhuma despesa e não receberão nenhuma remuneração. Não haverá riscos de qualquer natureza relacionados a sua participação. O benefício relacionado a sua participação será contribuir para melhorar o Ensino de Química e aumentar o conhecimento científico para a área de pesquisa em ensino de ciências. Para qualquer outra informação, o(a) Sr(a), poderá entrar em contato como o pesquisador através do e-mail: xxxxx.xxxxxx@hotmail.com ou através do telefone (xx) xxxxxxxxx.

DECLARAÇÃO

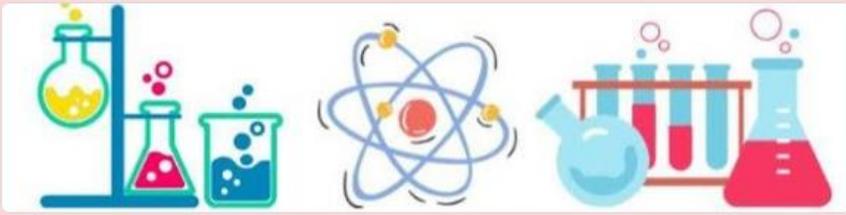
Eu _____, responsável pelo aluno (a) _____, declaro que concordo em participar desta pesquisa e que fui esclarecido(a) sobre os objetivos e justificativas deste estudo de forma clara e detalhada.

Local: _____. Data: ____/____/____

Assinatura do(a) responsável: _____

Assinatura do(a) aluno(a): _____

APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO DE CATEGORIZAÇÃO DO GRUPO



Seção 1 de 2

Categorização do Grupo da Pesquisa.

Informações sobre os estudantes. Seja verdadeiro e coerente nas suas respostas.

1) Nome: *

Texto de resposta curta

2) Idade: *

Texto de resposta curta

3) Turma: *

Texto de resposta curta

4) Pretende fazer vestibular ou ENEM para ingressar no Ensino Superior? Se sim, qual curso pretende? *

Texto de resposta longa

5) Possui acesso a uma internet de qualidade em casa para estudar? *

Texto de resposta longa

6) Qual a sua disciplina preferida? *

Texto de resposta curta

Após a seção 1 Continuar para a próxima seção

Seção 2 de 2

Questionário: Categorização do Grupo da Pesquisa.

Informações sobre o estudo da Química. Seja verdadeiro e coerente nas suas respostas.
Para responder as perguntas abaixo, use uma escala de 1 a 5 (1=DT Discordo Totalmente, 2=D Discordo, 3=NO Não Tenho Opinião, 4=C Concordo, 5=CT Concordo Totalmente).

1) Você acha que a Química é uma componente curricular de difícil compreensão? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

2) Os conteúdos estudados nas aulas de Química são de fácil compreensão? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

3) A Química é uma ciência que exige muito raciocínio abstrato, lógico e interpretativo? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

4) Tenho me dedicado e esforçado para acompanhar as aulas de Química? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

5) Participo com interesse nas aulas de Química? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

6) Tenho dificuldade para interpretar e relacionar os fenômenos químicos com os seus símbolos e códigos de linguagem (fórmulas e equações químicas)?

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

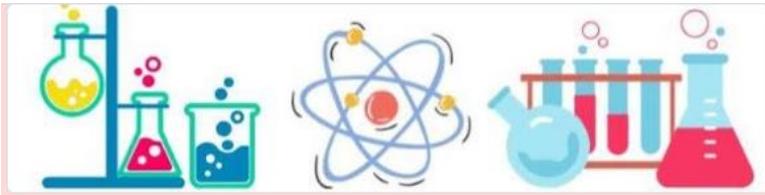
7) Tenho dificuldades em compreender os fenômenos químicos? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

8) A componente curricular de Química contribui significativamente para a minha aprendizagem? Eu consigo ver que os conhecimentos adquiridos terão alguma aplicação na minha vida? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA



Avaliação da Sequência Didática sobre Termoquímica.

Avaliação das aulas realizadas e das atividades propostas para o estudo da Termoquímica.
Seja verdadeiro e coerente nas suas respostas.

1) As aulas propostas pelo professor na sequência didática foram de fácil compreensão? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

...

2) As estratégias de ensino e as atividades para o estudo da Termoquímica foram bem aplicadas * e de fácil execução?

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

3) Consegui aprender melhor os conceitos estudados sobre a Termoquímica com a proposta da * sequência didática?

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

4) Consigo aprender melhor apenas com aulas tradicionais (aulas em que o professor fala na maior parte do tempo e utiliza recursos como o quadro, caderno, livro e listas de exercícios)? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

5) As aulas e as atividades da sequência didática me motivaram a aprender e a ter mais interesse pela Química? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

6) Consegui fazer relações entre os conceitos estudados nas aulas com os meus conhecimentos já existentes sobre determinados assuntos abordados pela Termoquímica? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

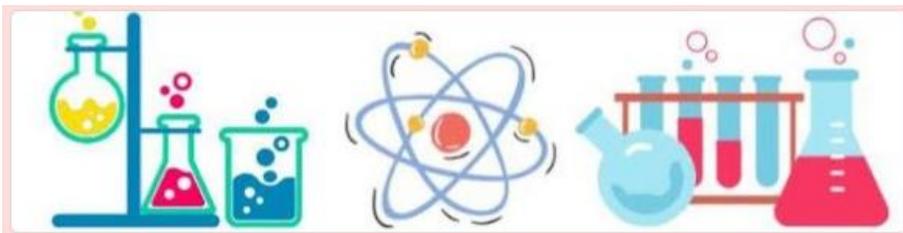
7) A sequência didática proposta pela professor me proporcionou uma aprendizagem significativa e contextualizada dos conceitos sobre Termoquímica, apresentando relações com o cotidiano? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

8) Eu consigo me expressar de diversas formas e percebo que desenvolvi uma linguagem mais correta em relação aos termos científicos a partir dos conhecimentos construídos sobre a Termoquímica? *

- CP - CONCORDO PLENAMENTE
- C - CONCORDO
- NO - NÃO TENHO OPINIÃO
- D - DISCORDO
- DT - DISCORDO TOTALMENTE

APÊNDICE D: TERMOQUÍMICA – ENEM E VESTIBULARES



Seção 1 de 2

Avaliação sobre Termoquímica - ENEM e vestibulares

Área: Ciências da Natureza e suas Tecnologias
 Componente curricular: Química
 Professor: Dioni Machado

Conceitos:

Processos endotérmicos e exotérmicos, entalpia, variação de entalpia, entalpia de combustão, entalpia de reação, energia de ligação, lei de Hess e calorimetria.

Habilidades:

- Parâmetros Curriculares Nacionais+
- Orientações Curriculares para o Ensino Médio.
- Base Nacional Comum Curricular.

