

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

ANDERSON DIEGO DE FREITAS

**A DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA DAS PARTÍCULAS: UMA
PROPOSTA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO ENSINO
MÉDIO**

Recife - Pernambuco
Janeiro – 2024

ANDERSON DIEGO DE FREITAS

**A DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA DAS PARTÍCULAS: UMA
PROPOSTA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO ENSINO
MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Luciano de Azevedo Soares Neto.

Recife - Pernambuco
Janeiro – 2024

Dados Internacionais de Catalogação na
Publicação Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F866d Freitas, Anderson Diego de
A DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA DAS PARTÍCULAS: UMA PROPOSTA DE ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO NO ENSINO MÉDIO. / Anderson Diego de Freitas. - 2024.
90 f. : il.

Orientador: Dr. Luciano de Azevedo
Soares Neto. Inclui referências e
apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de
Mestrado Profissional em Química (PROFQUI), Recife, 2024.

1. Termodinâmica. 2. Distribuição de energia. 3. Ensino investigativo. I. Neto, Dr. Luciano de
Azevedo Soares, orient. II. Título

CDD 540

ANDERSON DIEGO DE FREITAS

**A DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA DAS PARTÍCULAS: UMA
PROPOSTA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO ENSINO
MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Luciano de Azevedo Soares Neto.

Aprovada por:

Prof. Dr. Luciano de Azevedo Soares Neto (orientador)

Profa. Dr. Sandra Rodrigues de Souza (DQ-UFRPE)
Examinadora interna

Profa. Dra. Cintia Beatriz de Oliveira (UAST-UFRPE)
Examinadora Externa

“Há verdadeiramente duas coisas diferentes: saber e crer que se sabe. A ciência consiste em saber; em crer que se sabe reside a ignorância.”

Hipócrates

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expresso minha gratidão a Deus, cuja orientação e apoio me conduziram ao longo desta jornada.

Quero também manifestar minha profunda gratidão aos meus familiares, cujo amor, compreensão e incentivo inabaláveis me acompanharam durante todo o percurso acadêmico.

Ao Professor Luciano de Azevedo Soares Neto expresso minha sincera apreciação pelo seu suporte inestimável, suas orientações e pela confiança que depositou em meu trabalho.

Meus agradecimentos se estendem a todos os professores que me acompanharam ao longo destes anos na UFRPE. Suas contribuições à minha formação foram significativas.

Por fim, não posso deixar de expressar minha gratidão aos meus amigos, cujo apoio, amizade e momentos compartilhados tornaram essa jornada mais significativa e memorável.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Número de partículas, em função do tempo, para $N = 10$.	27
Figura 2 - Termômetro a laser	28
Figura 3 - Forno Microondas	28
Figura 4 - Tigela de vidro	29
Figura 5 - Mistura contendo água, líquido quente (laranja) e frio (em azul) se misturando	30
Gráfico 1 – Nível de escolaridade	32
Gráfico 2 – Segmento de ensino em que atua	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Demonstrações investigativas através do laboratório aberto	18
Quadro 2 - Posição inicial	25
Quadro 3 - Mudanças de posições durante o sorteio	26
Quadro 4 - Você achou pertinente o uso do ensino investigativo no nosso trabalho? Caso afirmativo, justifique sua resposta.	33
Quadro 5 - Na atividade vaporização da água você acha que os alunos conseguem relacionar o surgimento de bolhas antes da temperatura de 100°C com a energia das moléculas de água?	38
Quadro 6 - Como você avalia a parte do texto em que apresentamos a relação entre a temperatura de vaporização da água e as forças intermoleculares?	41
Quadro 7 - Na pergunta 4 da atividade 1, que explora o motivo pelo qual sopramos um alimento quente para resfriá-lo, você acha essa atividade pertinente?	44
Quadro 8 - Na atividade 2, "Um jogo bem interessante", você acha que fica claro para o aluno que a energia total das partículas em um sistema oscila?	47
Quadro 9 - Sobre a atividade 3, "O estado metaestável", na sua opinião, fica claro a discussão sobre a energia envolvida?	50
Quadro 10 - Você considera que a atividade 3, que introduz a noção de distribuição de energia das moléculas e sua relação com a entropia, foi eficaz para os alunos?	52
Quadro 11 - Como você avalia o experimento realizado na atividade 4, "entendendo a distribuição energética"?	55
Quadro 12 - Você acredita que essa ferramenta será útil para auxiliar outros professores na abordagem dos conceitos apresentados? Que sugestões você teria para aprimorar o manual?	58
Quadro 13 - Por fim, considerando todo o trabalho realizado e a metodologia empregada, você acha que o uso do material aqui proposto pode mudar a percepção do aluno sobre a natureza estatística da energia das partículas?	61

RESUMO

Distribuição de energia das partículas: uma proposta de ensino por investigação no Ensino Médio

ANDERSON DIEGO DE FREITAS

Orientador: Prof. Dr. Luciano de Azevedo Soares Neto

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Química.

Este trabalho se concentra em destacar a importância de um ensino crítico, busca-se utilizar a metodologia do Ensino por Investigação para abordar conceitos fundamentais da Termodinâmica Estatística, particularmente a distribuição da energia nas partículas. O principal objetivo foi criar um material didático em formato de manual que oferecesse suporte aos professores de Química do Ensino Médio ao abordarem temas relacionados à energética química usando os fundamentos da Termodinâmica Estatística. Esse material foi estruturado com atividades que demonstram a partição da energia das partículas, visando oferecer uma compreensão mais aprofundada desse conceito. O estudo envolveu 11 professores do Ensino Médio com formação em Química, os quais tiveram acesso ao produto educacional proposto. A coleta de dados foi conduzida por meio de um questionário *online*, contendo questões abertas e fechadas para identificar o perfil dos participantes e avaliar a utilidade do material desenvolvido. A análise dos dados, tanto qualitativos quanto quantitativos, foi realizada para verificar a concordância dos resultados com as hipóteses iniciais e a proposta do estudo. Em relação à aplicação do manual, os professores reconhecem o ensino investigativo como motivador, despertando curiosidade e promovendo a interdisciplinaridade. Concluiu-se que a visão unânime sobre a eficácia do material revela a confiança na capacidade do manual em poder transformar a percepção dos alunos sobre a energia das partículas, desmitificando conceitos equivocados e permitindo uma compreensão mais clara e intuitiva. A metodologia investigativa é valorizada como ferramenta para promover aprendizado significativo e inclusivo.

Palavras-chave: Termodinâmica. Distribuição de energia. Ensino investigativo.

ABSTRACT

Particle energy distribution: a research-based teaching proposal in high school

ANDERSON DIEGO DE FREITAS

Advisor: Prof. Dr. Luciano de Azevedo Soares Neto.

Summary of the Master's Dissertation submitted to the Professional Master's Program in Chemistry on National Network, from the Federal Rural University of Pernambuco, as part of the necessary requirements to obtain the title of Master in Chemistry.

This work focuses on highlighting the importance of critical teaching, seeking to use the Teaching by Inquiry methodology to address fundamental concepts of Statistical Thermodynamics, particularly the distribution of energy in particles. The main objective was to create teaching material in manual format that would offer support to high school chemistry teachers when approaching topics related to chemical energetics using the fundamentals of Statistical Thermodynamics. This material was structured with activities that demonstrate the partitioning of particle energy, aiming to offer a more in-depth understanding of this concept. The study involved 11 high school teachers with a degree in Chemistry, who had access to the proposed educational product. Data collection was conducted using an online questionnaire, containing open and closed questions to identify the profile of the participants and evaluate the usefulness of the material developed. Data analysis, both qualitative and quantitative, was carried out to verify the agreement of the results with the initial hypotheses and the study proposal. Regarding the application of the manual, teachers recognize investigative teaching as motivating, awakening curiosity and promoting interdisciplinarity. Furthermore, teachers recognize the value of experiments in promoting debate and tangible understanding of abstract concepts, stimulating a deeper interest in the subject. It was concluded that the unanimous view on the effectiveness of the material reveals confidence in the manual's in being able to transform students' perception of particle energy, demystifying mistaken concepts and allowing a clearer and more intuitive understanding. The investigative methodology is valued as a tool to promote meaningful and inclusive learning.

Keywords: Thermodynamics. Energy distribution. Investigative teaching.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
3 FUNDAMENTOS DA PESQUISA	13
3.1 A termodinâmica estatística de Boltzmann	13
3.2 O ensino por investigação	15
4 METODOLOGIA	20
4.1 Caracterização da pesquisa quanto à natureza, objetivos, procedimentos e abordagem dos dados	20
4.2 O Produto educacional	22
4.3 Sujeitos da pesquisa e critérios de inclusão/exclusão	22
4.4 Procedimentos e Instrumentos para coleta de dados	23
4.5 Análise e abordagem dos dados obtidos na pesquisa	23
5 A PROPOSTA PEDAGÓGICA	24
5.1 Atividade 1: A vaporização	24
5.2 Atividade 2: Um jogo bem interessante	25
5.3 Atividade 3: O estado metaestável	27
5.4 Atividade 4: Entendendo a distribuição energética	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
7 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE A	70
APÊNDICE - PRODUTO EDUCACIONAL	73

1 INTRODUÇÃO

O avanço da ciência e da tecnologia tem exigido muito da formação dos profissionais e principalmente dos professores. A cada dia fica evidente que o processo de ensino-aprendizagem tem que acompanhar o progresso da sociedade. Todo progresso seja ele na área social, tecnológico, econômico, médico-hospitalar e etc., está diretamente relacionado à evolução científica.

Diante desse cenário é necessário ensinar ciência com criticidade, fazendo do aluno um ser questionador, pensante, só dessa maneira será possível romper as barreiras tradicionais de ensino. Levando em consideração esse pensamento é que os educadores em geral estão engajados em pesquisas para tornar o processo ensino e aprendizagem mais eficiente (Paiva; Fonseca; Colares, 2022).

Atualmente uma estratégia que vem se opondo ao ensino tradicional é o ensino de ciências por investigação. Esse tipo de ensino faz o aluno participar mais da aula, resultando que eles melhoram a capacidade de assimilar, julgar e assim ir construindo o conhecimento.

O Ensino por Investigação mostra claramente que a aquisição de conhecimentos em ciências é um processo que pode se iniciar com uma discussão baseada em uma situação problematizadora e a partir desta estabelecer uma sequência para a construção do conhecimento (Carvalho, 2018).

Utilizar atividades de cunho investigativo em aula é algo que tem que ser bem planejado pelo professor, tendo em vista que os alunos estão diretamente envolvidos em praticamente todo o processo. Por sua vez, o planejamento das atividades é fundamental para o sucesso almejado pelo professor ao abordar determinado assunto.

Neste trabalho, escolhemos a Metodologia do Ensino por Investigação para formular uma proposta que pode muito bem ser usada por professores de química do ensino médio para abordar de forma bem diferenciada conceitos que demonstrem a ocorrência estatística da distribuição da energia como, por exemplo: a vaporização, os estados metaestáveis e, sobretudo a energética das reações químicas.

A definição da temática derivou de considerações relacionadas ao cenário cotidiano, influenciada, por exemplo, pela reportagem divulgada no portal *online* da revista Galileu intitulada "Aquecimento global deve causar aumento da temperatura

no Brasil, indica IPCC" (Alisson, 2022). Esse contexto se encontra em consonância com a tendência observada na atualidade onde diversos veículos de comunicação vêm reportando regularmente sobre o aquecimento global e as alterações climáticas.

Assim como Alisson (2022), uma coisa em particular chama a atenção quando se fala no aquecimento global: o aumento da temperatura. No caso da matéria da revista Galileu encontramos que "Se não forem limitadas, as emissões de gases de efeito estufa nos próximos anos, o aquecimento global, que pode atingir ou exceder 1,5 °C até 2040, deverá causar o aumento generalizado da temperatura em todo o Brasil, além de diferentes impactos regionais".

A matéria fala em aumento da temperatura da ordem de 1,5°C, ora como um aumento de apenas 1,5 grau pode causar tantos problemas no clima? Qual o efeito da elevação de 1,5 grau nas águas dos oceanos? São questionamentos desse tipo que são difíceis de ser discutido e explicado quando não utilizamos os aspectos estatísticos da energia das partículas (átomos ou moléculas), ou seja, a energia das partículas não se apresenta de forma única, mas como uma média. Na natureza as partículas que constituem as substâncias (sólida, líquida ou gasosa) existem com valores de energia diferente, de forma que na prática costuma-se avaliar a energia média das partículas.

O objetivo do nosso trabalho é a de apresentar para o professor de Química do Ensino Médio um material que ele poderá usar para poder levar para a sala de aula uma forma bem prática e ilustrada para mostrar ao aluno que na natureza as partículas possuem energias diferenciadas e que sempre vai existir uma quantidade de partículas com energia acima da média assim como uma parte com energia abaixo da média das demais. Para muitas partículas, um ganho mínimo de energia poderá fazer elas mudarem de estado físico ou até participar de processos químicos por atingirem uma energia ainda mais alta.

A introdução da estatística na descrição do comportamento físico das partículas que constituem a matéria foi feita pelo físico austríaco Ludwig Boltzmann (1844 – 1906) ao tentar descrever a Entropia. Por isso nosso trabalho é fundamentado principalmente na formulação de Boltzmann para a Entropia seguindo o Ensino Investigativo.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi produzir um material didático (manual) contendo uma sequência de atividades baseada no Ensino Investigativo que demonstrem a existência da partição da energia das partículas, fator fundamental na termodinâmica estatística.

No tocante dos objetivos específicos teremos: A) Descrever atividades experimentais fazendo uso do Ensino por Investigação que demonstre a existência do estado metaestável, da “vaporização” e de processos químicos que envolva aspectos estatísticos da distribuição de energia. B) Aplicar questionário aos professores que permita avaliar a opinião dos mesmos sobre o material proposto. C) Produzir um manual para uso dos professores de química.

3 FUNDAMENTOS DA PESQUISA

3.1 A termodinâmica estatística de Boltzmann

A interpretação microscópica da entropia proposta pelo físico austriaco Ludwig Boltzmann (1844-1906) contribuiu significativamente para a evolução da termodinâmica. De acordo com Dahmen (2006), Boltzmann, em seu trabalho de 1872, tenta fundamentar a segunda lei por meio da aplicação de princípios mecânicos ao movimento das moléculas de um gás perfeito. Ele analisou e explicou o motivo pelo qual os fenômenos naturais apresentam a tendência de se desenvolverem em um único sentido, ou seja, havia um aumento da entropia em processos irreversíveis. Com a aplicação de fundamentos da estatística, Boltzmann conseguiu dar à entropia um caráter probabilístico.

Após os trabalhos desenvolvidos por Boltzmann a termodinâmica deixou de ser vista de forma determinista passando a ter uma visão probabilística. Diferentemente da mecânica Newtoniana, que afirmava que a matéria poderia retroceder em seu percurso, ou seja, retornar exatamente ao seu estado inicial, mas não explicava o fato de os sistemas irreversíveis irem para a máxima entropia e continuarem neste estado, a interpretação probabilística nos traz a ideia de que nada impede que essas reações invertam seus percursos, ou seja, irem da desordem para a ordem, porém a probabilidade disso acontecer é praticamente nula.

A abordagem da termodinâmica clássica (Clausius-Carnot) sobre o conceito de entropia já tinha indicado que ela seria uma medida da dispersão da energia, ou seja, a energia em um sistema tenderia de uma forma mais concentrada para uma forma mais dispersa nos processos irreversíveis, porém ainda não tinha explicado o porquê dessa dispersão (Kotz, 2016, p. 834).

A estratégia de Boltzmann para explicar o motivo da dispersão de energia foi adotar a ideia de que seriam permitidos vários estados possíveis de energia para um sistema. Assim, estabeleceu uma distribuição de probabilidade para esses vários estados, indicando que algumas distribuições seriam mais prováveis à medida que elas tivessem mais maneiras de ocorrer, e cada estado possível seria chamado de “microestado” de energia.

O sistema evoluiria dos estados menos prováveis aos estados mais prováveis, permitindo assim a relação da entropia com as probabilidades dos

estados. Dessa forma, segundo Boltzmann, os sistemas seguiriam um caminho natural, determinado pelas probabilidades dos estados, até que o equilíbrio fosse atingido (KOTZ, 2016, p. 834). Com a termodinâmica estatística, Boltzmann encontrou a seguinte expressão para a entropia de um sistema gasoso:

$$S = K \ln W$$

Onde W seria o número de maneiras distintas nas quais as partículas de um sistema gasoso poderiam se arrumar, de modo a manter a mesma energia total constante; e K seria uma constante de proporcionalidade, que em sua homenagem, foi posteriormente chamada de constante de Boltzmann, com o valor $K = 1,3807 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$.

A partir da expressão encontrada por Boltzmann, podemos imaginar uma situação de estado perfeito de ordenamento da matéria, no qual seria possível um estado de entropia zero, ou seja, um estado onde cessaria todo o movimento térmico da matéria, essa ideia traduz o que Boltzmann enunciou e ficou conhecida como a terceira lei da termodinâmica. Matematicamente, isso é possível, pois $\ln 1 = 0$, e isso nos leva à conclusão de que $w = 1$, ou seja, só existiria um microestado possível para essa condição, o chamado zero absoluto.

Por volta do século XX, a nossa visão sobre a natureza e o mundo que nos rodeia sofreu grandes transformações com o advento da Mecânica Quântica e as implementações da Mecânica Estatística na segunda metade do século XIX. Puderam trazer assim um novo olhar para a estrutura da matéria e a energia, e isso repercutiram diretamente na termodinâmica clássica, pois deixou de ser uma ciência eminentemente empírica focada em situações restritas de equilíbrio e de idealidade e passou a observar processos do mundo real, os quais estão longe do equilíbrio e da idealidade.