Nome: *

Texto de resposta curta

Turma: *

Texto de resposta curta

Data: *

Texto de resposta curta

Após a seção 1 Continuar para a próxima seção

Seção 2 de 2

Questões

Orientações:

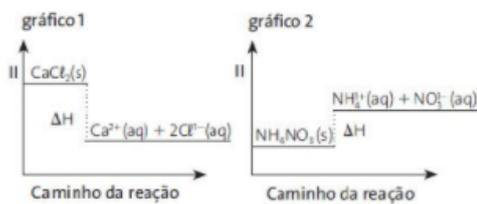
- Leia atentamente as questões da avaliação.
- A interpretação faz parte da avaliação.
- As questões apresentam apenas uma única opção de resposta.
- Faça com calma e BOA AVALIAÇÃO!
- Atenção!!! As resoluções das questões deverão ser enviadas para o professor na sala de entrega de atividades no Google Classroom.

1) (UFPI) Dentre os diversos efeitos nocivos da poluição ambiental, destaca-se o "efeito estufa", * uma vez que as consequências deste são sentidas em períodos de tempo inferiores a uma geração (< 50 anos).

O aumento na temperatura média global, como efeito do "efeito estufa", tem influência direta, por exemplo, sobre o equilíbrio de dissociação da água, $2 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq})$, por causar redução no pH da água neutra. Pode-se dizer, portanto, que a reação de dissociação da água é:

- a) exotérmica.
- b) nuclear.
- c) trimolecular.
- d) irreversível.
- e) endotérmica.

2) (UEL-PR) As bolsas instantâneas, frias ou quentes, usadas nos atletas que sofrem distensões musculares, dividem-se em dois compartimentos: um contendo água líquida e outro contendo um sal, que absorve ou libera calor quando em contato com a água. As reações químicas que ocorrem nas bolsas instantâneas são representadas nos gráficos a seguir. *



Com base no enunciado e nos conhecimentos sobre calor de reação, é correto afirmar:

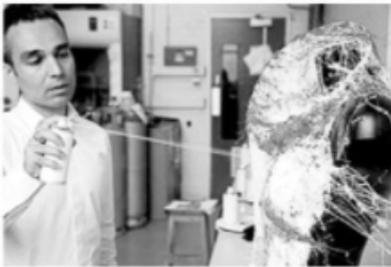
- a) A bolsa quente é constituída de nitrato de amônio.
- b) A dissociação iônica do cloreto de cálcio libera calor.
- c) A dissociação iônica do nitrato de amônio é exotérmica.
- d) As dissoluções de sais em água são exotérmicas.
- e) A bolsa fria é constituída de cloreto de cálcio.

3) (ENEM) Ainda hoje, é muito comum as pessoas utilizarem vasilhames de barro (moringas ou potes de cerâmica não esmaltada) para conservar água a uma temperatura menor do que a do ambiente. Isso ocorre porque: *



- a) o barro isola a água do ambiente, mantendo-a sempre a uma temperatura menor que a dele, como se fo...
- b) o barro tem poder de "gelar" a água pela sua composição química. Na reação, a água perde calor.
- c) o barro é poroso, permitindo que a água passe através dele. Parte dessa água evapora, tomando calor ...
- d) o barro é poroso, permitindo que a água se deposite na parte de fora da moringa. A água de fora sempr...
- e) a moringa é uma espécie de geladeira natural, liberando substâncias higroscópicas que diminuem natur...

4) (FATEC) Fazer a mala para uma viagem poderá ser tão simples como pegar algumas latas de spray, que contenham uma mistura de polímero coloidal, para fazer suas próprias roupas spray-on. Tanto faz se é uma camiseta ou um traje noturno, o tecido spray-on é uma novidade para produzir uma variedade de tecidos leves. A fórmula consiste em fibras curtas interligadas com polímeros e um solvente que produz o tecido em forma líquida. Esse tecido provoca uma sensação fria ao ser pulverizado no corpo, mas adquire a temperatura corporal em poucos segundos. O material é pulverizado diretamente sobre a pele nua de uma pessoa, onde seca quase instantaneamente. *

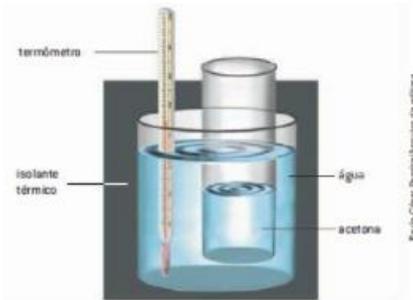


<http://imgurl.com/germivul>. Acesso em: 29/08/2014. Adaptado. Original colorido

A sensação térmica provocada pelo tecido *spray-on*, quando pulverizado sobre o corpo, ocorre porque o solvente:

- a) absorve calor do corpo, em um processo endotérmico.
- b) absorve calor do corpo, em um processo exotérmico.
- c) condensa no corpo, em um processo endotérmico.
- d) libera calor para o corpo, em um processo exotérmico.
- e) libera calor para o corpo, em um processo endotérmico.

5) (UFMG-adaptada) Um béquer aberto, contendo acetona, é mergulhado em outro béquer maior, isolado termicamente, o qual contém água, conforme mostrado na figura a seguir. *

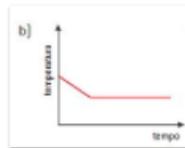


A temperatura da água é monitorada durante o processo de evaporação da acetona, até que o volume desta se reduz à metade do valor inicial. Indique a alternativa cujo gráfico descreve qualitativamente a variação da temperatura registrada pelo termômetro mergulhado na água, durante esse experimento.

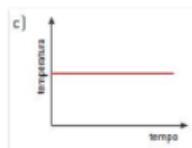
a)



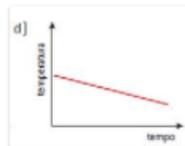
b)



c)



d)



6) (OQ-RS) Uma das teorias aceitas para a formação da água é que os gases provenientes das erupções vulcânicas, entre eles hidrogênio e oxigênio, a altas temperaturas, se uniram formando moléculas de água, na forma de vapor. Com o esfriamento do planeta, esses vapores se condensaram formando água líquida. *



Considerando a reação dada e que os reagentes e produtos estão à mesma pressão e temperatura, é correto afirmar que:

- a) é necessário fornecer 57,8 kcal para obter 1 mol de H₂O(g) a partir dos gases hidrogênio e oxigênio.
- b) hidrogênio e oxigênio gasosos não coexistem sem reagirem.
- c) Ao se processar a reação há um aumento no número de mols.
- d) O valor -57,8 kcal representa o ΔH para a síntese de 1 mol de água gasosa, nestas condições.
- e) Há mais energia armazenada no produto do que nos reagentes.

7) (ENEM) Por meio de reações químicas que envolvem carboidratos, lipídeos e proteínas, nossas células obtêm energia e produzem gás carbônico e água. A oxidação da glicose no organismo humano libera energia, conforme ilustra a equação química, sendo que aproximadamente 40% dela é disponibilizada para atividade muscular. *



Considere as massas molares (em g mol⁻¹): H = 1; C = 12; O = 16.

LIMA, L. M.; FRAGA, C. A. M.; BARRERO, E. J. Química na saúde. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010 (adaptado).

Na oxidação de 1,0 grama de glicose, a energia obtida para atividade muscular, em quilojoule, é mais próxima de

- a) 6,2.
- b) 15,6.
- c) 70,0.
- d) 622,2.
- e) 1120,0.