Podemos dizer que os processos do mundo real normalmente estão longe de serem reversíveis, muito raramente eles são isotérmicos ou estão em equilíbrio; poucas misturas de gases de importância industrial são ideais. Assim, temos de considerar uma aproximação pragmática para a aplicação da Termodinâmica de Equilíbrio para sistemas reais (Conceição, 2010).

A termodinâmica do equilíbrio oferece uma resposta satisfatória para um número enorme de fenômenos físico-químicos, mas é insuficiente para descrever

sistemas abertos, os quais não se sujeitam ao formalismo dos sistemas fechados por alimentarem-se do fluxo de matéria e de energia que lhes vem do mundo externo, por isso pode-se até se isolar um cristal perfeito, mas uma célula não sobreviveria separada do seu meio (Conceição, 2010).

A Termodinâmica fora do equilíbrio é a parte da Termodinâmica que melhor explica os sistemas dinâmicos como os seres vivos e as reações oscilantes, entre outros. O prêmio Nobel de Química de 1977 premiou o físico-químico russo naturalizado belga Ilya Prigogine pela sua descoberta das “estruturas dissipativas”, que explica como pode surgir ordem dentro da desordem.

3.2O ensino por investigação

A fundamentação do ensino por investigação reside no diagnóstico de que, de um modo geral, o ensino de ciências tem se realizado por meio de proposições científicas, apresentadas na forma de definições, leis e princípios e tomados como verdades de fato, sem maior problematização e sem que se promova um diálogo mais estreito entre teorias e evidências do mundo real. Em tal modelo de ensino, poucas são as oportunidades de se realizar investigações e de argumentar acerca dos temas e fenômenos em estudo. O resultado é que estudantes não aprendem conteúdo das Ciências e constroem representações inadequadas sobre a ciência como empreendimento cultural e social (Munford, 2007).

É notório que os conteúdos de Ciências e essencialmente de Química não são de simples assimilação, e ainda hoje é possível perceber que as aulas tradicionais ainda imperam em muitas práticas docentes. Esse tipo de prática é um dos fatores para que a compreensão acerca dos conteúdos e a construção do conhecimento não se realizem de maneira significativa.

Os parâmetros Curriculares Nacionais (2002) estabelecem que o aprendizado de Química no ensino médio “deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas”. Segundo o que foi estabelecido nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM (BRASIL, 2002):

a proposta apresentada para o ensino de Química nos PCNEM se contrapõe à velha ênfase na memorização de informações, nomes, fórmulas e conhecimentos como fragmentos desligados da realidade dos alunos. Ao contrário disso, pretende que o aluno reconheça e compreenda, de forma integrada e significativa, as transformações químicas que ocorrem nos processos naturais e tecnológicos em diferentes contextos, encontrados na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, e suas relações com os conteúdos produtivo, industrial e agrícola (p.87).

Constatamos assim que na proposta apresentada nos PCNEM, o ensino de química deve levar o aluno a analisar dados, argumentar, refletir e tirar conclusões, a fim de que se desenvolvam competências e habilidades que promovam a interpretação crítica de problemas reais, objetivos esses que podem ser alcançados mediante a adoção de diferentes metodologias e ou estratégias.

Uma boa estratégia de ensino para desenvolver as habilidades e as competências citadas no PCNEM é o Ensino por Investigação. O ensino por investigação é bem difundido em países da América do Norte e Europa. No Brasil, entretanto, essa abordagem é nova e está menos “consagrada” e é relativamente pouco discutida, mesmo assim, aqui o interesse vem crescendo por parte dos pesquisadores e educadores (e.g., Azevedo, 2004; Borges & Rodrigues, 1998; Carvalho, Praia & Vilches, 2005).

O ensino por investigação consiste em fazer uso de forma planejada de alguma atividade investigativa (não necessariamente de laboratório) que deve ser precedida por um questionamento. Durante a atividade investigativa, o professor deve atuar como mediador, podendo fazer uso de questões abertas para aprofundar as discussões com os alunos. No nosso caso específico de ensinar conteúdos de química, vê-se na atividade investigativa a oportunidade de fazer uso de experimentos de laboratório. Durante a atividade investigativa ou após, o professor faz uso de questionamentos que podem ser de cunho qualitativo envolvendo fatos do cotidiano ou quantitativo, nesse caso conduzindo os alunos aos aspectos quantitativos (leis, fórmulas etc.) envolvidos no assunto estudado.

A experimentação não é algo novo na ciência. Há mais de 2300 anos Aristóteles defendia a experiência quando afirmava que "quem possua a noção sem a experiência, e conheça o universal ignorando o particular nele contido, enganar-se-á muitas vezes no tratamento" (*Aristóteles, 1979*). Naquele tempo, já se reconhecia o caráter particular da experiência, imprescindível para se atingir um conhecimento universal. Ter a noção sem a experiência resgata, em certa medida, a temática de se

discutir as causas sem que se tome contato com os fenômenos empíricos, o que significa ignorar o particular e correr o risco de formular explicações equivocadas (Giordan, 1999).

As atividades experimentais podem partir de um problema relacionado a um fenômeno. Segundo Bachelard (1996), utilizar um problema como ponto de partida é um aspecto fundamental para a criação de um novo conhecimento, já que “todo conhecimento é resposta a uma questão”. Esse tipo de atividade deve ocorrer em uma mão de via dupla, é preciso considerar o papel do professor e do aluno nessa relação ensino-aprendizagem.

O ensino investigativo permite que o aluno busque evidências para responder aos problemas propostos, tendo por base o conhecimento científico. O aluno deixa sua posição passiva e passa a ter uma participação ativa, ele sai do âmbito de um mero observador de aulas e passa a agir sobre elas, e agora não apenas com conhecimentos curriculares, mas também atitudinais, bem como: pensar, agir, interferir, argumentar e analisar, tendo a capacidade de elaborar hipóteses, defender explicação e justificar suas ideias utilizando todo seu conhecimento teórico aprendido.

O professor por sua vez, sai do âmbito de transmissor de conhecimento como na abordagem tradicional e passa a agir como orientador dentro da sala de aula, agindo como mediador propondo questões acerca da atividade experimental. Ele deixa de ser figura detentora de todo conhecimento e passa a ser um coadjuvante nesse processo de ensino- aprendizagem, como podemos constatar nos trabalhos de Gil Pérez e Vilches (2005), Munford e Lima (2008) e Azevedo et.al. (2004).

Munford e Lima (2008) destacam que o ensino por investigação precisa ser considerado como uma alternativa valiosa, mas deve ser feita de maneira coerente, levando em consideração o contexto de cada grupo de alunos. Essa aproximação pode ser efetivada nas atividades investigativas, tendo em vista que são recursos que valorizam o intelecto humano, bem como a coerência e a lógica.

Segundo Carvalho (2014), não se pode pensar que a simples realização dessa atividade leve os alunos a construírem todos os conceitos científicos envolvendo a teoria relacionada ao experimento, nem que seja suficiente para uma descoberta de uma lei física, nem tão pouco que o aluno passe por todas as etapas do processo de resolução de maneira autônoma, mas que possa na interação com os colegas e com professor, expor e repensar suas concepções prévias.

Com relação à estratégia foram utilizadas demonstrações investigativas através do laboratório aberto. Laboratório aberto é uma atividade de investigação onde a solução de uma questão será respondida através de uma atividade experimental, diferentemente da demonstração investigativa onde o experimento pode ser usado para explicar a teoria em estudo (Suart; Marcondes; Lamas, 2010).

Quadro 1 - Demonstrações investigativas através do laboratório aberto

Nível de Investigação	Enunciado do problema	Procedimentos	Conclusões
0	Dado	Dados	Dadas
1	Dado	Dados	Em aberto
2	Dado	Em aberto	Em aberto
3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Carvalho, 2014

No laboratório aberto, outras consequências do trabalho experimental podem ficar expostas, como por exemplo, no caso em que um resultado diferente é, em geral, interpretado pelos alunos e professores como fracasso. É muito comum ouvirmos dos alunos na saída de uma aula de laboratório que a experiência não deu certo, não chegamos ao resultado esperado, tivemos de “cozinhar os dados” para fazer o relatório (Carvalho, 2014, p.71).

Para Carvalho (2014) o laboratório aberto não pode apresentar uma resposta já conhecida, pois sendo assim não seria um problema para os alunos, essa atividade utiliza outras ferramentas da ciência como construir tabelas com dados experimentais, construir gráficos. O laboratório aberto procura complementar a alfabetização científica dos alunos. Ainda segundo Carvalho (2014), o Laboratório Aberto poderia ser classificado da seguinte forma:

1. Proposta do problema: O problema é proposto na forma de uma pergunta que estimule a curiosidade científica dos alunos. É importante que essa questão não seja muito específica, para que possa gerar uma discussão ampla.
2. Levantamento de hipóteses: Proposto o problema, os alunos devem levantar hipóteses sobre a solução do problema por meio de uma discussão.
3. Elaboração do plano de trabalho: Nessa etapa, será decidida a maneira como a experiência será realizada: desde material necessário, passando

pela montagem do arranjo experimental, coleta e análise de dados. A discussão deve ser feita pelo professor para que seja mostrado que nem todas as hipóteses podem ser testadas por meio da realização de um único experimento. Cada grupo deverá detalhar seu plano de trabalho por escrito.

4. Montagem do arranjo experimental e coleta de dados: Essa é a etapa mais “prática” da atividade, é quando os alunos manipulam o material. Após a montagem do arranjo faz-se a coleta de dados deve ser feita de acordo com o plano de trabalho elaborado. Nessa etapa o professor verifica se todo o material está de acordo com o que foi determinado para a atividade se a coleta de dados está sendo feita de maneira correta e organizada, é aqui onde a mediação do professor é de maior importância, afim de evitar conclusões errôneas.

5. Análise dos dados: É a parte fundamental do trabalho científico, e que a linguagem matemática ajuda na generalização do trabalho. Aqui utiliza-se gráfico, tabelas, planilhas afins de enriquecer a coleta de dados.

6. Conclusão: Na conclusão deve-se formalizar uma resposta ao problema inicial discutindo a validade (ou não) das hipóteses iniciais e as consequências delas derivadas. Santos Neta (2013) verifica que o laboratório aberto auxilia o desenvolvimento das habilidades cognitivas de análise, comparação, interpretação e avaliação no pensamento crítico dos alunos (Santos Neta, 2013 apud Carvalho, 2014).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da pesquisa quanto à natureza, objetivos, procedimentos e abordagem dos dados

Este estudo é o resultado das reflexões do autor sobre o ensino de Química, juntamente com suas inquietações, observações e a necessidade de compreender a utilização do produto educacional, proposto neste estudo, no âmbito da Metodologia do Ensino Investigativo. Seguindo a definição de Gil (2007),

A pesquisa é conceituada como um procedimento racional e sistemático com o propósito de solucionar os problemas apresentados. Esse processo de pesquisa se desdobra em várias etapas, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados (p. 17).

Toda pesquisa tem início com um questionamento que neste estudo consiste em como desenvolver um material didático eficaz que demonstre a distribuição de energia das partículas e seu papel na termodinâmica estatística, especificamente no contexto do ensino de química no Ensino Médio. Para abordar a questão em questão e conduzir a pesquisa proposta, foi empreendido um estudo fundamental que adotou uma metodologia descritiva, baseada em pesquisa de campo. O objetivo principal desse tipo de pesquisa foi adquirir um conhecimento mais profundo sobre o problema em questão, tornando-o mais claro e desenvolvendo hipóteses, conforme sugerido por Minayo (2012). O processo de pesquisa envolveu revisão da literatura e a aplicação de um questionário.

Quanto à abordagem dos dados, esta pesquisa foi caracterizada como uma abordagem qualiquantitativa. A pesquisa qualitativa visa aprofundar a compreensão de um grupo social ou organização, enquanto os pesquisadores que utilizam essa abordagem buscam entender os motivos subjacentes aos fenômenos, expressando o que é relevante, mas sem quantificar valores e trocas simbólicas, nem se sujeitar a testes de fatos.

Na pesquisa qualitativa, o conhecimento do pesquisador é parcial e limitado, e o propósito da amostra é gerar informações que contribuam para a compreensão do objeto de estudo, conforme Gerhardt e Silveira (2009). No contexto desta abordagem qualitativa, o presente estudo iniciou com uma revisão bibliográfica do

tema proposto, envolvendo a pesquisa, seleção e compilação de informações que serviram como base teórica.

Além disso, o estudo também adota uma abordagem quantitativa, pois se concentra na interpretação de aspectos relacionados a uma amostra representativa da população. A pesquisa quantitativa valoriza a objetividade e, influenciada pelo positivismo, analisa dados objetivos coletados com o auxílio de instrumentos padronizados e imparciais. Esse tipo de pesquisa faz uso da linguagem matemática para descrever e analisar as causas de um fenômeno, bem como as relações entre variáveis (Gerhardt; Silveira, 2009). Assim, para esta pesquisa, foi realizado um estudo de campo, no qual dados foram coletados e subsequentemente analisados tanto em termos qualitativos quanto quantitativos.

No que diz respeito aos objetivos, esta pesquisa possui uma natureza descritiva. De acordo com Gil (2007), a pesquisa descritiva tem como propósito descrever os processos, mecanismos e relacionamentos existentes na realidade do fenômeno estudado, utilizando um conjunto de categorias ou diversas formas de classificação. Uma de suas características mais distintas é a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, como questionários e observações sistemáticas. No que concerne aos procedimentos, este estudo é classificado como pesquisa-ação, a qual é considerada um tipo de pesquisa empírica amplamente aplicada na área de educação. Ela tem como objetivo auxiliar os professores na resolução de problemas enfrentados no dia a dia da sala de aula. Essa pesquisa é concebida e executada em colaboração estreita com uma ação ou para solucionar um problema coletivo, envolvendo pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema de maneira cooperativa e participativa, de acordo com Gerhardt e Silveira (2009).

A pesquisa-ação pressupõe a participação planejada do pesquisador na situação problema sob investigação. Quando o pesquisador participa ativamente da ação, traz consigo um conjunto de conhecimentos que servirão como base para sua análise reflexiva da realidade e de seus componentes. Neste estudo, a pesquisa-ação envolve uma análise dos aspectos relevantes da aprendizagem dos estudantes e do desempenho dos professores, fornecendo análises e insights para a tomada de decisões a fim de promover mudanças na realidade do processo de ensino e aprendizagem, conforme Gil (2007).

4.2 O Produto educacional

O manual produzido neste estudo, como recurso educacional, adota a Metodologia do Ensino Investigativo. Optamos por incorporar os princípios do ensino por investigação para estruturar todo o conteúdo do nosso material, pois consideramos essa abordagem a mais apropriada para tornar o conteúdo mais envolvente e, ao mesmo tempo, para capacitar os professores a abordar o tópico de forma eficaz e aprofundar seu próprio entendimento sobre o assunto.

A proposta deste trabalho é disponibilizar atividades que empregam a metodologia de ensino investigativo para explorar com os alunos os indícios da distribuição de energia das partículas, sejam elas átomos ou moléculas. Esse fator é de importância fundamental e determinante na execução de todos os processos naturais, sejam eles de natureza física ou química. O enfoque é direcionado para o segundo ano do Ensino Médio, uma vez que se relaciona com conteúdos exclusivos desse nível de ensino.

4.3 Sujeitos da pesquisa e critérios de inclusão/exclusão

A pesquisa contou com a participação de 11 professores do Ensino Médio, que atendiam aos seguintes critérios:

- ✓ Possuíam formação na área de Química;
- ✓ Ministravam a disciplina de Química em escolas públicas ou privadas;
- ✓ Tiveram acesso ao produto educacional proposto neste estudo.

Não foram incluídos na pesquisa:

- ✓ Professores que lecionavam outras disciplinas;
- ✓ Professores que recusaram a responder ao questionário.

É importante ressaltar que todos os participantes da pesquisa receberam orientações prévias sobre os objetivos do estudo e os princípios éticos que seriam seguidos. Além disso, foram informados de que tinham a liberdade de responder às perguntas de forma anônima.

4.4 Procedimentos e Instrumentos para coleta de dados

O instrumento de pesquisa utilizado neste estudo consistiu em um questionário elaborado por meio da plataforma *Google Forms* e destinado a ser preenchido individualmente pelos professores. Um questionário é uma ferramenta de coleta de dados que consiste em uma série de perguntas organizadas que devem ser respondidas por escrito pelo entrevistado, sem a presença do pesquisador. O propósito é obter informações sobre opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas e experiências vividas. A linguagem utilizada no questionário deve ser clara e direta, de modo que o respondente compreenda facilmente o que está sendo perguntado.

O questionário desenvolvido para este estudo incluiu perguntas abertas e questões híbridas, nas quais os participantes podiam responder de maneira livre e também escolher entre "sim" ou "não", acompanhado de uma justificativa para apoiar a discussão presente na pesquisa. O questionário dos professores, apresentado no Apêndice B, consistiu em 12 questões. No início, incluíram-se perguntas para identificar o perfil dos respondentes, como seu nível de escolaridade e o segmento no qual atuam. As demais questões eram abertas e relacionadas à análise do produto educacional.

4.5 Análise e abordagem dos dados obtidos na pesquisa

Após a coleta de dados por meio dos questionários distribuídos aos professores, procedeu-se à verificação das informações, analisando se estas se alinhavam com as hipóteses estabelecidas. Em outras palavras, examinou-se se os resultados observados confirmavam as hipóteses formuladas no início do estudo que motivou a pesquisa. No que diz respeito aos dados qualitativos, eles foram obtidos a partir das questões abertas e, em seguida, foram categorizados para serem analisados à luz de diversos teóricos. Por outro lado, os dados quantitativos, provenientes das questões fechadas, foram organizados em gráficos gerados por meio do *Google Forms*, enquanto os dados qualitativos foram apresentados em forma de tabelas. Após a categorização, os dados que combinam elementos qualitativos e quantitativos foram discutidos com base na revisão da literatura proposta.

5 A PROPOSTA PEDAGÓGICA

A proposta do nosso trabalho é a de apresentar atividades usando o ensino investigativo para discutir com os alunos evidências da distribuição da energia das partículas (átomos ou moléculas), fator fundamental e determinante na realização de qualquer processo na natureza, sejam eles processos físicos ou químicos. A nossa proposta é direcionada para o 2º Ano do ensino médio por também estar relacionada com conteúdos exclusivos do Ensino Médio.

5.1 Atividade 1: A vaporização da água

Um bom exemplo para iniciar a nossa discussão é observar com os alunos o aquecimento de uma quantidade de água até que a mesma comece a vaporizar. Baseado no ensino investigativo, começamos perguntando aos alunos por que surgem pequenas bolhas que se desprendem em locais isolados no recipiente (béquer ou qualquer outro recipiente) mesmo a temperatura não tendo chegado aos 100°C. Ora, aí começa toda a discussão e nesse ponto começaremos a introduzir a questão da energia das partículas, no caso as moléculas de água. Apresentaremos aos alunos um texto sobre a vaporização da água e a relação entre a temperatura de ebulição e as forças de atração entre as moléculas de um líquido. Um questionário será aplicado na turma com o propósito de verificar se os princípios básicos contidos no texto e discutido com os alunos levou à construção do conhecimento envolvido no processo de vaporização. Além disso, como o texto afirma que o aquecimento da água diretamente na chama é “turbulento”, tentaremos detectar também se esse fato despertaria alguma relação com o fato de o aquecimento ser feito de forma diferente como em um forno de micro-ondas. As perguntas serão as seguintes:

- 1- A água pode receber calor e sua temperatura não aumentar? _____
- 2- Quando aquecemos água na chama de um fogão qual será a maior temperatura que a água vai atingir? _____
- 3- Você acha que o aquecimento da água em forno de micro-ondas levaria normalmente a água à ebulição? _____
- 4- Porque sopramos um alimento quente a fim de esfria-lo? _____

Na pergunta 4 vamos um pouco mais além, procurando detectar nos alunos o processo inverso que ocorre com a troca de energia das partículas que resulta no resfriamento.

5.2 Atividade 2: um jogo bem interessante

Realizar um jogo gráfico que apresente o comportamento estatístico das moléculas, tentando manter uma média. Durante a Segunda Guerra Mundial uma técnica de simulação conhecida como Método Monte Carlo. Esse nome foi dado em homenagem “à cidade dos jogos e serviu como código de guerra”. O jogo Monte Carlo representa uma simulação técnica teórica para melhor compreender o conceito estatístico da partição de energia das moléculas. No jogo para dois estudantes devem-se obedecer aos seguintes passos:

1. Cada estudante (estudante A e estudante B) desenha as colunas, com dez posições cada, ilustrado a seguir:

Em que **x** indica que as posições estão ocupadas.

Quadro 2 - Posição inicial

Aluno A	Aluno B
x	
x	
x	
x	
x	
x	
x	
x	
x	
x	
x	

Fonte: Braga J, 2002

O estudante A sorteia, aleatoriamente, um número entre um e dez. A escolha pode ser feita num estudo preliminar, picando-se e numerando-se papéis de tamanhos iguais. Se A sorteou, por exemplo, o número cinco, ele fornecerá o seu **x**, da quinta posição para B. A nova disposição será:

Quadro 3 - Mudanças de posições durante o sorteio

Aluno A	Aluno B
x	
x	
x	
x	
	x
x	
x	
x	
x	
x	

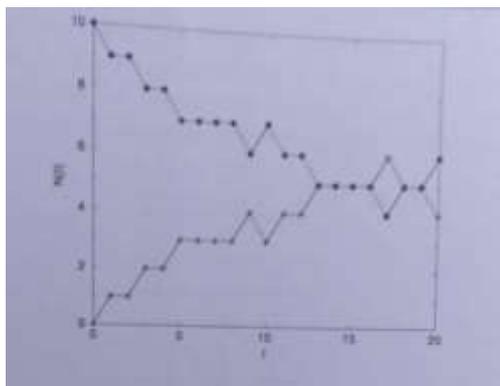
Fonte: Braga J, 2002

Agora B sorteia, da mesma maneira, um número entre um e dez. Se sortear uma posição vazia nada acontece, entretanto, se sortear uma posição que contém um x , ele devolve esse x para A. O jogo prossegue pelo tempo desejado. Considerando cada sorteio uma unidade de tempo, pode-se fazer o gráfico do número de x de A e B, denotados, respectivamente, por $N_{p,A}$ e $N_{p,B}$.

Esse jogo pode ser representativo da distribuição de energia entre as partículas em um sistema, como um gás. Cada rodada de sorteio representa um evento onde as partículas (representadas pelos x) colidem entre si. Se uma posição vazia for sorteada, nenhum evento ocorre, mas se um x for encontrado, ele é transferido para o jogador A. Isso reflete o conceito de colisões entre partículas em um gás, onde, em algumas colisões, a energia é transferida entre as partículas.

Ao longo do jogo, o número de x de A ($N_{p,A}$) e de B ($N_{p,B}$) pode flutuar, dependendo dos resultados dos sorteios. Isso pode ilustrar como a energia se distribui entre as partículas em um sistema, às vezes concentrando-se mais em um jogador do que no outro, dependendo das colisões (sorteios) que ocorrem ao longo do tempo. Essa analogia oferece uma maneira simplificada de visualizar como a distribuição de energia em um sistema se modifica devido às interações entre as partículas.

Figura 1 – Números de partículas em função do tempo, para $N = 10$.



Fonte: Braga J, 2002

5.3 Atividade 3: o estado metaestável

Demonstrar evidências experimentais da partição de energia das partículas: o caso do estado metaestável. A comprovação do estado metaestável é apresentada como complementação aos conteúdos tratados no texto inicial, que a princípio parecerá contraditório para os alunos que poderão se perguntar: “mas a temperatura de ebulição da água não é 100 °C? Algo está errado”. Mas ao verificar novamente o texto, o aluno perceberá que a forma de aquecimento do microondas estará relacionada com o que observarão.

A atividade proposta faz uso de um forno micro-ondas e poderá ser realizada em um laboratório que possua os requisitos básicos mínimos como instalação elétrica, bancada e bico de gás. O experimento deve ser conduzido pelo professor da turma para evitar acidentes.

Na primeira etapa usa-se um béquer de 500 ml contendo aproximadamente 250 ml água destilada. Para finalizar o arranjo experimental será utilizado um bico de gás que será usado para o aquecimento desejado. Deve-se levar o béquer ao fogo. Monitorar o tempo, a vaporização e a temperatura marcada em um termômetro, preferencialmente do tipo laser como o da figura 1.

Figura 2 - Termômetro a laser

Fonte: Loja Tudo, 2016¹

A segunda etapa também consiste em aquecer água, só que dessa vez em por meio de radiação eletromagnética, ou seja, faremos uso de um forno micro-ondas como o da figura 2, a mesma quantidade de água será aquecida no forno micro-ondas em tempo indicado no manual do fabricante.

O prato giratório do equipamento deve ser removido e em seu lugar deve ser colocado uma tigela de vidro (figura 3) invertida. O bquer com a água a ser aquecida ficará apoiada sobre a tigela invertida, que não fará movimentos rotatórios, ficará imóvel. Com o bquer parado, o aquecimento no micro-ondas além de ocorrer através da transferência da energia das ondas, acontece também sem a turbulência característica do aquecimento na chama.

Com o uso do termômetro à laser, registramos a temperatura da água antes do aquecimento e logo a seguir iniciamos o aquecimento na potência e tempo indicados pelo manual do equipamento. Registramos a temperatura da água aquecida e aí a surpresa para espanto de todos, a temperatura registrada no termômetro está acima dos 100⁰C. A partir daí se inicia a discussão com os alunos. Essa etapa seria o “problema aberto” por envolver diretamente aspectos quantitativos do assunto que está sendo tratado com os alunos.

Figura 3 - Forno Microondas

Fonte: Consul²

¹ Disponível em: <http://www.lojatudo.com.br/termometro-infravermelho-digital-com-mira-laser-incoterm-scantemp-st600.html> . Acesso em 02 de julho.2016.

² Disponível em:< <http://www.consul.com.br/produto/micro-ondas-20l-cinza-com-porta-espelhada> >.

Figura 4 - Tigela de vidro



Fonte: Zeny.³

Nessa etapa, o professor é parte das discussões, tentando mostrar aos alunos a importância da verificação experimental que acabaram de comprovar e até onde vai as concepções que os mesmos possuíam sobre a temperatura de vaporização. Nesse ponto, de forma bem subliminar o professor tenta mostrar aos alunos a diferença nas formas de aquecimento realizadas entre a chama e o forno micro-ondas e destaca a comprovação de estado extremamente energéticos das partículas da água, que atinge temperaturas acima dos 100⁰C e não entram em ebulição.

5.4 Atividade 4: entendendo a distribuição energética

Experimento: Será só a diferença de temperatura a causadora da “desordem”? No seguinte experimento teremos as duas misturas (água + corante) que foram utilizados nos frascos do experimento, ambas na mesma temperatura e posteriormente misturas em temperatura diferente, uma fria e outra quente. As duas misturas são colocadas no aquário que contém uma parede móvel separando os líquidos. A parede móvel é retirada lentamente para evitar turbulência nos líquidos.

Verifica-se que ao levantarmos a parede, os dois líquidos que se encontravam na mesma temperatura, se misturam facilmente, gerando uma solução de coloração violeta ao centro do recipiente. Porém fica no ar a seguinte pergunta: porque estando na mesma temperatura os líquidos se misturaram? Qual realmente a

Acesso: 2 de jul. 2016

³ Disponível em:< <http://www.zenybalancas.com.br/vidro-sorveteSobremesa.php>>. Acesso em: 2 de jul. 2016.

participação da temperatura no processo de mistura dos líquidos? A resposta para esses e outros questionamentos nos será dada quando investigarmos como esse processo ocorre a nível microscópico ou molecular para então podermos entender o que de fato se visualiza a nível macroscópico.

Figura 5 - Mistura contendo água, líquido quente (laranja) e frio (em azul) se misturando



Fonte: E Silva 2020.

Esse experimento foi idealizado teoricamente pelo físico norte-americano Richard Feynman em seu livro “Sobre as leis da física” (Feynman, **2012**), adaptamos suas ideias sobre a irreversibilidade nesse experimento. Nesse caso o experimento nos traz uma discussão que foi iniciada no experimento anterior, sobre a questão de a diferença de temperatura ser a grande responsável pela mistura dos líquidos. Agora, com as misturas dos corantes na mesma temperatura os alunos vão ter que imaginar outros fatores que possam explicar a mistura dos líquidos.

Aproveitamos esse experimento para introduzir de forma qualitativa noções acerca da distribuição de energia que as moléculas apresentam, dessa forma mostraremos aos alunos de Química do ensino médio as bases conceituais da Termodinâmica Estatística, ponto fundamental para o entendimento da irreversibilidade dos processos químicos.

Não vamos discutir a diferença da natureza entre as moléculas de água e dos corantes, na verdade porque esse aspecto não assume real importância na discussão da mistura que acontece. A discussão é feita em cima do aspecto estatístico da energia apresentada pelas moléculas, ou seja, a distribuição de energia. A mistura ocorre lentamente porque embora a temperatura das misturas sejam a mesma, o que ocorre é que a temperatura a que nos referimos na verdade representa uma “média” da temperatura que cada partícula apresentaria. A

temperatura é uma grandeza que mede indiretamente a energia das partículas, temperatura alta, mais energia, temperatura baixa, menos energia.

Como a temperatura representa uma média, isso significa que a energia das partículas também possui uma média e conseqüentemente existe um número de moléculas com energia acima da média e são essas moléculas que se movem com mais frequência, se chocando com as moléculas vizinhas, dessa forma a mistura dos líquidos vai acontecendo. Com esta explicação estamos fazendo uso da interpretação molecular da segunda lei da termodinâmica, introduzida por Boltzmann.

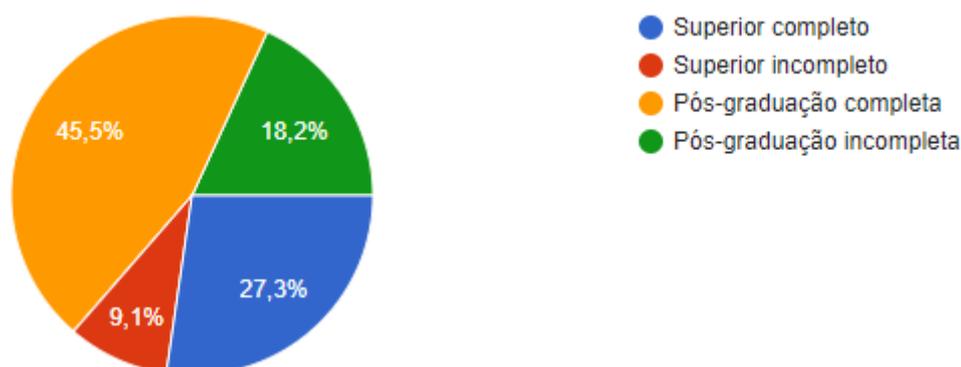
Segundo Boltzmann, a distribuição das moléculas nos diversos valores (níveis) de energia está diretamente relacionada com a entropia, pois foi através de sua famosa expressão $S = K \cdot \ln W$, que ele propôs que a entropia de um sistema S seria uma função do número de microestados de energia, ou seja, o número de maneiras pelas quais, as moléculas de um sistema podem ser distribuídas, mantendo-se a energia total do sistema constante.

Em verdade, quando dizemos que um sistema está “desordenado”, a nível microscópico, estamos nos referindo a um sistema com um número maior de microestados associados à mesma energia total, e que levaria a uma maior distribuição das partículas nos diferentes valores da energia.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os questionários trouxeram inicialmente um levantamento do perfil dos professores levando-se em conta as particularidades do grupo analisado. Neste estudo, participaram da pesquisa, 11 professores(as) identificados(as) como P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 e P11 que lecionam a disciplina de Química em turmas do Ensino Médio. No Gráfico 1, está descrito o nível de escolaridade dos participantes da pesquisa.

Gráfico 1 – Nível de escolaridade



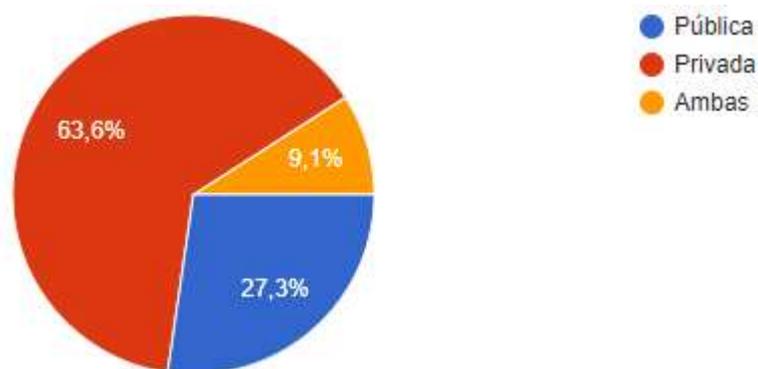
Fonte: Dados do autor, 2023.

A análise dos dados sobre o nível de escolaridade dos professores revela uma composição diversificada em termos de formação acadêmica. O grupo majoritário, representando 45,5% dos professores, possui pós-graduação completa o que sugere maior preparação para lidar com conteúdos complexos e atualizados em Química, bem como adotar abordagens pedagógicas mais avançadas.

Em seguida, 27,3% dos professores têm apenas a graduação completa, o que ainda é uma base sólida de conhecimento para o ensino de Química, embora possa indicar um nível menor de especialização em comparação com aqueles que concluíram a pós-graduação. Cerca de 18,2% dos professores apresentam pós-graduação incompleta, podendo ser entendido como um interesse em

aprimoramento, mas também a necessidade de concluir essa formação para obter maior especialização na área.

Gráfico 2 – Segmento de ensino em que atua



Fonte: Dados do autor, 2023.

Em relação aos dados concernentes ao segmento de ensino, a maioria expressiva, representando 63,6% dos professores, leciona em escolas privadas, o que sugere que trabalham em instituições com maiores recursos financeiros e possivelmente turmas menores. Essas escolas costumam dispor de laboratórios bem equipados e podem oferecer uma gama mais ampla de recursos e oportunidades para o ensino de Química.

Em contrapartida, 27,3% dos professores atuam em escolas públicas, indicando que possam enfrentar desafios específicos relacionados a turmas maiores e recursos mais limitados. O ensino de Química nessas escolas pode requerer abordagens pedagógicas adaptadas a essas condições. Outros 9,1% dos professores relataram atuar em ambos os segmentos, apontando para uma diversificação de experiências profissionais. Esses professores têm a oportunidade de compreender os diferentes contextos de ensino, adaptando suas práticas conforme necessário.

Nos quadros 4 a 13 as respostas foram categorizadas conforme as principais ideias abordadas pelos professores.

Quadro 4 - Você achou pertinente o uso do ensino investigativo no nosso trabalho?
Caso afirmativo, justifique sua resposta.