8) (UFMG) O gás natural (metano) é um combustível utilizado, em usinas termoeletricas, na geração de eletricidade, a partir da energia térmica liberada na combustão: *



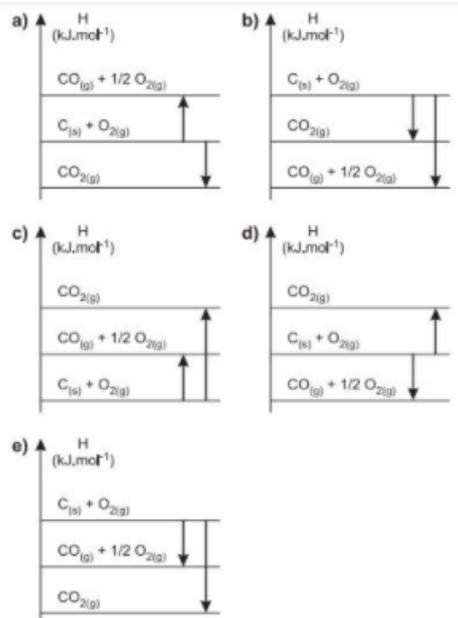
$$\Delta H = -800 \text{ kJ/mol}$$

Em Ibirité, região metropolitana de Belo Horizonte, está em fase de instalação uma termoeletrica que deverá ter, aproximadamente, uma produção de $2,4 \cdot 10^9$ kJ/hora de energia elétrica.

Considere que a energia térmica liberada na combustão do metano é completamente convertida em energia elétrica. Nesse caso, a massa de $\text{CO}_2(\text{g})$ lançada na atmosfera será, aproximadamente, igual a:

- a) 3 toneladas/hora.
- b) 18 toneladas/hora.
- c) 48 toneladas/hora.
- d) 132 toneladas/hora.

9) (PUC-SP) O carvão, C, sofre combustão em presença de gás oxigênio. Dependendo da quantidade de comburente disponível, a combustão será incompleta, com formação de monóxido de carbono, ou completa, com formação de dióxido de carbono. O diagrama de energia que melhor representa a entalpia dos reagentes e produtos das referidas combustões é: *



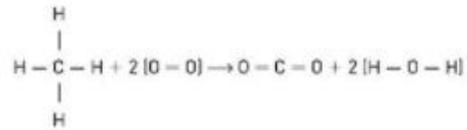
10) (UFRGS-RS) Os valores de energia de ligação entre alguns átomos são fornecidos no quadro * abaixo.

Ligação	Energia de ligação (kJ/mol)
C - H	413
O - O	494
C - O	804
O - H	463

Considerando a reação representada por



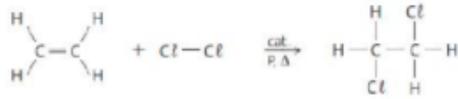
Observação: escrevendo a equação da reação com fórmulas estruturais, ficam mais visíveis a quebra e a formação das ligações.



o valor aproximado de ΔH , em kJ, é de:

- a) - 820
- b) - 360
- c) + 160
- d) + 360
- e) + 820

11) (UCS) O 1,2-dicloroetano é utilizado na produção do cloreto de vinila, que, por sua vez, dá origem ao plástico PVC (policloreto de vinila), matéria-prima para a fabricação de dutos e de tubos rígidos para água e esgoto. O 1,2-dicloroetano pode ser obtido pela reação de adição de gás cloro, $\text{Cl}_2(\text{g})$, ao eteno, $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$, conforme mostra a equação abaixo:

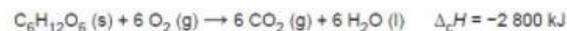


A partir das energias de ligação fornecidas na tabela abaixo, calcular o ΔH da reação.

Ligação	Energia / kcal \cdot mol ⁻¹
H—C	98,8
C=C	146,8
Cl—Cl	58,0
C—C	82,9
C—Cl	78,2

- a) - 34,5 Kcal
- b) - 98,8 Kcal
- c) + 34,5 Kcal
- d) + 98,8 Kcal
- e) zero

12) (ENEM) Glicólise é um processo que ocorre nas células, convertendo glicose em piruvato. Durante a prática de exercícios físicos que demandam grande quantidade de esforço, a glicose é completamente oxidada na presença de O_2 . Entretanto, em alguns casos, as células musculares podem sofrer um déficit de O_2 e a glicose ser convertida em duas moléculas de ácido lático. As equações termoquímicas para a combustão da glicose e do ácido lático são, respectivamente, mostradas a seguir:

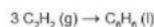


O processo anaeróbico é menos vantajoso energeticamente porque

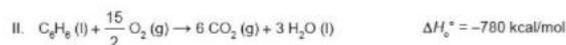
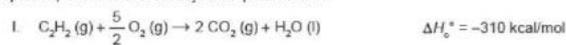
- a) libera 112 kJ por mol de glicose.
- b) libera 467 kJ por mol de glicose.
- c) libera 2 688 kJ por mol de glicose.
- d) absorve 1 344 kJ por mol de glicose.
- e) absorve 2 800 kJ por mol de glicose.

:::

13) (ENEM) O benzeno, um importante solvente para a indústria química, é obtido industrialmente pela destilação do petróleo. Contudo, também pode ser sintetizado pela trimerização do acetileno catalisada por ferro metálico sob altas temperaturas, conforme a equação química:



A energia envolvida nesse processo pode ser calculada indiretamente pela variação de entalpia das reações de combustão das substâncias participantes, nas mesmas condições experimentais.



A variação de entalpia do processo de trimerização, em kcal, para a formação de um mol de benzeno é mais próxima de

- a) - 1090.
- b) - 150.
- c) - 50.
- d) + 157.
- e) + 470.

14) (UFRGS) O carbetto de tungstênio, WC, é uma substância muito dura e, por essa razão, é utilizada na fabricação de vários tipos de ferramentas. A variação de entalpia da reação de formação do carbetto de tungstênio a partir dos elementos C (grafite) e W (s) é difícil de ser medida diretamente, pois a reação ocorre a 1.400 °C. No entanto, podem-se medir com facilidade os calores de combustão dos elementos C (grafite), W (s) e do carbetto de tungstênio, WC (s):



Pode-se, então, calcular o valor da entalpia da reação abaixo e concluir se ela é endotérmica ou exotérmica:



A qual alternativa correspondem o valor de ΔH e o tipo de reação?

- a) - 878,3 kJ; exotérmica.
- b) - 317,5 kJ; exotérmica
- c) - 38,0 kJ; exotérmica
- d) 38,0 kJ; endotérmica
- e) 317,5 kJ; endotérmica

15) (ENEM) Em uma aula experimental de calorimetria, uma professora queimou 2,5 g de castanha-de-caju crua para aquecer 350 g de água, em um recipiente apropriado para diminuir as perdas de calor. Com base na leitura da tabela nutricional a seguir e da medida da temperatura da água, após a queima total do combustível, ela concluiu que 50% da energia disponível foi aproveitada. O calor específico da água é $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, e sua temperatura inicial era de $20 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Quantidade por porção de 10 g (2 castanhas)	
Valor energético	70 kcal
Carboidratos	0,8 g
Proteínas	3,5 g
Gorduras totais	3,5 g

Qual foi a temperatura da água, em grau Celsius, medida ao final do experimento?