Respostas dos Professores		Principal ideia
P1	“Achei bem pertinente, pois as atividades instigam os alunos a refletirem e realmente investigarem as respostas. As perguntas não possuem uma resposta direta. As atividades foram criadas num contexto que propicia a investigação. Percebe-se que é necessária toda uma sequência de aulas, com textos, verificação experimental e intermediações do professor, para que os alunos possam chegar nas possíveis respostas”.	Pertinência do ensino investigativo
P4	“Com certeza. O ensino investigativo torna o aluno independente e autônomo na busca de seu conhecimento. Faz o estudante pensar, questionar e validar suas hipóteses, a partir de observações práticas em sala de aula. Dessa forma, é natural que o aluno se sinta motivado, fazendo parte do processo ensino-aprendizagem”.	
P9	“Sim. Particularmente acredito ser o melhor ou um dos melhores métodos para o ensino das ciências, por que instiga o aluno a pensar, refletir e analisar a situação proposta da melhor possível a fim de chegar numa elucidação mais assertiva da proposta, tendo em vista que em grande parte não se tem uma única resposta e sim um conjunto delas que diferentes alunos podem chegar a uma conclusão próxima e enriquecer o debate a cerca do tema”.	
P2	“Sim, acredito que estimula a curiosidade do aluno”.	Estímulo à curiosidade e interdisciplinaridade
P3	“Sim, pois desperta a curiosidade do aluno, fazendo com que ele pesquise e pergunte mais sobre o tema durante a aula”.	
P6	“Certamente, pois o método de ensino de caráter investigativo permite que o aluno estimule de forma espontânea suas capacidades cognitivas e assim realizar a assimilação de conhecimento, possibilitando também a interdisciplinaridade em algum momento, ã depender do conceito abordado e/ou elaborado”.	
P7	“Sim. O ensino investigativo já é algo proposto pelo novo	

	sistema de ensino, e a temática abordada foi relevante para ajudar aos professores que possuam alguma dificuldade”.	Relevância no contexto educacional
P8	“Sim, esse tipo de ensino valoriza a interação entre os alunos na resolução da problemática”.	
P10	“Sim. Trabalhar metodologias ativas aproxima o estudante de disciplina, desse modo faz com que o interesse aumente e facilitando a aprendizagem”.	
P11	“Sim, o uso do ensino investigativo é pertinente no ensino de distribuição de energia das partículas na disciplina de Química. Isso porque o ensino investigativo é uma metodologia que incentiva a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem, estimulando a curiosidade, a criatividade e o pensamento crítico”.	
P5	“Sim, o conteúdo combina com o ensino investigativo pelo viés explorado”.	_____

Fonte: Arquivo do autor, 2023.

As respostas dos professores revelam uma perspectiva positiva em relação ao uso do ensino investigativo no ensino de Química no Ensino Médio. Diversos pontos-chave emergem dessas respostas, apontando para os benefícios percebidos e as razões por trás do reconhecimento da pertinência do ensino investigativo.

Em primeiro lugar, os professores P1, P4 e P9 enfatizaram pertinência do ensino investigativo e que este estimula os alunos a refletirem e investigarem as respostas de forma mais profunda. Eles observaram que as perguntas formuladas não têm respostas diretas, incentivando os estudantes a buscar informações, analisar dados e formular hipóteses. Esse aspecto ressalta a capacidade do ensino investigativo de promover uma abordagem mais crítica e autônoma da aprendizagem, onde os alunos se tornam ativos na construção do conhecimento.

De acordo com Prsybyciem, Silveira e Sauer (2018) o ensino investigativo em Química é fundamental para superar as práticas pedagógicas que, muitas vezes, fragmentam o conhecimento, resultando em um ensino descontextualizado, centrado na transmissão passiva e na memorização de conteúdo. Essa abordagem pedagógica é criticada por promover uma visão de Ciência e Tecnologia (C&T) positivista, estática, pronta, neutra e linear. Para contornar essas dificuldades,

pesquisadores e educadores buscam alternativas que permitam aos alunos uma maior participação na construção de conceitos científicos e tecnológicos, promovendo autonomia no processo de aprendizagem. Uma das principais dessas alternativas é a adoção do ensino investigativo, que busca estabelecer conexões entre os conteúdos curriculares e temas sociocientíficos, possibilitando discussões sobre as implicações do desenvolvimento decorrentes da C&T.

Conforme argumentado por Santos e Mortimer (2001) e Santos e Schnezler (2010), é imperativo (re)pensar o papel do professor como um mediador entre o conhecimento químico (ciência), os produtos/processos relacionados ao conhecimento químico (tecnologia) e as relações sociocientíficas (sociedade). Essa mudança de postura exige que o professor deixe de ser apenas um transmissor de conhecimento e se torne um agente questionador e problematizador. A experimentação é vital nesse contexto, pois é uma estratégia eficaz para criar problemas reais e contextualizados, estimular investigações e questionamentos, e envolver os alunos na realidade do conhecimento químico.

Em especial, o professor P4 aponta para a autonomia que o ensino investigativo confere aos alunos e ressalta que essa abordagem os capacita a pensar de forma independente, questionar informações e validar suas próprias hipóteses. Isso não apenas os torna mais responsáveis por sua própria aprendizagem, mas também desenvolve importantes habilidades, como pensamento crítico e resolução de problemas. P4 também aponta para a motivação dos alunos como um dos aspectos positivos do ensino investigativo, observando que os estudantes se sentem mais envolvidos e motivados a participar ativamente das atividades de investigação. Essa motivação pode levar a um melhor desempenho acadêmico e a um maior interesse pela disciplina de Química. Para isso,

É essencial que a experimentação seja mais do que apenas um "roteiro de bolo", onde os alunos seguem passo a passo o que é determinado pelo professor, visando apenas resultados previsíveis. Atividades experimentais bem elaboradas devem promover a formação da cidadania e a construção de conceitos químicos, incentivando o pensamento crítico e a investigação (Guimarães, 2009, p. 198).

Os professores P2, P3 e P6 destacam que o ensino investigativo desperta a curiosidade dos alunos e estimula a interdisciplinaridade. A afirmação de que o ensino investigativo "*estimula a curiosidade do aluno*" (P2) sugere que essa

abordagem pedagógica cria um ambiente propício para despertar o interesse dos alunos em explorar tópicos de forma mais profunda e envolvente, o que pode levar a uma maior motivação e aprendizado. A curiosidade é um dos motores da aprendizagem, e essa abordagem pedagógica parece ser eficaz em estimular os estudantes a fazerem perguntas, pesquisarem e buscarem respostas. Isso está alinhado com a ideia de que a aprendizagem deve ser uma jornada de descoberta e o ensino investigativo proporciona um ambiente propício para essa exploração. Segundo Guimarães (2009):

A utilização do laboratório [mais especificamente aulas experimentais] pode despertar a curiosidade dos alunos, mas esse efeito positivo requer um desafio cognitivo adequado. Em muitos casos, a aparente falta de interesse dos estudantes pode refletir a abordagem do professor em sala de aula. Simplesmente envolvê-los em atividades práticas não é suficiente para motivá-los. É essencial proporcionar situações desafiadoras que os levem a confrontar problemas, refletir sobre ideias inconsistentes que possam apresentar e, para isso, é fundamental considerar os modelos alternativos que eles possam demonstrar e compará-los com os conceitos cientificamente aceitos (p. 202).

Por fim, P6 enfatiza que o ensino investigativo permite que os alunos estimulem suas capacidades cognitivas e promove a assimilação de conhecimento, com potencial para a interdisciplinaridade, dependendo do conceito abordado. Isso destaca a natureza aberta e flexível dessa abordagem, que pode encorajar os alunos a explorar relações entre diferentes disciplinas e a compreender como conceitos de várias áreas estão interligados.

Segundo Luca et al. (2018) a prática experimental, quando é incorporada em um ambiente que permite a interação com diversos campos do conhecimento, é explorada de maneira abrangente, indo além dos conceitos específicos de uma disciplina. Devido à sua complexidade, ela possibilita perspectivas inovadoras que podem se conectar, ou não, em relação ao fenômeno em análise. Essa abordagem favorece a interdisciplinaridade, permitindo uma comunicação eficaz entre diferentes áreas de estudo.

Machado e Giroto Júnior (2019) complementam que a busca por estratégias interdisciplinares visa transformar o ensino, afastando-o de uma abordagem mecânica e reprodutiva, estimulando a reflexão tanto por parte dos professores quanto dos alunos diante de situações do mundo real que não têm uma única

solução. Isso amplia o processo de aprendizagem em comparação com o ensino disciplinar tradicional.

Em relação à relevância no contexto educacional, o professor P7 destaca que a temática abordada no material educacional foi relevante para auxiliar professores que podem encontrar dificuldades no processo de ensino e aprendizagem, ressaltando a utilidade do enfoque investigativo como ferramenta de apoio. Já o professor P8 enfatiza a valorização da interação entre os alunos na resolução de problemas, indicando que o ensino investigativo pode promover uma maior colaboração e engajamento dos estudantes. Isso ressalta a importância desse método para criar um ambiente de aprendizagem participativo e estimulante.

O alinhamento do ensino investigativo com as metodologias ativas de ensino também foi destacado por P10, o que significa que essa abordagem pedagógica se encaixa bem com as tendências contemporâneas que enfatizam o envolvimento ativo dos alunos no processo de aprendizagem, o que pode resultar em uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos. Em conjunto, essas falas demonstram a importância do ensino investigativo no contexto educacional, considerando tanto as diretrizes do sistema de ensino quanto os benefícios que oferece, como a promoção da interação entre alunos e o aumento do interesse e da eficácia da aprendizagem.

Quadro 5 - Na atividade vaporização da água você acha que os alunos conseguem relacionar o surgimento de bolhas antes da temperatura de 100°C com a energia das moléculas de água?

Respostas dos Professores		Principal ideia
P1	“Acho que a nível molecular não. Eles têm dificuldade de pensarem a nível molecular. Acho que eles podem falar a nível de substância. Eles podem citar que nos pontos que estão mais próximo das paredes da panela a água aquece mais rápido”.	Ceticismo quanto à compreensão molecular
P6	“De início, alguns não perceberão, mas outros irão se questionar sobre e a partir daí entenderão de início, para que assim haja a compreensão do assunto”.	
P2	“Sim, uma vez que ensinamos os estado físicos da matéria do ponto de vista da energia cinética”.	

P3	“Alguns sim, mas o interessante é que eles vão se perguntar porque a água forma bolhas antes de evaporar, uma coisa comum do dia a dia que a gente nem sabe quanta ciência tem por detrás”.	Apreciação da compreensão molecular
P8	“Sim, os alunos após a observação do experimento, levantaram questionamentos sobre tal fato e suposições para ocorrência das bolhas, as quais serão esclarecidas na apresentação do texto”.	
P9	“Apesar de ser um assunto que não costuma ser abordado nesse nível no ensino médio, acredito que alguns alunos com o pleno envolvimento na proposta, na leitura dos textos, explicação do professor e debate com os colegas de classe cheguem a conclusão correta, apesar de uma forma "crua" ou simplificada”.	
P10	“Sim, o experimento de vaporização permite após a discussão relacionar o aquecimento da água com a energia de moléculas”.	
P11	“É possível que os alunos consigam relacionar o surgimento de bolhas antes da temperatura de 100°C com a energia das moléculas de água durante a atividade, no entanto, é importante que o professor explique aos alunos como a energia das moléculas de água está relacionada ao fenômeno”.	
P4	“Sim”	
P5	“Sim, sem dúvidas. Fica explícita a explicação. Linguagem de fácil atendimento”.	_____
P7	“Sim”.	

Fonte: Arquivo do autor, 2023.

Após analisar as respostas dos professores, é possível identificar duas categorias distintas que expressam suas perspectivas sobre a capacidade dos alunos de relacionar o surgimento de bolhas antes da temperatura de 100°C com a energia das moléculas de água durante a atividade prática. As categorias podem ser definidas como "Ceticismo quanto à compreensão molecular" e "Apreciação da compreensão molecular".

Na categoria "Ceticismo quanto à compreensão molecular," os professores P1 e P6 demonstram certo grau de ceticismo em relação à capacidade dos alunos de compreender o fenômeno em um nível molecular. O professor P1 acredita que os alunos podem não ser capazes de pensar a nível molecular e, em vez disso, podem focar em explicações mais substanciais e menos detalhadas. O professor P6 sugere que, inicialmente, alguns alunos podem não perceber a relação molecular, mas com o tempo, eles podem questionar e entender o assunto. As falas desses professores sugerem que compreender como a energia das moléculas de água está relacionada à formação de bolhas antes da temperatura de 100°C pode ser um desafio.

A dificuldade em conceitualizar processos moleculares é uma questão comum no ensino de Ciências, e essa percepção destaca a necessidade de abordagens pedagógicas que facilitem a compreensão em níveis microscópicos. De acordo com Vasconcelos e Arroio (2013) a realização de experimentos são frequentemente usados para ilustrar e investigar conceitos que transitem do mundo macroscópico para a compreensão do mundo microscópico. No entanto, ao longo dos anos, tem havido um aumento significativo na criação de recursos visuais, como *softwares*, vídeos e modelos moleculares, que muitas vezes são considerados referências incontestáveis, mas nem sempre alcançam os professores da educação básica devido à lacuna que persiste entre esse nível de ensino e o ensino superior. Os autores ressaltam que a introdução desses recursos em sala de aula visa aprimorar a compreensão da ciência química pelos alunos e facilitar sua transição entre as três dimensões do conhecimento químico: o nível macroscópico, submicroscópico e simbólico.

No que se refere a "Apreciação da compreensão molecular," os professores expressam otimismo em relação à capacidade dos alunos de compreender o conceito. O professor P2 acredita que, ao ensinar os estados físicos da matéria do ponto de vista da energia cinética, os alunos podem compreender a relação entre as bolhas e a energia molecular. O professor P3 destaca que alguns alunos podem questionar por que a água forma bolhas antes de evaporar, revelando a curiosidade dos alunos em relação aos aspectos científicos do fenômeno. O professor P8 também sugere que os alunos levantam questionamentos e suposições sobre a ocorrência das bolhas, indicando um nível de compreensão.

Os professores P9, P10 e P11 demonstram uma visão positiva da aprendizagem compartilhando uma abordagem otimista em relação à capacidade

dos alunos de compreender e relacionar o fenômeno da vaporização da água com a energia das moléculas, embora reconheçam a necessidade de mediação e explicação do professor para uma compreensão mais completa. Em geral, as respostas dos professores mostram uma variedade de perspectivas sobre a capacidade dos alunos de compreender o fenômeno em um nível molecular. Isso reflete a confiança de que, com o envolvimento dos alunos na proposta, leitura de textos, explicações e discussões, os estudantes podem alcançar uma compreensão adequada, mesmo que simplificada, do conceito. Essa perspectiva enfatiza ainda a importância do papel do professor na orientação dos alunos em direção a uma compreensão mais profunda, refletindo abordagens construtivistas da aprendizagem.

Quadro 6 - Como você avalia a parte do texto em que apresentamos a relação entre a temperatura de vaporização da água e as forças intermoleculares?

Respostas dos Professores		Principal ideia
P1	<p>“Ficou muito bom, pois oferece ao aluno uma visão mais completa de todo o processo. Quando falamos em temperatura de ebulição nas aulas, os alunos só conseguem associar isso com o calor que é fornecido a água através da chama do fogão. Eles não conseguem argumentar de forma mais "submicroscópica", ou seja, não conseguem enxergar ou associar o fenômeno da temperatura de vaporização, à pressão atmosférica, ou as colisões entre as partículas de água, muito menos as forças intermoleculares, e tão pouco a questão dos elétrons em torno do átomo central, que ocasiona a polarização da molécula. Pela minha experiência percebo uma dificuldade muito grande para que os alunos entendam todas essas variáveis envolvidas, por conta do grau de abstração. Mas sou a favor de uma aprendizagem mais completa aonde o aluno possa refletir sobre todas as nuances do processo. Nesse caso, talvez uma atividade aonde se trabalhasse ludicamente o assunto de forças intermoleculares, ajudasse a reforçar ainda mais</p>	<p>Importância da Abordagem Microscópica (Relação entre Forças Intermoleculares e Vaporização da Água) e Potencial para Interdisciplinaridade</p>

	esse conhecimento teórico”.	
P6	“Com coesão e bastante coerência com o assunto correlacionado”.	
P9	“Avalio de maneira positiva, visto que a proposta atual do ensino básico em geral, principalmente no nível médio é a correlação das diferentes disciplinas, propostas assim fazem os estudantes abrirem a mente e pensar que nada nas ciências é isolado, tudo acontece ao mesmo tempo e o tempo todo. Química, física e biologia foram separadas, de maneira errônea em minha opinião, para "facilitar" o aprendizado”.	
P11	“A relação entre a temperatura de vaporização da água e as forças intermoleculares é um conceito importante na química e na física. A explicação apresentada no texto é clara e objetiva, mostrando como as ligações de hidrogênio entre as moléculas de água afetam a temperatura de ebulição da água. Além disso, o texto também destaca a importância da pressão atmosférica na temperatura de ebulição da água em diferentes altitudes. Em geral, a explicação é adequada e pode ser útil para os alunos compreenderem melhor esse fenômeno”.	
P2	“Essencial para aprendizagem do conteúdo abordado”.	
P3	“Muito boa porque está em um texto base, o mais legal é a interação que o aluno vai ter em ir respondendo as perguntas que estão no texto achei isso muito interessante e legal acho que os alunos vão gostar”.	Importância do texto, linguagem e clareza
P4	“Bem descrito e de fácil entendimento, por trazer de forma simples e contextualizada exemplos que fazem sentido ao cotidiano”.	
P5	“Texto bem escrito. Importante contribuição para o entendimento de um conceito, aparentemente, fácil”.	
P7	“Muito didático”.	

P8	“O texto base é importante para se fundamentar com os alunos os conceitos antes observados no experimento”.	Relevância do ensino investigativo e das metodologias ativas
P10	“Excelente. O texto tem uma linguagem simples, de fácil entendimento, é explicado com clareza o processo de vaporização da água”.	

Fonte: Arquivo do autor, 2023.

Ao analisar as respostas dos professores sobre a parte do texto que explora a relação entre a temperatura de vaporização da água e as forças intermoleculares, é possível identificar várias ideias principais e uma tendência geral de reconhecimento da importância desse conteúdo no ensino de Química. Um grupo de professores, incluindo P1, P6, P9 e P11, ressalta a relevância da abordagem microscópica na compreensão desse fenômeno. P1 menciona a importância de uma abordagem mais completa que permita aos alunos refletir sobre essas nuances e P6 destaca a possibilidade de interdisciplinaridade quando se trata de conceitos correlacionados. Nessa mesma perspectiva, P9 ressalta que o ensino atual busca a correlação entre diferentes disciplinas, mostrando como a Química não é isolada.

Por sua vez, o destaque feito por P11 em relação à clareza do texto e à importância das ligações de hidrogênio e da pressão atmosférica na temperatura de ebulição da água ressalta a eficácia do material apresentado. A clareza na exposição dos conceitos científicos é importante para que os alunos possam compreender o fenômeno com facilidade. Além disso, a menção das ligações de hidrogênio e da pressão atmosférica como fatores influentes na temperatura de ebulição demonstra uma compreensão aprofundada do tema. Essa análise de P11 reforça a ideia de que o texto é significativo no ensino de Química, proporcionando uma compreensão mais completa e profunda dos processos envolvidos na vaporização da água.

Por outro lado, professores como P2, P3, P4, P5, P7 e P10 expressam de maneira geral sua aprovação em relação ao texto, destacando sua importância para a aprendizagem dos alunos, a clareza na explicação e a linguagem acessível. A ênfase na importância do texto para a compreensão dos conceitos e a sua clareza na explicação demonstram que o material é bem recebido pelos educadores. Além disso, a linguagem acessível é fundamental para que os alunos possam assimilar os

conteúdos com facilidade. Essa aprovação ressalta a capacidade do texto de atingir seu objetivo de tornar o ensino de Química mais compreensível e atrativo para os estudantes, contribuindo positivamente para a qualidade do ensino.

Autores como Pauletti, Rosa e Catelli (2014) destacam que a procura por representações que descrevam os fenômenos químicos que não podem ser diretamente percebidos pelos sentidos humanos é um processo com raízes históricas, o que sugere que a Química, de fato, é uma disciplina fortemente baseada em elementos visuais.

Outro aspecto relevante consiste em reforçar a importância do uso da linguagem e da clareza no processo de ensino de Química. Conforme Vygotsky aponta, a linguagem é essencial, não apenas na comunicação social, mas também na capacidade de generalizar e simplificar experiências, facilitando a abstração dos conceitos. Diante desse contexto, é vital entender como a linguagem e as analogias influenciam a formação e absorção de novos conceitos pelos alunos, especialmente no ensino de Ciências, no qual os estudantes frequentemente enfrentam dificuldades na aquisição de conhecimento (Morais et al. 2014).

O uso adequado da linguagem e a clareza na comunicação no ensino de Química são essenciais para superar a fragmentação presente no processo de ensino e aprendizagem e promover uma compreensão mais profunda e contextualizada dos conceitos científicos. Através da linguagem, os professores podem estabelecer conexões mais significativas entre o mundo científico e o cotidiano dos alunos, tornando o processo de aprendizado mais eficaz e envolvente.

Quadro 7 - Na pergunta 4 da atividade 1, que explora o motivo pelo qual soprarmos um alimento quente para resfriá-lo, você acha essa atividade pertinente?

Respostas dos Professores		Principal ideia
P2	“Sim, para relacionar calor liberado e absorvido pela matéria”.	Ênfase na transferência de calor e sua relação
P3	“Acho que a explicação tem tudo haver com o assunto, porque explicar a transferência de calor do mais quente para o mais frio, como o ar que soprarmos este mais frio que o alimento então existe umas transferência de calor”.	
P4	“Com certeza. Primeiro porque é um hábito realizado	

	<p>por todas as pessoas e muitas vezes, é feito sem saber o motivo cientificamente. Traz o sentido inverso ao que está sendo trabalhado anteriormente, sobre a transferência de energia.”</p>	<p>com o ato de soprar</p>
P7	<p>“Sim, os estudantes são questionados sobre a interação partículas.”</p>	
P10	<p>“Essa atividade pode ser uma oportunidade para os alunos compreenderem como a transferência de calor pode ser influenciada por fatores como a velocidade do ar e a área de contato entre os objetos. Além disso, a atividade também pode ser uma oportunidade para os alunos compreenderem o processo inverso que ocorre com a troca de energia das partículas que resulta no resfriamento. Portanto, a pergunta 4 da atividade 1 é uma atividade pertinente e pode ser útil para os alunos compreenderem melhor o processo de transferência de calor.”</p>	
P1	<p>“Acho pertinente sim, pois é uma prática muito contextualizada que fazemos de modo mecânico, sem nem refletir sobre o porquê de fazermos tal ato. Porém acho que se objetivo é falar do fluxo de calor, talvez eles possam apresentar ideias confusas, tendo em vista que podem pensar que o sopro seria um "fluxo" de ar que afasta o calor do alimento, como se o sopro carregasse o calor para longe. Então isso ocasionaria uma confusão de ideias, ou uma desacomodação das concepções alternativas que os alunos têm a respeito do fenômeno em questão. Talvez, para exemplificar melhor o fluxo do calor, você também devesse acrescentar a experiência da água morna, água fria e água a temperatura ambiente. O aluno deve colocar a mão direita na água morna e depois deve colocar na água a temperatura ambiente e através da sensação corporal ele deve descrever o que ocorre. Em seguida, a mão esquerda deve ir para a água fria e depois deve ser mergulhada na água a temperatura ambiente, e</p>	<p>Ênfase na contextualização e no cotidiano dos alunos</p>

	mais uma vez através da sensação térmica ele deve descrever a sua experiência. Acredito que essa atividade vai potencializar a sua atividade do sopro”.	
P5	“Sem dúvidas, primeiro pelo fato de ser algo instintivo do ser humano e correlacionado a isso, a contextualização de calor e temperatura voltada para o assunto abordado.”	
P8	“Achei pertinente por se tratar do cotidiano do aluno, todos eles já sopraram vários alimentos e se não todos, a maioria fez de maneira automática e sem pensar no verdadeiro conceito físico por trás.’	
P9	“Sim, trás o aprendizado para o dia a dia com uma atividade clara, objetiva e transparente.”	
P6	“Sim.”	_____
P11	“Sim.”	

Fonte: Arquivo do autor, 2023.

Um grupo de professores, incluindo P2, P3, P4, P7 e P10 concentram-se na relação entre a transferência de calor e o ato de soprar alimentos quentes. Eles veem a atividade como pertinente porque permite abordar a transferência de calor do mais quente para o mais frio. Em especial, P10 destaca que a atividade pode ajudar os alunos a compreender como fatores como a velocidade do ar e a área de contato afetam a transferência de calor. Portanto, os professores desse grupo reconhecem que essa atividade pode ser uma oportunidade para os alunos compreenderem como o calor é transferido e como fatores como a velocidade do ar influenciam esse processo. Essa abordagem alinha-se com a ideia de que a contextualização de conceitos científicos é fundamental para tornar o aprendizado mais significativo.

Outro grupo de professores, como P1, P5, P8 e P9, também considera a atividade pertinente, ressaltando sua relação com o cotidiano dos alunos. Eles observam que soprar alimentos quentes é um comportamento instintivo e comum, tornando a atividade relevante por se relacionar diretamente com situações do cotidiano dos alunos. Essa abordagem ressalta a necessidade de tornar o ensino de Ciências mais relevante e conectado à realidade dos alunos.

No contexto do ensino de química, muitos professores do Ensino Médio consideram a abordagem baseada no cotidiano amplamente reconhecida e de fácil implementação. No entanto, pesquisas indicam que essa crença pode não ser válida. A ideia por trás dessa abordagem é relacionar situações comuns do dia a dia das pessoas com conhecimentos científicos, tornando assim a aprendizagem de conceitos mais acessível (Wartha; Silva; Bejarano, 2013).

Finger e Bedin (2019) apontam que o ensino de Química, indiscutivelmente, enfrenta desafios significativos quando se trata da eficácia e qualidade dos processos de ensino e aprendizagem na educação básica. Isso se aplica tanto ao professor, encarregado de facilitar o processo educativo, quanto aos alunos, que precisam construir, assimilar e verdadeiramente compreender os conhecimentos transmitidos.

Esse "obstáculo" é uma questão que afeta não apenas o ensino de Química, mas também o ensino de Ciências de forma geral. A complexidade dos conteúdos, amplamente considerada difícil pelos estudantes, frequentemente é abordada de maneira expositiva e desprovida de conexão com a realidade dos alunos. Para efetivar esse método, as aulas [experimentais] devem adotar uma abordagem não convencional, onde o professor reconhece a importância de apresentar aos alunos situações-problema contextualizadas e, de preferência, com relevância no mundo real (Finger; Bedin, 2019, p. 10).

Finger e Bedin (2019) complementam que o professor deve estimular a curiosidade e o interesse dos alunos, contextualizando o conhecimento científico em suas vidas cotidianas. Abordagens baseadas em memorização e repetição sistemática não são eficazes e a aprendizagem significativa ocorre quando os alunos atribuem sentido ao que estão aprendendo, tornando-se protagonistas de seu desenvolvimento educacional e se sentindo motivados a se engajar no processo.

Além disso, a contextualização é fundamental, como destacado por Zuliani (2006), para promover o avanço conceitual dos alunos. Ela permite que os estudantes se afastem da passividade de meramente seguir instruções e, em vez disso, os desafia a relacionar, decidir, planejar, propor, discutir e relatar, em contraste com o método tradicional de ensino, onde prevalece uma abordagem passiva. A contextualização, portanto, emerge como uma ferramenta essencial no processo educacional, incentivando a participação ativa dos alunos e estimulando a evolução de seus conhecimentos.

No contexto do ensino de química, a relação entre cotidiano e contextualização é complexa e requer uma análise crítica. A abordagem do cotidiano não deve ser simplista e superficial, mas sim uma oportunidade para evitar a alienação dos alunos. A integração entre as perspectivas do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e a pedagogia de Paulo Freire oferece uma abordagem mais enriquecedora. Isso envolve a promoção da discussão crítica, a organização do conhecimento e a aplicação prática dos conceitos, estimulando os alunos a pensar de forma reflexiva e a lidar com problemas reais. Portanto, a interseção entre cotidiano, contextualização e a abordagem CTS pode melhorar significativamente o ensino de química, proporcionando uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos científicos.

Quadro 8 - Na atividade 2, "Um jogo bem interessante", você acha que fica claro para o aluno que a energia total das partículas em um sistema oscila?

Respostas dos Professores		Principal ideia
P1	"Sim"	Professores que afirmam a clareza da atividade sem explicações adicionais
P4	"Com certeza"	
P6	"Sim."	
P7	"Sim."	
P2	"Se for explicado aos alunos que os "X" assumem o papel das partículas dentro de um sistema que está sendo aquecido, talvez eles consigam ter essa percepção. Mas se isso não for explicado, acho pouco provável chegarem nessa conclusão."	Professores que veem a necessidade de explicações ou contextualização
P3	"Durante o jogo não, acho que precisa de uma explicação científica como foi feita no comentário em seguida que explica o porque do jogo e a parte científica dos micro estados dos gases."	
P5	"De início, creio que não fique bastante claro, mas dá margem para que o(a) professor(a) elucidie esses conceitos no decorrer das aulas expositivas e teóricas."	
P9	"Talvez por ser um conceito muito abstrato que envolve estatística e física, o aluno tenha um distanciamento inicial, porém com uma explicação	

	adequada do professor e tempo para sanar as dúvidas dos alunos que venham surgir, o conceito possa ser bem compreendido em sua plenitude, claro olhando o nível adequado o qual está sendo aplicada a proposta.”	
P11	“Portanto, é possível que os alunos compreendam que a energia total das partículas em um sistema oscila, mas isso dependerá da forma como o conceito é apresentado e da compreensão prévia dos alunos sobre o assunto.”	
P8	“Sim, a partir do jogo os alunos podem observar como ocorre as oscilações do sistema.”	Professores que veem a atividade como lúdica e eficaz
P10	“Sim. Atividade proposta é lúdica, de fácil acesso e exemplifica de maneira simples a oscilação da energia das partículas em um sistema.”	

Fonte: Arquivo do autor, 2023.

Os professores P1, P4, P6 e P7 acreditam que a atividade é intrinsecamente clara e não requer explicações adicionais para transmitir o conceito da oscilação da energia das partículas. Eles veem a atividade como uma ferramenta eficaz para promover a compreensão. Já os professores P2, P3, P5, P9 e P11 reconhecem que, embora a atividade forneça uma base, a clareza pode depender de explicações ou contextualização adicionais fornecidas pelo professor. Eles veem o papel do educador como fundamental para elucidar os conceitos durante a instrução teórica.

Segundo Araújo, Santos e Almeida (2012) é fundamental reconhecer que o professor desempenha um papel essencial no processo de ensino da Química, sendo responsável por estabelecer uma ligação significativa entre essa disciplina e a vida do aluno através de atividades pedagógicas. Ele capacita os indivíduos a desenvolver uma visão crítica do mundo que os rodeia, permitindo a análise, compreensão e aplicação desse conhecimento em seu cotidiano, capacitando-os a identificar e intervir em situações que possam prejudicar sua qualidade de vida.

No ensino de Química, o professor é essencial ao criar atividades que relacionem os conteúdos ao dia a dia dos alunos, incluindo a experimentação como uma ferramenta de ensino eficaz. Reforçando a ideia de "não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino" (Freire, 1996), é relevante que os professores

envolvam os alunos nos processos de aprendizagem, incentivando a interação e a troca de experiências, contrariando a tendência de formar grupos isolados de estudantes.

Outro aspecto relevante é apontado por P8 e P10 que destacam a eficácia da abordagem lúdica da atividade na promoção da clareza. Eles veem a atividade como uma maneira simples e acessível de exemplificar a oscilação da energia das partículas em um sistema. No cenário educacional, jogos educativos dentro de um contexto lúdico têm ganhado destaque, com pesquisadores como Huizinga (2008), Zanon et al. (2008), Cunha (2012) e Neto e Moradillo (2016) explorando seu uso para aprimorar a prática pedagógica em diversas disciplinas. Professores frequentemente recorrem a essas ferramentas para simplificar a introdução de novos conceitos, fórmulas e classificações, desenvolver habilidades e avaliar o processo de aprendizagem. Essas atividades lúdicas são vistas como recursos motivadores que estimulam o interesse dos alunos e proporcionam novas perspectivas de pensamento.

De acordo com Oliveira et al. (2018) ao utilizar jogos didáticos, professores podem transformar o processo de aprendizagem em uma experiência mais envolvente, preenchendo lacunas que a abordagem tradicional muitas vezes deixa. Isso não apenas expõe o conteúdo de maneira diferenciada, mas também permite que os alunos desempenhem um papel ativo em sua aprendizagem. Portanto, corroborando com a ideia de P8 e P10 é importante salientar que a utilização de jogos didáticos motiva os alunos por meio de desafios, familiariza-os com termos e conceitos, desperta o interesse e facilita a aprendizagem de forma eficaz e agradável.

Quadro 9 - Sobre a atividade 3, "O estado metaestável", na sua opinião, fica claro a discussão sobre a energia envolvida?

Respostas dos Professores		Principal ideia
P1	"Sim"	
P2	"Sim, fica super claro. Muito interessante essa atividade, pois muitos questionamentos serão suscitados. E os alunos vão poder presenciar o quão delicado é esse estado da água e que com certeza a maioria nunca tenha presenciado."	

P3	“Sim, fica bem claro no texto que existe diferentes formas de aquecimento das moléculas e que dependendo da maneira que é feita, como exemplificado no microondas, não ocorrerá mudança de fase.”	A discussão sobre a energia envolvida na atividade é clara e eficaz
P4	“Acredito que se torna claro, pelo fato da visualização. Através do experimento fica mais fácil de observar um estado de transição energética de fase, o estado metaestável.”	
P5	“Sim, com certeza, inclusive é um método bom e objetivo que através do método comparativo (inicial-final), o estudante compreenda qual fenômeno ocorre/ocorreu naquela amostra.”	
P6	“Sim.”	
P9	“Sim, é extremamente didático e de fácil aplicação.”	
P10	“Na atividade 3, ‘O estado metaestável’, é possível que os alunos compreendam a discussão sobre a energia envolvida, uma vez que a atividade tem como objetivo demonstrar evidências experimentais da partição de energia das partículas, especificamente no caso do estado metaestável. A partir da demonstração do superaquecimento da água, os alunos podem compreender que o estado metaestável é um estado de baixa estabilidade energética, no qual uma "mínima perturbação" pode levar o sistema a um estado de agregação da matéria de menor energia naquelas condições, que seria o estado gasoso.”	
P11	“Sim.”	A compreensão da energia envolvida pode não ser imediatamente clara para os alunos
P7	“Para os alunos, a compreensão a energia envolvida só ficará clara após o professor explicar a diferença entre o aquecimento por microondas e com a chama.”	
P8	“Posso afirmar com certa tranquilidade que com o experimento, a explicação no texto e uma dinâmica adequada do professor esse conceito posso ser muito bem compreendido, as condições devem ser muito bem evidenciadas e tratadas com certa ênfase para os alunos entender as diferenças entre aquecer uma água numa	

	chama e num micro-ondas, o professor deve conduzir o aluno afim de não resta dúvidas.”	
--	--	--

Fonte: Arquivo do autor, 2023.