- a) 25
- b) 27
- c) 45
- d) 50
- e) 70

APÊNDICE E: MATERIAL DE APOIO 1

TERMOQUÍMICA

Ciências da Natureza e
suas Tecnologias

Componente Curricular:
Química

Professor: Dioni
Machado



Pergunta inicial:

O que essas imagens representam para vocês? Existe alguma relação delas com o conteúdo que iremos começar a estudar?

IMAGEM 1: A DESCOBERTA DO FOGO:

A evolução da espécie humana está muito ligada ao uso da energia. O fogo permitiu que nossos ancestrais pudessem cozinhar os alimentos, facilitando a ingestão e a digestão. Isto levou a uma mudança na dieta, que passou a incluir a carne como um alimento diário. A maior ingestão de carne permitiu o melhor desenvolvimento do cérebro, já que esse alimento é rico em proteínas que são essenciais aos processos celulares. Dessa forma, o macaco primitivo foi evoluindo, incorporando a arte e as ciências a sua vida. Isto também só foi possível graças à luz gerada por tochas e fogueiras, que permitiram a iluminação das cavernas para que o artista primitivo pudesse retratar o seu mundo.



Fonte: Google imagens.

IMAGEM 2: LIBERAÇÃO DE GASES POLUENTES NA ATMOSFERA PELOS AUTOMÓVEIS:



Um exemplo de combustão incompleta é o carro mal regulado. A fumaça preta que sai de um automóvel desregulado nada mais é do que a fuligem resultante da combustão incompleta. A emissão de fuligem na atmosfera é uma das grandes causas responsáveis pelos danos ambientais e problemas respiratórios enfrentados nos grandes centros urbanos.

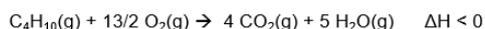


Fonte: Google imagens.

IMAGEM 3: QUEIMA DO GÁS DE COZINHA E A ÁGUA FERVENDO:



Combustão completa do gás de cozinha, conforme a equação:



Nesta equação o símbolo ΔH representa a variação de entalpia. A entalpia é uma grandeza de extrema importância para a Química. Como veremos nesta unidade, quando a variação de entalpia de uma reação é menor do que zero há liberação de energia; quando essa variação é maior do que zero há absorção de energia.



Fonte: Google imagens.

IMAGEM 4: A VELA QUEIMANDO



Durante a queima da vela, a reação não é completa, pois há formação de fuligem, constituída por átomos de carbono. O ar é uma mistura gasosa que possui cerca de 21% de oxigênio, e a disponibilidade imediata de moléculas é insuficiente para realizar a combustão completa dos alcanos da parafina da vela, o que leva a uma combustão incompleta da parafina. Na combustão incompleta produz-se água (H_2O), gás monóxido de carbono (CO) e carbono (C), também chamado de FULIGEM.



Fonte: Google imagens.

IMAGEM 5: DEGELO DAS CALOTAS POLARES



O degelo das calotas polares é um problema grave, que está tomando proporções mais do que alarmantes. Uma das principais preocupações dos ambientalistas é o gás metano, que é ainda mais potente em causar o aumento do efeito estufa (cerca de vinte vezes) do que o dióxido de carbono. Cientistas chegaram à conclusão de que as geleiras servem como depósito do gás metano, e conforme vão desaparecendo, mais acelerado se torna o processo de aquecimento global. O efeito estufa tem provocado esse derretimento das calotas e das geleiras nos polos.



Fonte: Google imagens.

IMAGEM 6: OS ALIMENTOS



Ao se referir ao termo caloria, o indivíduo está fazendo alusão ao valor energético de um alimento específico. As calorias são a energia contida nos alimentos e que são indispensáveis para a manutenção da vida do ser humano. A imagem mostra que a ingestão de alimentos é um processo endotérmico, já que os alimentos fornecem energia necessária para manter a vida e toda a atividade de nosso corpo.

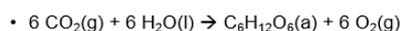


Fonte: Google imagens.

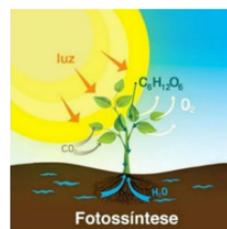
IMAGEM 7: PROCESSO DE FOTOSÍNTESE



A fotossíntese, processo de alimentação dos vegetais, é descrita pela seguinte reação:



Trata-se de um processo que absorve energia.



Fonte: Google imagens.

IMAGENS 8 e 9: TEMPERATURA DE 32° C e TEMPERATURA DE 8°C



Os termos quente, frio e calor têm diferentes significados na ciência e em nosso dia a dia. Quente pode significar “em temperatura mais elevada” (o ferro está quente), “que transmite calor” (sol quente) ou “que tem propriedade de conservar energia” (tecido quente). Frio, da mesma forma, pode significar “em temperatura mais baixa” ou “que tem a propriedade de não conservar calor”. Já calor pode significar “qualidade do que é quente” (o calor do sol, o calor da lareira) ou “sensação que se experimenta em ambiente aquecido”. Logo, calor é definido como transferência de energia térmica entre corpos de temperaturas diferentes. Assim, podemos dizer que em uma noite fria a nossa mão, por exemplo está mais quente do que o metal e a madeira, e que esses objetos estão na mesma temperatura.



Fonte: Google imagens.

APÊNDICE F: MATERIAL DE APOIO 2

TERMOQUÍMICA

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Componente Curricular: Química

Professor: Dioni Machado





O conceito de calor

Considere dois cubos de ferro sólido de mesma massa, um deles a 10 °C e o outro a 50 °C. Se os colocarmos em contato, suas temperaturas modificam-se gradualmente até chegar a uma situação em que ambos apresentam a mesma temperatura.

A energia transferida entre dois corpos (ou entre diferentes partes de um mesmo corpo) que têm temperaturas diferentes é denominada **calor**.



Há processos que liberam e outros que absorvem calor

- Quando um sistema formado por água líquida é colocado em um congelador, ele perde calor para esse ambiente e, em decorrência disso, ocorre o congelamento da água. Assim, quando a água líquida passa para a fase sólida também ocorre um exemplo de processo que libera calor.
- Há, por sua vez, acontecimentos que absorvem calor. Se um pedaço de gelo for deixado sobre a mesa à temperatura ambiente, ele receberá calor do ambiente e isso provocará a fusão do gelo. A transição da água sólida para a fase líquida é um processo que absorve calor.

Processo	
que	que
Libera calor	Absorve calor
é chamado	é chamado
Exotérmico	Endotérmico



A Primeira Lei da Termodinâmica

Estabelece que a energia é conservada nas transformações. A energia pode ser convertida de uma forma para outra, mas não pode ser criada nem destruída. Assim, a energia do Universo seria constante. “Energia” é uma palavra tão familiar que às vezes não nos damos conta de sua importância como um conceito central nas ciências da natureza e da dificuldade que é definir exatamente o que ela significa, apesar de todo mundo ter uma ideia desse significado.