Os professores P1, P2, P3, P4, P5, P6, P8, P10, P11 consideram que a discussão sobre a energia envolvida na atividade é clara e eficaz. Eles mencionam que a atividade é interessante e ajuda os alunos a compreenderem os conceitos relacionados ao estado metaestável e à energia envolvida na transição de fase. A atividade, de acordo com eles, envolve visualização e comparação prática, tornando a compreensão mais tangível.

A ideia de que a atividade envolve visualização e comparação prática é altamente consistente com as abordagens pedagógicas eficazes em Química. A literatura pedagógica enfatiza a importância de atividades práticas para auxiliar os alunos na compreensão de conceitos científicos. A teoria construtivista, por exemplo, destaca que os alunos aprendem ativamente por meio da exploração prática e da construção de seu próprio conhecimento. Quando os alunos podem observar fenômenos químicos, como a transição de fase do estado líquido para o gasoso, eles estão mais propensos a compreender os conceitos subjacentes (Luca et al. 2018).

P2 enfatiza a eficácia da atividade em permitir que os alunos "presenciem" o estado metaestável da água. Isso está alinhado com a teoria da aprendizagem experiencial, que argumenta que a aprendizagem é aprimorada quando os alunos têm a oportunidade de vivenciar diretamente os conceitos. Kolb (1984 citado por Marietto et al. 2014) propôs um modelo de aprendizagem experiencial que envolve quatro etapas: experiência concreta, observação reflexiva, conceitualização abstrata e experimentação ativa. A atividade discutida pelos professores parece se enquadrar nesse modelo, já que os alunos experimentam o superaquecimento da água, refletem sobre o que observaram e, em seguida, conceitualizam o fenômeno da transição de fase. Os professores P7 e P8 destacam que a compreensão da energia envolvida pode não ser imediatamente clara para os alunos e requer a explicação adicional por parte do professor. Eles ressaltam a importância de abordar as diferenças entre o aquecimento por microondas e por chama, enfatizando que a dinâmica do professor é relevante nesse processo. Eles acreditam que, com a orientação adequada, os alunos podem compreender os conceitos envolvidos.

No contexto da Química, o professor atua como mediador da aprendizagem, não apenas promovendo a aquisição de conhecimento, mas também assumindo a responsabilidade pelo desenvolvimento acadêmico e social de seus alunos, como destacado por Cunha et al. (2012). Nesse sentido, é incumbência do professor criar um ambiente de sala de aula que seja propício a uma aprendizagem positiva. Isso envolve cultivar a atenção dos alunos, incentivando sua participação ativa, demonstrando paciência em relação às dificuldades individuais, demonstrando respeito mútuo, fomentando a motivação intrínseca e promovendo a realização de trabalho produtivo. Ao fazer isso, o professor não apenas facilita a compreensão dos conceitos químicos, mas também contribui para o desenvolvimento integral de seus alunos, preparando-os para um futuro acadêmico e social de sucesso.

Quadro 10 - Você considera que a atividade 3, que introduz a noção de distribuição de energia das moléculas e sua relação com a entropia, foi eficaz para os alunos?

Respostas dos Professores		Principal ideia
P1	Sim	A atividade como eficaz
P2	Sim	
P4	Acredito que sim, porque fica bem claro a proposta e a explicação do tema com a leitura, levando em conta que também haverá a explicação do professor acredito que será muito eficaz para o aluno.	
P5	Após a introdução teórica do assunto fica mais claro para o aluno o conceito.	
P6	Sim foi eficaz, mas ira demandar do professor introdução desses conceitos em aulas subsequentes.	
P8	Sim, é bem interessante porque quebra o conceito que a água sempre entrará em ebulição a 100• c, um experimento acessível, prático e bastante esclarecedor.	
P9	Sim, a atividade 3 pode foi eficaz, pois ela tem como objetivo demonstrar evidências experimentais da partição de energia das partículas, especificamente no caso do estado metaestável. Além disso, a atividade buscou ser complementar aos conteúdos tratados no texto inicial, permitindo que os alunos	

	compreendessem melhor a distribuição de energia das partículas e sua relação com a entropia.	
P3	Talvez os alunos mais atentos cheguem nessa conclusão, mas acredito que poucos alunos chegarão a essa conclusão devido ao nível de abstração do tema.	Reconhecimento da falta de exploração e importância da introdução ao tema
P7	A entropia/energia das moléculas são conceitos que não são bem explorados pelas salas de aulas em quase todo o Brasil, existe algumas causas para essa negligência por parte do professor, não vem ao caso agora, porém por se tratar de uma introdução ao tema, visto que o assunto é bem mais abrangente, cumpre o seu papel brilhantemente, de apresentar, elucidar, propor e explicar, e esse estudante saíra com conhecimento melhor que 95% dos estudantes sobre esse tema.	
P10	Não respondeu	_____
P11	Não respondeu	_____

Fonte: Arquivo do autor, 2023.

Os professores P1, P2, P4, P5, P6, P8 e P9 expressam unanimidade quanto à eficácia da atividade para os alunos. Eles enfatizam que essa abordagem proporcionou uma compreensão sólida sobre a distribuição de energia molecular e sua relação com a entropia. Destacam a introdução teórica como fundamental para a clareza conceitual, embora reconheçam que a explicação do professor também é relevante na consolidação desse conhecimento. Além disso, P6 e P8 enfatizam a importância de desafiar e redefinir conceitos pré-estabelecidos, exemplificado pela ideia de que a água sempre entra em ebulição a 100°C. Em geral, valorizam a prática experimental, visto que ela proporciona uma compreensão mais profunda e desmistifica noções simplistas, tornando o ensino mais prático e esclarecedor para os alunos.

Em conjunto com os demais professores, P5 reconheceu a interdependência entre a teoria e a aplicação prática, salientando que a atividade não apenas forneceu um arcabouço teórico, mas também desafiou percepções habituais. A abordagem experimental é elogiada por sua capacidade de demonstrar na prática os conceitos

teóricos, o que enriquece a compreensão dos alunos. Segundo Oliveira (2010), as atividades experimentais são uma estratégia educacional relevante, pois oferecem um ambiente propício para explorar as diferentes facetas do conhecimento científico, abrangendo não apenas a teoria e a representação, mas também a dimensão fenomenológica.

Os professores P3 e P7 adotam uma perspectiva crítica sobre a atividade, embora com nuances diferentes em suas observações. P3 expressa preocupação sobre a capacidade dos alunos em compreender o tema devido à sua abstração. Ele coloca em questão a acessibilidade do conteúdo, sugerindo que poucos alunos poderiam chegar a uma conclusão sobre a distribuição de energia das moléculas, dada a complexidade do assunto.

Por outro lado, P7 ressalta a negligência geral da introdução aos conceitos de entropia e energia molecular na maioria das salas de aula no Brasil. Reconhece que essa abordagem, embora introdutória, desempenha seu papel efetivamente, fornecendo uma base essencial para os alunos. Ele argumenta que um estudante que realiza essa atividade obtém um conhecimento substancialmente mais abrangente em relação à maioria dos alunos.

Ambos os professores demonstram uma visão crítica, destacando a dificuldade percebida na compreensão do tema pelos alunos, seja devido à abstração do assunto ou à falta de exploração do mesmo nas salas de aula. No entanto, reconhecem o mérito da atividade em proporcionar uma introdução ao tema, considerando-a eficaz para fornecer um conhecimento inicial sobre um assunto que, de outra forma, seria pouco explorado.

É interessante notar que, enquanto um professor enfatiza as dificuldades de entendimento dos alunos, o outro destaca a importância da atividade em ampliar o conhecimento dos estudantes sobre um tema subrepresentado. Isso mostra uma divergência na percepção da eficácia da atividade, apontando para diferentes perspectivas sobre como ela é percebida e recebida pelos alunos, ao mesmo tempo em que reconhecem seu valor introdutório.

Quadro 11 - Como você avalia o experimento realizado na atividade 4, "entendendo a distribuição energética"?

Respostas dos Professores		Principal ideia
P1	Na minha opinião esse experimento é muito pertinente para abordar a questão da entropia do sistema e a questão das energias médias das moléculas, pois ele é o único onde ambos os líquidos possuem a mesma temperatura. Acho que discussões interessantes podem ser suscitadas por parte dos alunos	Ênfase na eficácia didática do experimento
P3	Pertinente, pois sai do comum de falar sempre da temperatura e volta para o nível de agitação das moléculas que realmente são diferentes e explica bem porque apesar de temperaturas iguais líquidos continuam se misturando, achei muito legal essa explicação	
P4	Um experimento bastante visual e que traz vários caminhos para a discussão: características das substâncias, misturas, influência da temperatura no processo de mistura, energia das moléculas... prática simples, que faz o aluno refletir bem sobre conceitos Termodinâmicos.	
P5	Útil para observar os efeitos da temperatura nas moléculas.	
P7	Um experimento interessante e intrigante para os alunos.	
P8	Esse experimento vai levar os alunos a questionamentos de como a interação dos líquidos após mistura ocorre, como as partículas interagem.	
P10	Fica bastante visível o resultado o que estimula a curiosidade do estudante, acredito que o experimento vai levantar uma gama de perguntas sendo fundamental para explicar a média da temperatura entre as substâncias.	

P11	Parece ser interessante e adequado. Essa abordagem investigativa pode ser muito útil para que os alunos compreendam melhor a relação entre a energia das partículas e os processos físicos e químicos. Além disso, a atividade pode estimular a curiosidade e o interesse dos alunos pela disciplina de Química, por meio da exploração de fenômenos cotidianos e da aplicação de conceitos teóricos.	
P2	Estimulando para o alunado	Veem o experimento como útil
P6	Para quem não tem um conceito mínimo sobre distribuição de energia no contexto científico é de certa importância.	para alunos com conceitos mínimos sobre distribuição de energia, reconhecendo sua relevância didática, mas não necessariamente como algo fundamental para todos os alunos
P9	Excelente a proposta, conceitos abstratos demais os estudantes têm uma certa dificuldade de assimilar plenamente, por ser tratar de um experimento visual, acredito fortemente que cumprirá o seu papel e eles compreenderão por completo o tema proposto.	Valorização da compreensão aprimorada do tema pelo experimento

Fonte: Arquivo do autor, 2023.

Os professores P1, P3, P4, P5, P7, P8, P10, P11 destacam a eficácia didática do experimento, percebendo-o como uma importante ferramenta para promover debates e discussões significativas em sala de aula. Para esses professores, o experimento é fundamental para abordar conceitos complexos, como entropia do sistema e energias médias das moléculas, provocando um interesse mais profundo pela disciplina. Em especial P1, P3, P4, P10 e P11 reconhecem que a atividade prática proporciona uma compreensão mais tangível desses conceitos abstratos, tornando-os mais acessíveis aos alunos. Para eles, essa compreensão é vital não apenas para a assimilação dos temas específicos, mas também para a aplicação desses conceitos em situações cotidianas.

Esses professores enfatizam que a atividade experimental é capaz de gerar reflexões e questionamentos, levando os alunos a explorar e compreender melhor os processos físicos e químicos por trás do experimento. Acreditam que a prática permite uma conexão mais profunda entre a teoria e a realidade, estimulando a curiosidade dos alunos e proporcionando um aprendizado mais efetivo.

Além disso, enfatizam a capacidade do experimento de instigar o interesse dos alunos pela disciplina de Química, pois demonstra a aplicação prática de conceitos teóricos em fenômenos do dia a dia. Esses professores acreditam que esse estímulo à curiosidade e à investigação pode ser relevante para o desenvolvimento de habilidades críticas e para a construção de uma compreensão mais ampla e integrada dos princípios científicos.

No entanto, P2 e P6, embora reconheçam a utilidade do experimento, não o consideram uma ferramenta essencial para todos os alunos. Eles enxergam seu valor principalmente para estudantes com conhecimentos mínimos sobre distribuição de energia, ressaltando sua relevância didática nesse contexto específico. É interessante notar que o primeiro grupo de professores valoriza a capacidade do experimento de estimular debates e despertar a curiosidade dos alunos, enquanto o segundo grupo reconhece sua utilidade principalmente para reforçar conceitos mínimos sobre distribuição de energia.

Ambas as visões convergem para reconhecer a importância didática do experimento, embora enfatizem sua utilidade de maneiras ligeiramente distintas. A eficácia didática do experimento parece depender do contexto de aprendizado e do nível de conhecimento prévio dos alunos em relação ao tema, de acordo com as perspectivas dos professores.

O ponto de vista expresso pelo professor P9 ressalta a importância do experimento visual para a compreensão aprofundada do tema, especialmente considerando a dificuldade que os estudantes enfrentam ao assimilar conceitos abstratos. Ele reconhece que conceitos como distribuição de energia podem ser complexos e desafiadores para muitos alunos, principalmente quando apresentados apenas de forma teórica.

Avaliando a atividade prática, o professor P9 destaca sua relevância ao oferecer uma abordagem mais concreta e visual sobre a distribuição de energia, tornando o assunto mais compreensível para os estudantes. Ele valoriza a oportunidade que o experimento oferece para elucidar o tema de uma maneira mais

visível, permitindo que os alunos observem diretamente os fenômenos associados à distribuição energética das moléculas.

Além disso, ao enfatizar a importância do aspecto visual do experimento, o professor P9 reconhece que a compreensão do conteúdo é aprimorada quando os alunos podem ver diretamente os efeitos das mudanças de temperatura nos líquidos e suas moléculas. Essa abordagem prática não apenas simplifica a complexidade do tema, mas também oferece uma experiência significativa que complementa e enriquece o aprendizado teórico.

De acordo com Fernandes (2014) o ensino de química frequentemente enfrenta desafios significativos e dificuldades atribuídas à natureza abstrata da disciplina, caracterizada por uma linguagem e representação específicas que envolvem conteúdos microscópicos de difícil visualização. Paz et al. (2010) também apontam desafios associados à necessidade de realizar cálculos matemáticos para representar certos conceitos, além da peculiaridade da linguagem científica da química, que utiliza simbologia e terminologia específicas. A escassez de materiais didáticos adequados também contribui para a complexidade na transmissão dos conteúdos, resultando no desinteresse dos estudantes.

Quadro 12 - Você acredita que essa ferramenta será útil para auxiliar outros professores na abordagem dos conceitos apresentados? Que sugestões você teria para aprimorar o manual?

Respostas dos Professores		Principal ideia
P1	O conceito de calor é muito abstrato e por vezes de difícil entendimento não somente por parte dos alunos, mas também dos professores. Vou utilizar esse manual nas aulas de termoquímica, com toda a certeza, pois os experimentos sugeridos nele são de baixo custo e de fácil acesso, muito criativos e bem provocativos no tocante a levar os alunos a pensarem acerca de muitos fenômenos do cotidiano. As sugestões já foram dadas nas questões anteriores.	Ênfase na utilidade e eficácia do manual
P2	Sim	
P3	Com certeza, vai ajudar. No momento não tenho nenhuma sugestão.	

P4	Com certeza. O ensino investigativo torna o estudante pensante, questionador e traz de forma prática conceitos químicos importantes.	Ênfase na utilidade e eficácia do manual
P6	Claro, e seria um excelente manual aplicável em ambas redes de ensino, podendo claro ser divididas em etapas iniciais, intermediárias e/ou avançadas, onde a etapa inicial à priori, é uma espécie de nivelamento educacional, e para os demais que já obtém da parte de nivelamento realizar a parte intermediária/avançada, lembrando que ambas seriam realizadas após uma aula introdutória do assunto e em um outro momento, realizaria ambas as etapas experimentais simultaneamente, ocasionando assim um melhor entrosamento do alunado com os conceitos abordados e tendo o educador como suporte para questionamentos e/ou explicações sobre algum conceito correlato.	
P7	Sim, essa ferramenta pode ser útil para auxiliar os professores na abordagem dessa temática.	
P9	Com toda certeza, esse manual se aplicado com um tempo adequado, deve ajudar demais o professor e os alunos em assuntos espinhosos e a tirar a monotonia da aula expositiva no caderno e quadro.	
P10	Acredito que será de extrema valia, a associação das atividades, o levantamento das discussões, associados também ao lúdico, irão facilitar a aprendizagem dos estudantes.	
P11	Sim, acredito que o manual possa ser uma ferramenta útil para auxiliar outros professores na abordagem dos conceitos apresentados. O manual apresenta uma proposta pedagógica que utiliza o ensino investigativo para discutir com os alunos evidências da distribuição de energia das partículas. Para aprimorar o manual, sugiro as seguintes sugestões: Incluir sugestões de avaliação para que o professor possa verificar o aprendizado dos alunos e identificar possíveis dificuldades e disponibilizar links dos recursos visuais, como vídeos e imagens,	

	simuladores para ilustrar os processos físicos e químicos envolvidos na distribuição de energia das partículas.	
P5	Sim. O material poderia ser mais didático, com esquemas didáticos que facilitem a leitura e aplicação.	Sugestões de melhoria para o manual
P8	Acho importante para o professor fazer uso de metodologias que levem seus alunos a se questionarem.	

Fonte: Arquivo do autor, 2023.

De acordo com o Quadro 9 os professores P1, P2, P3, P4, P6, P7, P9, P10 e P11 mostram uma visão unânime sobre a utilidade e eficácia do manual proposto, evidenciando uma forte convicção na sua capacidade de auxiliar os professores na abordagem dos conceitos apresentados. A ênfase recai sobre a valorização do ensino investigativo como uma ferramenta para o engajamento dos alunos e para uma compreensão mais aprofundada dos temas abordados. A noção de uma abordagem nivelada é destacada por P6, sugerindo a importância de adaptar o manual para diferentes estágios educacionais. Essa consideração é significativa, pois reconhece a diversidade de compreensão e de conhecimento dos alunos, permitindo que o material possa ser aplicado de forma mais ampla e inclusiva.

A importância de metodologias que instiguem os alunos a questionar e se envolver ativamente no aprendizado é mencionada, evidenciando um desejo de fomentar uma participação mais ativa dos estudantes nas aulas, buscando uma aprendizagem mais dinâmica e participativa.

P5 e P8 destacam questões específicas para aprimorar o manual, mesmo reconhecendo seu potencial. P5, por exemplo, aponta a necessidade de tornar o material mais didático, sugerindo a inclusão de esquemas que facilitem a compreensão e a aplicação das atividades propostas. Essa sugestão se concentra na organização do conteúdo para torná-lo mais acessível aos alunos, buscando uma leitura mais clara e compreensível.

Santiago et al. (2021) indicam a importância de adaptar as práticas de química para atender às diferentes capacidades e interesses dos alunos, defendendo a implementação de abordagens investigativas e acessíveis, especialmente para alunos com deficiência. Os autores reconhecem a necessidade de valorizar as diferenças individuais, promovendo um ambiente educacional que considera as habilidades e dificuldades de cada aluno, destacando a importância da

educação especial como parte integrante de uma abordagem inclusiva e colaborativa.

Por sua vez, P8 ressalta a importância de metodologias que incentivem os questionamentos dos alunos como forma de promover o aprendizado. Essa ênfase em estimular a participação ativa dos estudantes está alinhada com uma abordagem mais dinâmica do ensino, que visa não apenas transmitir conhecimento, mas também estimular a reflexão e o engajamento dos alunos. Ao integrar as visões desses professores, percebe-se uma convergência no reconhecimento do potencial do manual como uma ferramenta para o ensino.

O Grupo 1 de professores enfatiza sua utilidade prática, destacando a eficácia do material, enquanto o Grupo 2 traz sugestões específicas para tornar o manual mais didático e estimular a participação ativa dos alunos. Combinar essas informações pode resultar em um manual mais completo e acessível para o ensino dos conceitos propostos. Ao tornar o material mais didático, com esquemas claros e informativos, e integrar metodologias que fomentem o questionamento e a participação dos alunos, é possível oferecer uma ferramenta de ensino ainda mais eficaz e envolvente.

Quadro 13 - Por fim, considerando todo o trabalho realizado e a metodologia empregada, você acha que o uso do material aqui proposto pode mudar a percepção do aluno sobre a natureza estatística da energia das partículas?

Respostas dos Professores		Principal ideia
P1	Sim, acredito que as percepções estudantis vão mudar após a realização dessa sequência didática, principalmente no tocante a situação metafísica da água, da qual muitos alunos nunca ouviram falar.	Confiança na mudança na percepção do aluno sobre a
P3	Sim, ele vai perceber que o calor não está relacionado a temperatura e sim a agitação das partículas, o trabalho deixa claro isso e explica bem a segunda lei da termodinâmica.	
P4	Sim. Propostas relevantes, bastante visuais, que demonstram claramente a energia das partículas.	
P5	Sim, é possível.	
P7	Sim.	

P8	Sim, acho que o uso dessa metodologia de se introduzir os conteúdos a partir de experimentação levando os alunos a observação e questionamentos, melhora a compreensão dos conteúdos.	energia das partículas
P11	Acredito que o uso do material proposto no manual pode contribuir para que os alunos compreendam melhor a natureza estatística da energia das partículas, por meio da exploração de fenômenos cotidianos e da aplicação de conceitos teóricos.	
P2	Acredito que tudo que é produzido para auxiliar o alunado é válido como ferramenta educacional	
P9	Com absoluta certeza, um tema pouco explorado no ensino médio e de difícil entendimento, esses assuntos se tornam um desafio grande para o professor que tem milhões de impedimentos como excesso de aulas, alunos e pouco tempo para explorar os assuntos da melhor maneira possível, com o material já pronto, facilitaria em muito a vida de milhares de professores pelo Brasil e mundo.	Ênfase na utilidade para os professores
P10	Sim, o trabalho será de grande valia para os professores do ensino médio.	
P6	Diante de todos os experimentos mencionados no manual, creio que cada experimento didático, dialoga com cada nicho educacional de conhecimento (quando falo nicho educacional, falo dos diversos alunos que contêm conhecimento sobre determinado assunto, desde o aluno que se considera uma "tábula rasa" até aquele que compreende o assunto abordado pelo educador).	Ênfase na importância da aplicação prática

Fonte: Arquivo do autor, 2023.

O otimismo expresso pelos professores P1, P3, P4, P5, P7, P8 e P11 reflete a confiança na eficácia do material para transformar a percepção dos alunos sobre a energia das partículas. A clareza desses experimentos é vista como uma vantagem, já que pode permitir uma compreensão mais intuitiva e prática desses conceitos. A confiança na metodologia adotada é evidente, já que esses professores destacam a

eficácia dos experimentos em desmitificar noções equivocadas. Eles acreditam que os experimentos propostos podem desencadear uma mudança na percepção dos alunos, permitindo que eles compreendam a natureza estatística da energia das partículas de forma mais clara e profunda.

Os professores P2, P9 e P10 são conscientes dos obstáculos enfrentados no ensino de conceitos desafiadores, especialmente aqueles que são menos explorados no currículo. Ao destacar o material como uma forma de superar esses desafios, eles enfatizam a praticidade do recurso. Para esses professores, a disponibilidade de um material que aborda tópicos menos explorados de maneira clara e acessível é de grande importância.

Além disso, a percepção de que o material pode aliviar a carga de trabalho dos professores é significativa, pois esses educadores reconhecem os desafios enfrentados na preparação de aulas e no desenvolvimento de estratégias para tornar os conceitos mais compreensíveis para os alunos. Portanto, eles valorizam a presença desse material como uma fonte pronta e útil que pode enriquecer suas práticas educacionais.

Por fim, P6 ressalta a necessidade de uma abordagem diferenciada, que considere a diversidade de entendimento dos estudantes sobre o assunto. Sua ênfase na adaptação dos experimentos para diferentes níveis de conhecimento reflete uma compreensão profunda das variadas habilidades e compreensões dos alunos em sala de aula. Reconhecer essa diversidade de conhecimento é essencial para a construção de estratégias educacionais eficazes. Ao mencionar a importância de adaptar as atividades, esse professor indica uma abordagem inclusiva, capaz de engajar todos os alunos, independentemente de seu nível de conhecimento prévio. Isso sugere um compromisso com a acessibilidade e a compreensão ampla dos conceitos para toda a turma.

7 CONCLUSÕES

O ensino de Química no Ensino Médio é desafiador, especialmente diante do dinamismo científico contemporâneo. Portanto, este estudo visou enriquecer esse processo educacional, utilizando a metodologia do Ensino por Investigação para explorar a distribuição da energia nas partículas, um conceito central na Termodinâmica Estatística. A criação de um manual educacional estruturado com atividades práticas foi uma tentativa de oferecer suporte aos professores na abordagem dos fundamentos da energética química, tornando-os mais tangíveis aos estudantes. A participação de 11 professores permitiu a análise e a validação da proposta, revelando perspectivas variadas, mas convergentes sobre a aplicabilidade e eficácia das atividades propostas.

A receptividade dos professores em relação ao ensino investigativo foi significativa, pois reconhecem seu potencial em despertar a curiosidade dos alunos e fomentar uma abordagem interdisciplinar. A compreensão da relação entre fenômenos como a formação de bolhas e a energia das moléculas de água foi destacada, evidenciando a importância da compreensão molecular no ensino. Além disso, as atividades práticas sobre transferência de calor e energia das partículas foram consideradas pertinentes e esclarecedoras, fornecendo uma visão mais profunda sobre o estado metaestável e a transição de fase.

A conclusão reforça a confiança dos professores na eficácia do material proposto, destacando seu potencial para transformar a percepção dos alunos sobre a energia das partículas. A metodologia investigativa emerge como uma importante ferramenta para promover não apenas a compreensão de conceitos científicos, mas também para engajar os estudantes em uma aprendizagem significativa e inclusiva. Essa abordagem não apenas desmistifica conceitos complexos, mas também oferece uma compreensão mais clara e prática, alinhando-se à busca por um ensino de Química mais relevante e conectado à vida cotidiana dos alunos.

REFERÊNCIAS

- ALISSON, Elton, Aquecimento global deve causar aumento da temperatura no Brasil, indica IPCC. **Revista Galileu**. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2021/08/aquecimento-global-deve-causar-aumento-da-temperatura-no-brasil-indica-ipcc.html> Acesso em Jan 2022.
- ALMEIDA, M. E. B. **Educação, projetos, tecnologia e conhecimento**. São Paulo: PROEM, 2002.
- ANASTASIOU, L das C. Ensinar, aprender, apreender e processos de ensinagem. In: ANASTASIOU L C, Alvez LP, (Orgs). **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. Joinville: UNIVILLE; 2007. p.15-43.
- ARAUJO, Liderlânio de Almeida; SANTOS, Alice Claudina dos; ALMEIDA, Graziela Brito de. Ensino de Química: reagindo na construção da prática docente. **VI Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade**. São Cristóvão, SE, 2012.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizado as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARATIERI, S. M. et al. Opinião dos estudantes sobre a experimentação em química no Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, p. 19-31, 2008.
- BORGES, António; RODRIGUES, Azevedo; RODRIGUES, Rogério. **Elementos de contabilidade geral**. 1998.
- BRAGA, J. P.; **Físico-química: Aspectos Moleculares e Fenomenológicos**, Ed. UFV: Viçosa, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: Ministério da Educação, 1998, p.122.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999 p. 241.
- _____. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília (DF), Secretaria de Educação Média e Tecnológica: MEC, 2002, p. 87.

_____. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio.** Brasília (DF), Secretaria de Educação Média e Tecnológica: MEC, 2002.

CACHAPUZ, António et al. **A necessária renovação do ensino das ciências.** São Paulo: Cortez. . 2005.

CANTO, E. L. de; PERUZZO, T. M. **Química na Abordagem do Cotidiano.** Vol. 1, 4 ed. São Paulo: Moderna, 2010.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Calor e Temperatura: um ensino por investigação.** 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

COSTA, Mônica; CUNHA, Luciana da; GHEDIN, Evandro. **VII ENPEC**, Florianópolis, 8 de novembro de 2009.

CUNHA, Marcia Borin. Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na Escola, São Paulo, [s. L.]**, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.

E SILVA, Tiago de Souza. **Entropia e Termodinâmica Estatística: uma proposta para Química no Ensino Médio.** Recife, janeiro de 2020.

FERNANDES, Jomara Mendes; REIS, Ivoni. O papel da formação continuada no trabalho dos professores de Química com alunos Surdos. **Revista Educação Especial**, v. 32, p. 1-16, 2019.

FINGER, Isadora; BEDIN, Everton. A contextualização e seus impactos nos processos de ensino e aprendizagem da ciência química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 2, n. 1, p. 8-24, 2019

FREIRE, P. **Pedagogia da Esperança: um reencontro com a Pedagogia do Oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra. 16 ed. 2009.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia- Saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz Terra, 1996.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa.** Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIBBS, G. Análise de dados qualitativos. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIL PEREZ, D.; VALDES CASTRO, P. La orientación de las practicas de laboratorio como invetigagación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las ciencias**, [S.I.], n. 14, v. 2, 1996.

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, cidade, v. 31, n. 3, p. 198-202, ago. 2009.

HUIZINGA, J. Homo ludens: o jogo como elemento da cultura. 5ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2008.

LABURU, Carlos Eduardo; DE CARVALHO, Marcelo. **Educação científica: controvérsias construtivistas e pluralismo metodológico**. EDUEL, 2005.

LUCA, Anelise Grünfeld et al. Experimentação contextualizada e interdisciplinar: uma proposta para o ensino de ciências. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 1, n. 2, 2018.

MACHADO, Eduardo; GIROTTO JÚNIOR, Gildo. Interdisciplinaridade na investigação dos princípios do STEM/STEAM education: definições, perspectivas, possibilidades e contribuições para o ensino de química. **Scientia naturalis**, v. 1, n. 2, 2019.

MARIETTO, Maria das Graças Bruno et al. Teoria da Aprendizagem Experiencial de Kolb e o Ciclo de Belhot guiando o uso de simulações computacionais no processo ensino aprendizagem. In: **Anais do XX Workshop de Informática na Escola**. SBC, 2014. p. 527-531.

MINAYO, M.C.S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa**. 12. ed. São Paulo: Hucitec-Abrasco, 2012.

MORAIS, Robson Oliveira et al. Reflexão sobre a pesquisa em ensino de química no Brasil através do panorama da linha de pesquisa: linguagem e formação de conceitos. **HOLOS**, v. 4, p. 473-491, 2014.

MUNFORD, D e LIMA, M.E.C.C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio**. v.9, n.1, 2007. Disponível em: <http://www.cecimig.fae.ufmg.br/ensaio/volumes/volume-9-1>>. Acesso em jan. 2016.

NETO, Hélio da Silva Messeder; DE MORADILLO, Edilson Fortuna. O lúdico no ensino de química: considerações a partir da psicologia histórico-cultural. **Química nova na escola**, 2016.

OLIVEIRA, Antonio L. et al. O jogo educativo como recurso interdisciplinar no ensino de química. 2018. Quím. nova esc. – São Paulo-SP, BR. Vol. 40, N° 2, p. 89-96, MAIO 2018

OLIVEIRA, PMC de; DECHOUM, K .. Facilitando a compreensão da segunda lei da termodinâmica. **Rev. Bras. Ensino Fís.** , São Paulo, v. 25, n. 4, pág. 359-363, dezembro de 2003.

PAIVA, Maria Mabelle Pereira Costa; DA FONSECA, Aluísio Marques; COLARES, Regilany Paulo. Estratégias didáticas potencializadoras no ensino e aprendizagem de química. **Revista de Estudos em Educação e Diversidade-REED**, v. 3, n. 7, p. 1-25, 2022.

PAULETTI, Fabiana; ROSA, Marcelo Prado Amaral; CATELLI, Francisco. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 3, 2014.

PAZ, G. de L. et al. Dificuldades no ensino-aprendizagem de química no ensino médio em algumas escolas públicas da região sudeste de Teresina. **Simpósio de Produção Científica e IX Seminário de Iniciação Científica**, p. 1-14, 2010.

PRIGOGINE, I. (1987), Autobiography. **Phycalia Magazine**, n.9, pp.262-311. Tradução de: **Margem**, São Paulo, n. 17, p. 221-233, jun.2003.

PRSYBYCIEM, Moises Marques; SILVEIRA, R. M. C. F.; SAUER, Elenise. Experimentação investigativa no ensino de química em um enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 3, p. 602-625, 2018.

ROSINI, Fabiana; NASCENTES, Clésia C.; NÓBREGA, Joaquim A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. **Quim. Nova**, v. 27, n. 6, p. 1012-1015, 2004.

SÁ, E. F. **Discursos de professores sobre o ensino de Ciências por investigação**. 2009. Nº fl. 203 Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte, 2009.

SANTOS, J. C. Furtado dos. **O papel do professor na promoção da aprendizagem significativa**. 2010. Disponível em: <http://www.juliofurtado.com.br/papeldoprof.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2015.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, p. 95-111, 2001.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; PORTO, Paulo Alves. A pesquisa em ensino de química como área estratégica para o desenvolvimento da química. **Química Nova**, v. 36, p. 1570-1576, 2013.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Educação em química: compromisso com a cidadania. Ijuí: Editora da Unijuí, 2010.

SCHNETLZER, R. Apontamentos sobre a história do ensino de química no Brasil. In: SANTOS, W.L.P. e MALDANER, O.A. (Orgs). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010, p. 51-75. (Coleção Educação em Química).

SOUZA, Paulo Victor S.; DIAS, Penha M. Cardozo; SANTOS, Filipe M.P. dos. Ensinando a natureza estatística da segunda lei da termodinâmica no ensino médio. **Rev. Bras. Ensino Fis.**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 1-9, jun. 2013.

SUART, Rita de Cássia; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; LAMAS, Maria Fernanda Penteado. A estratégia "Laboratório Aberto" para a construção do conceito de temperatura de ebulição e a manifestação de habilidades cognitivas. **Química nova na escola**, v. 32, n. 3, p. 200-207, 2010.

VASCONCELOS, Flávia Cristina Gomes Catunda de; ARROIO, Agnaldo. Explorando as percepções de professores em serviço sobre as visualizações no ensino de química. **Química Nova**, v. 36, p. 1242-1247, 2013.

WARTHA, Edson José; SILVA, EL da; BEJARANO, Nelson Rui Ribas. Cotidiano e contextualização no ensino de química. **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

ZANON, Dulcimeire Aparecida Volante; GUERREIRO, Manoel Augusto; OLIVEIRA, Robson Caldas. Jogo didático Ludo Químico para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos: projeto, produção, aplicação e avaliação. **Ciências & Cognição**, v. 13, n. 1, 2008.

ZULIANI, Silvia Regina Quijadas Aro. **Prática de ensino de química e metodologia investigativa**: uma leitura fenomenológica a partir da semiótica social. 2006.

APÊNDICE A**QUESTIONÁRIO PARA PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO**

1. Você achou pertinente o uso do ensino investigativo no nosso trabalho? Caso afirmativo, justifique sua resposta.

2. Na atividade "A VAPORIZAÇÃO DA ÁGUA", você acha que os alunos conseguem relacionar o surgimento de bolhas antes da temperatura atingir 100° com a energia das moléculas de água?