Um pouco de História

O calor, sendo um processo de transferência de energia, não é uma substância. A noção de que o calor é uma substância está por trás da ideia de que um corpo pode conter calor, ou seja, de que calor e frio são atributos dos materiais. Essa ideia já foi aceita por muitos cientistas no passado, que consideravam que todos os corpos possuíam, em seu interior, uma substância fluida invisível e de massa desprezível a qual denominavam “calórico”. Um corpo à maior temperatura possuía mais calórico do que um corpo à menor temperatura. Lavoisier (1743-1794), por exemplo, listava o calórico como uma das substâncias elementares. Hoje sabemos que uma substância pode conter energia, mas não calor. A teoria do calórico, pensado como substância, foi abandonada em favor da teoria do calor, pensado como energia transferida entre sistemas a diferentes temperaturas, principalmente pelo fato de a primeira não conseguir explicar o aquecimento de objetos por outras formas que não uma fonte de calor, por exemplo, por atrito.



O Conde Rumford (1753-1814), engenheiro americano exilado na Inglaterra, introduziu, em 1798, a ideia de que calor era energia e não substância ao atribuir o aquecimento de peças metálicas, quando perfuradas, à energia mecânica empregada em sua perfuração. A teoria do calórico, no entanto, permaneceu viva por muitos anos ainda. Sadi Carnot (1796-1832), um dos pioneiros no estudo de máquinas térmicas, considerado um dos fundadores da termodinâmica – o ramo da Física e da Química que estuda o calor e o trabalho –, descrevia os ciclos de uma máquina térmica por analogia aos moinhos de água, usando a ideia de que o calor era um fluido sem massa que fluía de uma fonte quente, termicamente “mais alta”, para um reservatório frio, termicamente “mais baixo”.



Lavoisier, Conde Rumford e Sadi Carnot.

**Referências:**

CANTO, E. L. Química na abordagem do cotidiano, 2.1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Química: ensino médio. 2. ed. – São Paulo: Scipione, 2013.

APÊNDICE G: MATERIAL DE APOIO 3

TERMOQUÍMICA

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Componente Curricular: Química

Professor: Dioni Machado





O joule e o quilojoule

Um **joule** (J) é uma unidade de energia definida como o trabalho exercido por uma força de 1 newton ao longo da distância de 1 metro. Essa definição é trabalhada como parte do curso de Física. O que nos interessa nesse momento é que o joule é a unidade de energia no Sistema Internacional e, sendo a mais utilizada em todo o mundo, será também a unidade preferencialmente utilizada neste livro. Determina-se, experimentalmente, que a equivalência entre a caloria e o joule é:

$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$

Na prática, é mais conveniente expressar a quantidade de calor envolvido em uma mudança de fase ou em uma reação química em **quilojoule** (kJ):

$1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J}$



Atmosfera e oceanos – o sistema de aquecimento do planeta

A maior parte da energia usada na Terra vem de fora do planeta – mais precisamente da grande “usina” de fusão nuclear que é o Sol. Uma célula solar pode converter a luz solar em eletricidade, e esse é um processo que tem sido usado como fonte alternativa de energia. Grande parte das nossas fontes de energia, no entanto, é obtida por meio da **fotosíntese** – processo pelo qual as plantas usam a luz solar para sintetizar matéria orgânica por meio de gás carbônico e água. Muito dessa energia é utilizado imediatamente – seja como alimento, seja como madeira para combustível. Uma fração considerável dessa matéria orgânica tem se modificado ao longo de milhões de anos para dar origem ao petróleo, ao gás natural e ao carvão – outras importantes fontes de energia usadas atualmente. Quando os raios solares atingem a Terra, uma parte é absorvida pela atmosfera e pela superfície do planeta e o restante é refletido para o espaço.



A cada ano, a Terra recebe aproximadamente 3×10^{24} Joules (J) de energia do Sol. O Joule (J) é uma unidade de energia igual a 0,24 calorias. Dessa energia, 30% é refletida e retorna ao espaço; 47% é absorvida pelo solo e pelos oceanos e 23% é absorvida pela atmosfera. Apenas 0,02% da energia solar é utilizada pelas plantas no processo de fotossíntese.



Apenas 0,02% da energia solar que chega à Terra é usada na fotossíntese.

Entalpia e variação de entalpia

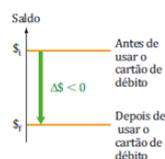
Uma analogia com o saldo de uma conta bancária

Para facilitar o entendimento do importante conceito de entalpia, que será apresentado à frente, vamos fazer uma analogia com o saldo de uma conta bancária. Consideremos, então, duas situações: a saída de dinheiro da conta e a entrada de dinheiro nela. Quando uma pessoa faz uma compra e paga com cartão de débito, ocorre saída de dinheiro de sua conta. Essa saída de dinheiro provoca uma redução do saldo da conta. Nesse caso, estamos diante de um processo **exomonetário** (*exo* significa "fora"). Se calcularmos a variação de saldo (ΔS), subtraindo o saldo inicial do saldo final, concluiremos que ela é negativa, pois o saldo final é menor que o inicial.

$$\Delta S = \text{Saldo final} - \text{Saldo inicial} < 0$$

Após usar o cartão de débito Antes de usar o cartão de débito

Processo **exomonetário**: sai dinheiro da conta.

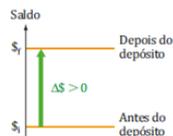


Por sua vez, quando o dinheiro é depositado na conta, o saldo sofre um aumento graças à entrada de dinheiro. Estamos diante de um processo **endomonetário** (*endo* significa "dentro"), e a variação de saldo é positiva, pois o saldo final é maior que o inicial.

$$\Delta S = \text{Saldo final} - \text{Saldo inicial} > 0$$

Após o dinheiro ser depositado Antes de o dinheiro ser depositado

Processo **endomonetário**: entra dinheiro na conta.



Perceba que o sinal da variação de saldo informa se houve saída ($\Delta S < 0$) ou entrada ($\Delta S > 0$) de dinheiro na conta.





O conceito de entalpia (H) e de variação de entalpia (ΔH)

É muito frequente em Química o estudo de processos que ocorram a pressão constante. Para poder investigar o calor liberado ou absorvido por um sistema químico a pressão constante, os químicos conceituaram a grandeza entalpia, simbolizada por H.

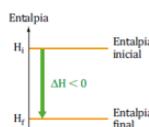
A entalpia (H) de um sistema é uma grandeza (expressa em unidade de energia) que informa a quantidade de energia desse sistema que poderia ser transformada em calor em um processo a pressão constante.

Quando um *processo exotérmico* ocorre em um sistema a pressão constante, esse sistema libera calor para o ambiente e sua entalpia diminui. A variação de entalpia (ΔH) será negativa, pois sai energia do sistema.

$$\Delta H = H_f - H_i < 0$$

Entalpia final (depois da liberação de calor)
 Entalpia inicial (antes da liberação de calor)

Processo exotérmico:
sai energia do sistema.

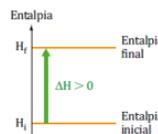


Quando um processo **endotérmico** ocorre em um sistema a pressão constante, esse sistema absorve calor do ambiente e sua entalpia aumenta. Nesse caso, a **variação de entalpia** (ΔH) será **positiva** em decorrência da entrada de energia no sistema.

$$\Delta H = H_f - H_i > 0$$

Entalpia final (depois da absorção de calor)
 Entalpia inicial (antes da absorção de calor)

Processo endotérmico:
entra energia no sistema.



A **variação de entalpia** (ΔH) de um sistema informa a quantidade de calor trocado por esse sistema, a pressão constante. O sinal do ΔH informa se o processo é **exotérmico** ($\Delta H < 0$) ou **endotérmico** ($\Delta H > 0$).

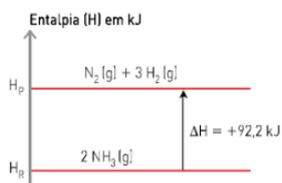


Exemplo:

Considere, como exemplo, a decomposição térmica da amônia (NH_3), na qual são produzidos os gases N_2 e H_2 . O processo pode ser representado por: $2 \text{NH}_3 (\text{g}) + 92,2 \text{ kJ} \rightarrow \text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g})$

No entanto, a representação mais adequada indica a variação da entalpia (ΔH), que será positiva porque a reação é endotérmica: $2 \text{NH}_3 (\text{g}) \rightarrow \text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \quad \Delta H = +92,2 \text{ kJ}$

Graficamente, temos a representação:



- Analisando as equações ou o diagrama, devemos entender que: quando 1 mol de gás nitrogênio (N_2) reage com 3 mol de gás hidrogênio (H_2), produzindo 2 mol de gás amônia (NH_3), ocorre a liberação de 92,2 kJ.
- Pelas equações ou pelo diagrama, devemos entender que na decomposição de 2 mol de gás amônia, produzindo 1 mol de gás nitrogênio e 3 mol de gás hidrogênio, são absorvidos 92,2 kJ.

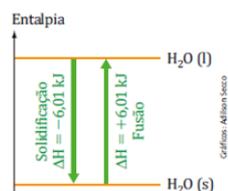


Varição de entalpia em uma mudança de fase

Uma mudança de fase a pressão constante envolve a troca de calor com o ambiente. A solidificação da água, por exemplo, é um processo exotérmico. Verifica-se, experimentalmente, que a solidificação de um mol de água envolve a perda de 6,01 kJ.

Em equação: $\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{s}) \quad \Delta H = - 6,01 \text{ kJ/mol}$

Note que a unidade de ΔH usada nesse caso é kJ/mol (lê-se quilojoules por mol), que indica que há a liberação (sinal negativo) de 6,01 kJ de energia quando **um mol** de água passa da fase líquida para a fase sólida. Por isso, o valor de $-6,01 \text{ kJ/mol}$ pode ser denominado **entalpia molar de solidificação** da água. No processo inverso, no qual um mol de água sólida passa para a fase líquida, verifica-se que ocorre a absorção de 6,01 kJ de calor das vizinhanças.

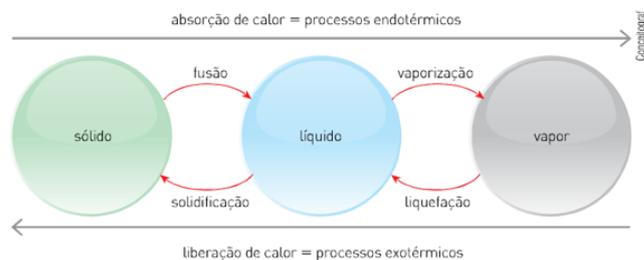


Em equação: $\text{H}_2\text{O} (\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \quad \Delta H = + 6,01 \text{ kJ/mol}$



ΔH NAS MUDANÇAS DE ESTADO FÍSICO

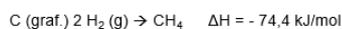
As mudanças de estado ocorrem com absorção ou liberação de calor. A quantidade de calor necessária para provocar a fusão de 1 mol de uma substância, à pressão constante, é denominada **calor ou entalpia de fusão**.



Equação Termoquímica

Os processos realizados em calorímetros e os dados experimentais obtidos são representados pelas **equações termoquímicas**. Para que uma equação termoquímica possa representar de modo completo dados obtidos em laboratório, devem estar presentes as seguintes informações:

- os coeficientes estequiométricos e o estado físico de todos os participantes;
- a especificação da variedade alotrópica, quando for o caso;
- a temperatura e a pressão em que a reação ou a mudança de fase é realizada;
- o ΔH do processo.



A necessidade de especificar na equação termoquímica informações como *forma alotrópica*, *temperatura* e *estados físicos* se deve ao fato de os valores de ΔH variarem quando um ou mais desses fatores se alteram.



O estado-padrão

Ter à disposição uma lista de valores de ΔH para diferentes reações é de grande valor para auxiliar os químicos a fazer previsões. Contudo, quando empregamos informação tabelada, é necessário ressaltar em que condições foi determinada experimentalmente para que saibamos, por consequência, a que condições ela se aplica. Por esse motivo, os químicos criaram o conceito de estado-padrão de uma substância. Quando um valor de ΔH se refere a reagentes e produtos no estado-padrão, esse valor é denominado **variação de entalpia-padrão** e simbolizado por ΔH° .

Entalpia-padrão de combustão

Combustão e entalpia-padrão de combustão (ΔH°_c)

Combustão é a reação exotérmica de uma substância com o oxigênio, realizada em condições tais que o próprio calor liberado é suficiente para manter a reação em andamento até que pelo menos um dos reagentes se esgote.

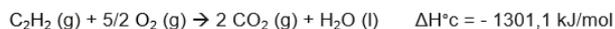


O ΔH° para a reação de combustão de uma substância, estando reagentes e produtos no estado-padrão, é denominado **entalpia-padrão de combustão** (ΔH°_c) da substância. É expresso geralmente em kJ/mol. Alguns químicos chamam ΔH°_c de "calor de combustão".

Veja, como exemplo, o valor de ΔH°_c para o metano (CH_4):



Veja, como exemplo, o valor de ΔH°_c para o etano (C_2H_6):



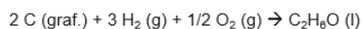
A unidade $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ (ou kJ/mol), referindo-se a entalpia de combustão, deve ser interpretada como quilojoule por mol de reação, estando a equação balanceada com **coeficiente 1 no combustível**.



Entalpia-padrão de formação

Formação e entalpia-padrão de formação (ΔH°_f)

Em Termoquímica, conceitua-se reação de **formação** de uma substância como a reação em que ela é produzida exclusivamente a partir de reagentes que sejam substâncias simples.



Nela, o álcool etílico (álcool comum, $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ou $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) é formado a partir do carbono grafite, do gás hidrogênio e do gás oxigênio. Os reagentes são todas substâncias simples. Por isso, a equação acima representa a reação de formação do álcool etílico.

O ΔH°_f para a reação de formação de uma substância exclusivamente a partir de reagentes que sejam substâncias simples — todas no estado-padrão, no estado físico mais estável — é denominado **entalpia-padrão de formação** (ΔH°_f) da substância. É expresso geralmente em kJ/mol . Alguns químicos chamam o ΔH°_f de "calor de formação".

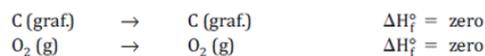
Com a tabela de entalpia-padrão de formação podemos calcular a entalpia de muitas outras substâncias, assim como o ΔH de um grande número de reações. Para efetuar corretamente esses cálculos, devemos lembrar que: $\Delta H = H_P - H_R$



A entalpia-padrão de formação de algumas

substâncias é nula!

Uma **consequência** da definição de entalpia-padrão de formação é que o ΔH_f° é **nulo** para as **substâncias simples**, desde que estejam **no estado-padrão, no estado físico mais estável e na variedade alotrópica de referência**. Vejamos por que, considerando exemplos de processos de "formação" dessas substâncias:

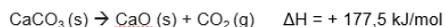


Neles, obviamente, nenhuma alteração ocorre e, portanto, ΔH° é zero. Por sua vez, nas reações de formação de diamante ou de ozônio, o valor de ΔH° não é nulo porque, de fato, houve uma reação química:



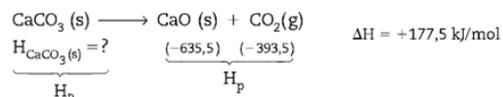
Determinação da entalpia de formação de uma substância a partir de uma equação termoquímica

A equação de decomposição do mármore pode ser representada por:



Na tabela, encontramos as entalpias: $H_{\text{CaO}} \text{ (s)} = -635,5 \text{ kJ/mol}$ e $H_{\text{CO}_2} \text{ (g)} = -393,5 \text{ kJ/mol}$

No entanto, nela não encontramos a entalpia de $H_{\text{CaCO}_3} \text{ (s)}$, que pode ser determinada da seguinte maneira:



$$\begin{aligned} \Delta H &= H_P - H_R \\ \Delta H &= [(H_{\text{CaO (s)}}) + (H_{\text{CO}_2 \text{ (g)}})] - [(H_{\text{CaCO}_3 \text{ (s)}})] \\ +177,5 &= [(-635,5) + (-394)] - [(H_{\text{CaCO}_3 \text{ (s)}})] \\ +177,5 &= [-635,5 - 393,5] - H_{\text{CaCO}_3 \text{ (s)}} \\ H_{\text{CaCO}_3 \text{ (s)}} &= -1029 - 177,5 \\ H_{\text{CaCO}_3 \text{ (s)}} &= -1206,5 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$



Referências:

CANTO, E. L. Química na abordagem do cotidiano, 2.1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Química: ensino médio. 2. ed. – São Paulo: Scipione, 2013.

USBERCO, J; SALVADOR, E. Conecte química, 2: química. 2. ed. - São Paulo: Saraiva, 2014.

APÊNDICE H: MATERIAL DE APOIO 4

TERMOQUÍMICA

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Componente Curricular: Química

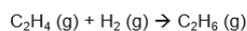
Professor: Dioni Machado



Energia de ligação

Recordando: uma reação química é um rearranjo de átomos

Uma reação química é um processo em que novas substâncias (produtos) são formadas a partir de outras substâncias anteriormente existentes (reagentes). Do ponto de vista microscópico, os reagentes diferem dos produtos no modo como os átomos se encontram unidos uns aos outros. Assim, no transcorrer de uma reação química, ocorre um rearranjo de átomos. Para isso, algumas ligações químicas são quebradas e outras formadas. Considere novamente como exemplo a reação assim equacionada:



Denomina-se **energia de ligação** a variação de entalpia da reação em que um mol de ligações é **quebrado**, estando o reagente e os produtos dessa quebra no estado gasoso.

A **quebra** de uma ligação química é um processo **endotérmico**.

A **formação** de uma ligação química é um processo **exotérmico**.

Alguns exemplos de energia de ligação, em kJ/mol

Ligação	ΔH_f						
H—H	436*	Cl—Cl	242*	C—H	412	C—F	484
O—O	157	Br—Br	193*	C—C	348	C—Cl	338
O=O	496*	I—I	151*	C=C	612	C—Br	276
N—N	163	H—F	565*	C≡C	837	C—I	238
N=N	409	H—Cl	431*	C—O	360	O—H	463
N≡N	944*	H—Br	366*	C=O	743	N—H	388
F—F	158*	H—I	299*	C—N	305	N—O	210

* Energia de ligação na molécula biatômica correspondente. Nos demais casos, o valor é uma **média** de valores obtidos de várias moléculas em que existe a ligação mencionada.

Fonte: ATKINS, P. et al. *Chemical principles, the quest for insight*. 6. ed. New York: Freeman, 2013. p. 300.

Utilidade das energias de ligação

De posse dos valores de energias de ligação, podemos calcular a variação de entalpia para uma reação, em fase gasosa, dividindo-a **teoricamente** em uma etapa de quebra de ligações e outra de formação de ligações. Primeiramente, calculamos a quantidade de energia para quebrar as ligações. Essa primeira etapa é **endotérmica**, isto é, apresenta $\Delta H_{\text{quebra}} > 0$.

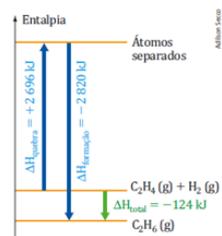
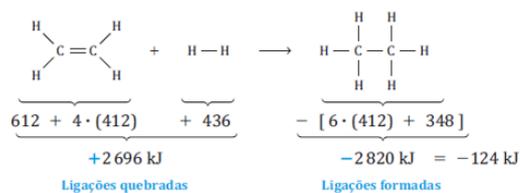


A seguir, calculamos a quantidade de energia necessária para formar as ligações. Essa segunda etapa é **exotérmica**, ou seja, tem $\Delta H_{\text{formação}} < 0$.

O ΔH da reação global corresponde à soma algébrica:

$\Delta H_{\text{quebra}} + \Delta H_{\text{formação}}$

Voltemos ao exemplo anterior:



Esquema que ilustra o processo teórico da quebra das ligações existentes nos reagentes (fornecendo átomos isolados) e a subsequente formação das ligações existentes nos produtos.



Referências:

CANTO, E. L. Química na abordagem do cotidiano, 2.1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

APÊNDICE I: MATERIAL DE APOIO 5

TERMOQUÍMICA

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Componente Curricular: Química

Professor: Dioni Machado

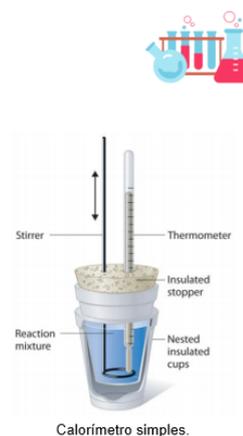


Calorimetria

A calorimetria é o estudo do calor transferido durante um processo físico ou químico. O conceito da calorimetria envolve a aplicação da Primeira Lei da Termodinâmica que estabelece que a energia é conservada nas transformações.

O calorímetro é usado para medir a energia transferida na forma de calor. O calorímetro do tipo isoperibólico é o mais comum de ser encontrado, indo de modelos mais simples como os calorímetros de uso didático, um béquer num bloco de isopor e um termômetro, a modelos mais sofisticados.

Pode-se medir a variação de entalpia (ΔH), acompanhando-se a variação de temperatura de uma transformação física ou química que ocorra a pressão constante. Na variação da entalpia com a temperatura, a entalpia de uma substância aumenta quando a temperatura é elevada.



Referências:

ATKINS, P. W.; PAULA, J. **Físico-Química 1**. 9ª ed. Trad. DA SILVA, E. C. *et al.* Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CHAGAS, A. P. O que se mede num calorímetro? (Um exercício de aplicação da Primeira Lei da Termodinâmica). **Química Nova**, V. 15, 1992.

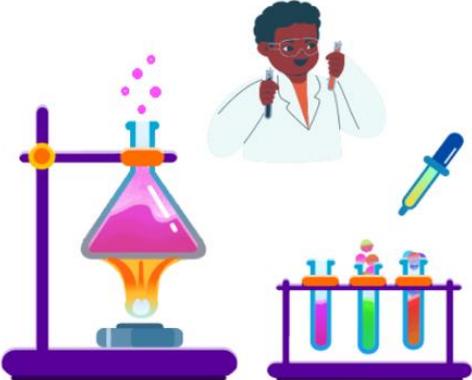
APÊNDICE J: MATERIAL DE APOIO 6

TERMOQUÍMICA

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Componente Curricular: Química

Professor: Dioni Machado



A Lei de Hess

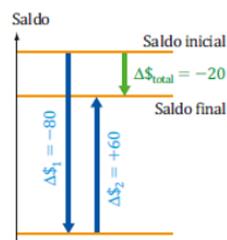
Novamente uma analogia com o saldo bancário

Em um mesmo dia, duas operações financeiras foram realizadas em uma conta bancária. Uma delas foi o uso do cartão de débito para uma compra no valor de 80 unidades monetárias e a outra foi o depósito de 60 unidades monetárias. (O nome da unidade monetária vigente é irrelevante para a presente discussão!). Após as operações, qual será a variação total do saldo da conta?

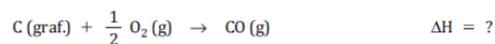
A primeira operação é exomonetária e a ela podemos atribuir um ΔS_1 , variação de saldo, de 280 unidades monetárias. A segunda é endomonetária e apresenta um ΔS_2 de 160 unidades monetárias. Somando-se as variações, obtemos a variação monetária total:

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = -80 + 60 = -20 \text{ unidades monetárias.}$$

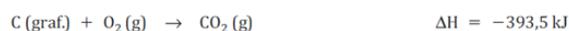
O gráfico ao lado ilustra a movimentação financeira e seu resultado efetivo.



A Lei de Hess: O cálculo envolvendo a conta bancária, mostrado anteriormente, ajudará a entender a Lei de Hess. Considere a reação de combustão do carbono grafite formando monóxido de carbono:



Essa reação é muito difícil de realizar na prática; uma parte do carbono pode queimar até formar dióxido de carbono (CO_2) e outra parte pode permanecer sem queimar. Por isso, é bastante difícil medir o ΔH dessa reação. Contudo, a combustão do carbono grafite formando dióxido de carbono e a combustão do monóxido de carbono, também formando dióxido de carbono, são reações relativamente fáceis de realizar e cujo ΔH pode ser determinado com relativa facilidade. Veja esses valores:

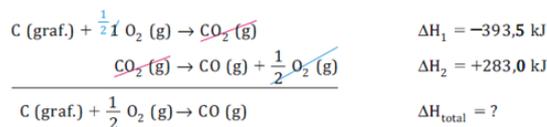




Quando invertemos uma equação química, ocorre uma mudança no sinal de seu ΔH . Isso significa que o inverso de um processo endotérmico é um processo exotérmico e vice-versa. Assim, se invertermos a segunda das equações acima, seu ΔH muda de sinal, passando a ser + 283,0 kJ.



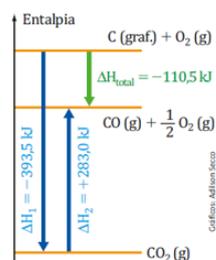
Agora vamos somar a equação de combustão completa da grafite formando CO_2 com essa última equação.



O processo global resultante dessa soma é justamente aquele cujo ΔH desejamos calcular. O gráfico ao lado ilustra que o ΔH_{total} desse processo pode ser obtido por meio da soma de ΔH_1 e ΔH_2 .

$$\Delta H_{\text{total}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -393,5 \text{ kJ} + 283,0 \text{ kJ} = -110,5 \text{ kJ}$$

Perceba a semelhança com a situação descrita para a movimentação da conta bancária.



A variação de entalpia de uma reação é igual à soma das variações de entalpia das etapas em que essa reação pode ser desmembrada, mesmo que esse desmembramento seja apenas teórico.



LEIA, ANALISE E RESPONDA

País desperdiça biogás

Por entraves na regulamentação e nas regras do Protocolo de Kyoto, o Brasil queima hoje cerca de 1 milhão de metros cúbicos de gás natural por dia em aterros sanitários, estações de tratamento de água e na agroindústria. O combustível, que representa 3% da capacidade do Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol). É suficiente para abastecer 200 postos com gás natural veicular (GNV) ou acionar uma usina termoeétrica de 100 megawatts (MW).

Chamado de biogás, o combustível é proveniente de resíduos sólidos, como dejetos de animais, e pode ser tratado e transformado em gás natural para ser inserido na rede de distribuição, gerar energia ou abastecer veículos. Algumas iniciativas já aproveitam o combustível, como os aterros sanitários São João e Bandeirantes, em São Paulo, que destinam o gás para geração térmica. O aproveitamento, porém, ainda é pequeno. País desperdiça 1 milhão de m³ de biogás por dia.

O Estado de S. Paulo. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/estadao/20090422/not_imp358431,0.php>. Acesso em: mar. 2010.



O gás natural é constituído por aproximadamente 70% em volume ou em mol pelo metano, seu principal componente, com densidade aproximada de 0,7 kg/m³. A equação termoquímica de combustão do metano é:



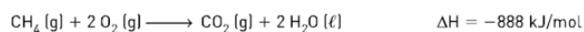
$$\Delta H = -888 \text{ kJ/mol}$$

Pensando em alternativas energéticas, o governo incentiva a pesquisa do uso da biomassa, matéria orgânica que, quando fermenta, também produz o biogás. De acordo com o texto e com seus conhecimentos de Termoquímica, resolva os problemas 1 e 2.

1. Créditos de carbono são certificados emitidos quando um país consegue reduzir a emissão de gases que provocam o efeito estufa, entre eles o metano. Esse crédito pode ser negociado entre as nações para que todas consigam cumprir as metas do Protocolo de Kyoto. Sabendo que a redução de 1 tonelada de metano corresponde a 21 créditos de carbono, qual é o número de créditos de carbono que o Brasil pode negociar ao queimar 1 milhão de m³ de gás natural por dia em aterros.



2. Dadas as reações termoquímicas abaixo, determine o calor de formação do metano.



Referências:

CANTO, E. L. Química na abordagem do cotidiano, 2.1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

USBERCO, J; SALVADOR, E. Conecte química, 2: química. 2. ed. - São Paulo: Saraiva, 2014.