3. Como você avalia a parte do texto em que apresentamos a relação entre a temperatura de vaporização da água e as forças intermoleculares?

4. Na pergunta 4 da atividade 1, que explora o motivo pelo qual soprmos um alimento quente para resfriá-lo, você acha essa atividade pertinente?

5. Na atividade 2, "UM JOGO BEM INTERESSANTE", você acha que fica claro para o aluno que a energia total das partículas em um sistema oscila?

6. Sobre a atividade 3, "O ESTADO METAESTÁVEL", na sua opinião, fica claro a discussão sobre a energia envolvida?

7. Você considera que a atividade 3, que introduz a noção de distribuição de energia das moléculas e sua relação com a entropia, foi eficaz para os alunos?

8. Como você avalia o experimento realizado na atividade 4, "ENTENDENDO A DISTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA"?

9. Na etapa final do trabalho, em que o MANUAL será disponibilizado para avaliação, você acredita que essa ferramenta será útil para auxiliar outros professores do ensino médio na abordagem dos conceitos apresentados? Que sugestões você teria para aprimorar o MANUAL?

10. Por fim, considerando todo o trabalho realizado e a metodologia empregada, você acredita que os alunos obtiveram uma compreensão sólida dos conceitos relacionados à distribuição da energia das partículas? Houve algum aspecto que poderia ser aprimorado para melhorar a aprendizagem dos estudantes?

APÊNDICE

MANUAL SOBRE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA DAS PARTÍCULAS PARA O PROFESSOR DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO

ANDERSON DIEGO DE FREITAS

1 – Apresentação

Esse manual é parte da dissertação apresentada ao programa de pós-graduação do mestrado profissional em química em rede nacional, visto que o mesmo é requisito obrigatório para a obtenção do título de mestre em química no referido programa como consta na portaria 131/2017 da CAPES e na portaria MEC n.389/2017. A proposta desse trabalho é a de apresentar um material didático para professores que possibilite discutir em sala de aula aspectos relacionados a distribuição de energia, levando em consideração o conceito da entropia, fazendo-se uso da termodinâmica estatística a partir da fundamentação de Boltzmann.

2 – Um breve histórico da segunda lei

Nicolas Leonard Sadi Carnot em 1824 enunciou um princípio, no qual o funcionamento de uma máquina térmica ocorre no trânsito do calórico de uma fonte quente para uma fonte fria; onde ocorre a produção de trabalho proveniente da expansão do gás e o calórico é conservado nesse processo.

Por volta de 1850, Rudolf Clausius entende que o calor (não mais calórico) não pode ser conservado: Uma parte seria convertida em trabalho, e parte seria transferida para a fonte fria. Essas observações foram concluídas com base nos resultados de James Joule (1843). Fazendo uso de um teorema anteriormente proposto por Sadi Carnot, Clausius introduz o princípio de que o calor tende a equalizar temperaturas, sendo assim flui do corpo quente para o corpo frio, de maneira espontânea. Este princípio serviu para demonstrar que duas máquinas operando entre temperaturas iguais, mas usando substâncias diferentes produzem a mesma quantidade de trabalho.

Em 1854, Clausius explora a ideia original de Carnot de que “alguma coisa” deve ser conservada ao fechar um ciclo, se for para reiniciar um novo ciclo da máquina. Com essa exploração mais uma grande contribuição de Rudolf Clausius surge para a teoria do Calor. A ideia construída por Clausius é que ao se fechar um ciclo da máquina há um “cancelamento de operações”, o significado desse “cancelamento” é que as duas operações distinguida na máquina se cancelam após um ciclo fechado; as operações são: transporte de calor (de uma fonte quente para uma fonte fria) e produção de trabalho. Algebricamente esse “cancelamento” é atribuído a uma função de temperatura a cada operação.

Aplicando o conceito do acoplamento de duas máquinas, uma operando no sentido direto (realizando trabalho a partir do calor) e outra, no inverso (de usar trabalho para transferir calor de uma fonte fria para uma fonte quente); chega ao resultado, após longos cálculos de que o “cancelamento” é traduzido na expressão $dS = dQ/T$, onde S,Q,T são, respectivamente, entropia, calor transferido(cedido ou recebido pela máquina) e a temperatura em que a transferência de calor se dá. Clausius, em 1865, cria a expressão **entropia**, um nome que segundo o mesmo, lembra “energia”.

James Clerk Maxwell, em meados do século XIX, argumentou que a segunda lei é de caráter estatístico. Partindo do pressuposto que um gás a uma determinada temperatura preenche dois compartimentos de um recipiente, de acordo com a segunda lei, do ponto de vista macroscópico, uma vez atingido o equilíbrio térmico, esse equilíbrio deve permanecer. Maxwell argumenta em mostrar que isso não é absolutamente verdadeiro, pois um ser que seja capaz de interagir com as moléculas de um gás pode retroceder a segunda lei, aquecendo o gás em um dos compartimentos e o esfriando em outro compartimento.

Ludwing Boltzmann, no final do século XIX, propôs e demonstrou o teorema - H, inicialmente um gás fora do equilíbrio termodinâmico após algum tempo, atinge o equilíbrio, como consequência das múltiplas colisões entre suas moléculas. Esse processo é irreversível e a irreversibilidade é descrita pela existência da função H; o estado do gás é matematicamente descrito por uma distribuição de velocidades das moléculas e, em particular o estado de equilíbrio é descrito pela distribuição de Maxwell-Boltzmann. O teorema proposto por Boltzmann recebeu graves críticas, uma vez que o teorema era estatístico, porém em sua demonstração apresentava o caráter muito mais mecânico e não estatístico, pois as leis da mecânica reversíveis e

revertendo as velocidades de todas as moléculas do gás, ele deve retornar à sua condição inicial; então, para estados que levam a diminuição de H, há outros que levam ao aumento.

Após as críticas, Boltzmann desenvolve uma expressão para a segunda lei, obtida por contagem de microestados (Ω) das moléculas de um gás

$$S = - k \ln \Omega,$$

onde S é a entropia e k a constante de Boltzmann.

Em 1877, através da formulação estatística de Ludwig Boltzmann a entropia foi relacionada com o número de estados possíveis para um determinado sistema, desse modo a entropia passou a ser descrita como uma medida da “desordem” de um sistema.

A demonstração de Boltzmann, na verdade, relaciona a entropia com o número de estados possíveis para um dado sistema, desde que a energia total do sistema seja preservada. Com isso o número de estados possíveis de um sistema, em um processo espontâneo sempre ocorre pelo “trajeto” que apresentar o estado com maiores possibilidades possível, maior probabilidade, é assim que a entropia é fundamentada.

Segundo Silva (2020), um aumento da entropia em processos espontâneos é fundamental no estudo dos processos químicos, daí a importância de se discutir a entropia na formulação estatística de Boltzmann, mesmo que de forma qualitativa, através de experimentos voltados para turmas de química no ensino médio. Entendemos que trazendo uma discussão sobre a entropia para a sala de aula fazendo uso dos fundamentos da formulação de Boltzmann, fortaleceremos o aprendizado dos alunos em um tema que sempre foi considerado complexo e abstrato para quem se inicia no estudo dos processos químicos.

A interpretação probabilística de Boltzmann e o princípio dela decorrente, conhecido como o princípio da ordem de Boltzmann, permite prever a formação de estruturas físicas ordenadas e descrever a coexistência de fases num sistema em equilíbrio. A termodinâmica do equilíbrio oferece uma resposta satisfatória para um número enorme de fenômenos físico-químicos, mais é insuficiente para descrever sistemas abertos, os quais não se sujeitam ao formalismo dos sistemas fechados

por alimentarem-se do fluxo de matéria e de energia que lhes vem do mundo externo, por isso pode-se até se isolar um cristal perfeito, mas uma célula não sobreviveria separada do seu meio (Conceição, 2010).

2.1 – A proposta pedagógica

A proposta deste manual é a de apresentar atividades usando o ensino investigativo para discutir com os alunos evidências da distribuição da energia das partículas (átomos ou moléculas), fator fundamental e determinante na realização de qualquer processo na natureza, sejam eles processos físicos ou químicos. Este manual contém uma sequência de atividades, que é direcionada para o 2º Ano do ensino médio por também estar relacionada com conteúdo exclusiva do Ensino Médio.

2.2 – Atividade 1: A vaporização da água

Um bom exemplo para iniciar a nossa discussão é observar com os alunos o aquecimento de uma quantidade de água até que a mesma comece a vaporizar, monitorando a temperatura. Baseado no ensino investigativo, começamos perguntando aos alunos por que surgem pequenas bolhas que se desprendem em locais isolados no recipiente (béquer ou qualquer outro recipiente) mesmo a temperatura não tendo chegado aos 100°C. Ora, aí começa toda a discussão e nesse ponto começaremos a introduzir a questão da energia das partículas, no caso as moléculas de água. Apresentaremos aos alunos um texto sobre a vaporização da água e a relação entre a temperatura de ebulição e as forças de atração entre as moléculas de um líquido.

Um questionário será aplicado na turma com o propósito de verificar se os princípios básicos contidos no texto e discutido com os alunos levou à construção do conhecimento envolvido no processo de vaporização. Além disso, como o texto afirma que o aquecimento da água diretamente na chama é “turbulento”, tentaremos detectar também se esse fato despertaria alguma relação com o fato de o aquecimento ser feito de forma diferente como em um forno de micro-ondas.

As perguntas serão as seguintes:

- 1- A água pode receber calor e sua temperatura não aumentar? _____
- 2- Quando aquecemos água na chama de um fogão qual será a maior temperatura que a água vai atingir? _____
- 3- Você acha que o aquecimento da água em forno de micro-ondas levaria normalmente a água à ebulição?
- 4- Porque soprmos um alimento quente a fim de esfriá-lo?

Na pergunta 4 vamos um pouco mais além, procurando detectar nos alunos o processo inverso que ocorre com a troca de energia das partículas que resulta no resfriamento.

COMENTÁRIO:

Nessa demonstração experimental a transferência de calor se propaga do recipiente (a ser aquecido) para o líquido através da condução térmica. O monitoramento da vaporização com o auxílio de um termômetro evidenciará que “bolhas” começam a se desprender do líquido (vaporizar) antes mesmo do ponto de ebulição ser atingido (100°C). Diante dessa observação é possível conduzir o raciocínio dos alunos para a interpretação estatística do ponto de ebulição, ou seja, o ponto de ebulição não é um valor fixo do ponto de vista energético, mas sim uma média das energias das partículas distribuídas no líquido.

APÊNDICE

O TEXTO BASE

Compreendendo a vaporização da água

A vaporização ou ebulição é como chamamos à transição entre os estados líquidos e vapor. O contrário da vaporização é a condensação, ou seja, a passagem do estado de vapor para o estado líquido. É importante frisar qual a diferença entre gás e vapor. Dizemos que uma substância é um gás quando nas condições normais de temperatura (25°C) e pressão (1 atmosfera) essa substância se apresenta no estado gasoso. Quando a substância nas condições normais de temperatura e pressão se apresenta como um líquido e ao receber calor sofre a vaporização (ou ebulição), ela passa para o estado gasoso, que não é seu estado normal, por isso se

diz que ela está na forma de vapor. Se retirarmos o calor cedido ela voltará ao estado líquido.

Para uma substância passar do estado líquido para o estado de vapor é necessário que a mesma absorva (ganhe) energia, geralmente na forma de calor. A energia absorvida aumenta a agitação das moléculas, a energia cinética das moléculas aumenta. O aquecimento de substâncias em uma mudança de fase dar-se principalmente de duas maneiras: aquecimento na chama e aquecimento por radiação eletromagnética.

No aquecimento por chama temos a transferência de calor pela condução térmica, nesse caso é necessário que um recipiente seja aquecido pela chama. No caso do aquecimento por radiação eletromagnética geralmente utiliza-se um forno do tipo micro-ondas, nessa forma de transferência de calor a substância previamente posta em um recipiente absorve a energia das ondas. Nesse caso o aquecimento ocorre de dentro para fora da substância.

O estado físico de uma substância é determinado pelo movimento de suas partículas. O estado sólido é aquele em que as partículas de uma substância se movem muito pouco. No estado líquido as partículas já possuem mais mobilidade. O estado gasoso é aquele em que as partículas possuem maior mobilidade, as distâncias entre as partículas são enormes e dessa forma podem ocupar volumes imensos.

Mas vejamos o exemplo clássico da água. Na temperatura ambiente a água está no estado líquido. Imagine que você tem um recipiente tipo uma panela cheia de água e começa a aquecê-la na chama de um fogão. A água na panela vai começar a receber calor e sua temperatura vai começar a aumentar. Calor ganho nesse caso resulta no aumento da temperatura da água e as moléculas de água se movimentam com mais energia. Quando uma substância ganha energia em forma de calor, a agitação de suas partículas aumenta, aumenta também sua temperatura. No caso do aquecimento acontecer em um recipiente (panela) através da tradicional chama ou bico de gás. O aquecimento se dá pela transferência de calor diretamente da panela para a água e é muito turbulento facilitando a ebulição do líquido.

A temperatura da água vai subir até chegar em _____ °C.

Você continua a aquecer a água e aí a temperatura não sobe mais. A água está em _____. Veja que interessante, você continua aquecendo a água mas a temperatura não aumenta. A energia (calor) ganha pela água serve para

mudar o seu estado de líquido para vapor, não muda a sua temperatura. A energia absorvida em forma de calor pela água é usada para realizar o “esforço” de pegar as moléculas da água no estado líquido e conduzi-las ao estado de vapor.

A temperatura na qual a substância não suporta mais ficar no estado líquido e entra em ebulição é a “temperatura de vaporização”. Na verdade, bem antes da água atingir a temperatura de _____ °C, várias moléculas da água já começam a atingir a energia necessária para passar para o estado de vapor. Elas conseguem atingir a energia para vaporizar através dos choques com outras partículas. Se você olhar para o céu verá várias nuvens, que por sua vez são constituídas de moléculas de água na forma de vapor. Ora, sabemos que a temperatura de vaporização da água é de 100°C, aí vem a pergunta, onde é que tem tanta água fervendo no nosso planeta para produzir tantas nuvens? Você saberia explicar como as nuvens são formadas?

Não devemos também esquecer que a água ferve a 100°C porque estamos ao nível do mar, onde a pressão é 1 atmosfera. Nos locais mais altos, onde a pressão atmosférica é menor, a água ferve a menos de 100°C. O raciocínio inverso também acontece, em locais onde a pressão atmosférica é maior, a água ferve a mais de 100°C, é o que acontece com a água em uma panela de pressão. Nesse caso a água ferve a mais de 100°C e isso faz os alimentos cozinharem mais rápidos economizando o gás de cozinha. Além de ter estreita relação com a pressão, outros fatores poderão fazer a temperatura de vaporização da água aumentar. Existe um caso especial em que a temperatura da água pode ultrapassar a temperatura de vaporização e não acontecer a ebulição, quando isso ocorre dizemos que aconteceu o “superaquecimento” e que aconteceu o “estado metaestável da água”.

Quando as forças de atração entre as moléculas de um líquido são fortes, a quantidade de calor para esse líquido vaporizar é grande e nesse caso, a temperatura de vaporização desse líquido será alta ou baixa? _____. A água é um líquido que tem forças fortes de atração entre as suas moléculas, por isso sua temperatura de vaporização de _____ °C é considerada alta. O álcool etílico por exemplo ferve a 76°C, bem menos que a água, isso significa que suas partículas possuem forças de atração mais _____ (fortes ou fracas?) quando comparadas com as forças existentes entre as moléculas da água.

Mas o que faz a água ser uma substância com uma temperatura de vaporização tão alta? A resposta está numa propriedade chamada polaridade. A

água tem uma estrutura molecular simples. Ela é composta de um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio.

Cada átomo de hidrogênio liga-se covalentemente ao átomo de oxigênio, compartilhando com ele um par de elétrons. O oxigênio também tem um par de elétrons não compartilhados. Assim, há 4 pares de elétrons em torno do átomo de oxigênio, dois deles envolvidos nas ligações covalentes com os átomos de hidrogênio e dois pares não-compartilhados.

A água é uma molécula "polar", o que quer dizer que ela tem uma distribuição desigual dos elétrons. A água tem uma carga negativa parcial junto ao átomo de oxigênio por causa dos pares de elétrons não-compartilhados, e tem cargas positivas parciais junto aos átomos de hidrogênio.

A atração eletrostática entre as cargas positivas parciais dos átomos de hidrogênio de uma molécula de água e a carga negativa parcial do átomo de oxigênio de outra molécula de água resulta na formação de uma atração denominada "ligação" de hidrogênio. Tais atrações permitem a união entre as moléculas de água e por isso são consideradas um outro tipo de ligação química mais fraca chamada "ligação de hidrogênio". Sem as ligações de hidrogênio, a temperatura de ebulição da água poderia chegar a -80°C , existindo na superfície terrestre somente na forma de vapor. Você saberia explicar porquê?

2.3 – Atividade 2: Monte Carlo: uma simulação bem interessante.

Realizar um jogo gráfico que apresente o comportamento estatístico das moléculas, tentando manter uma média. Durante a Segunda Guerra Mundial uma técnica de simulação conhecida como Método Monte Carlo. Esse nome foi dado em homenagem "à cidade dos jogos e serviu como código de guerra. O jogo Monte Carlo representa uma simulação técnica teórica para melhor compreender o conceito estatístico da partição de energia das moléculas. No jogo para dois estudantes devem-se obedecer aos seguintes passos:

- ✚ Cada estudante (estudante A e estudante B) desenha as colunas, com dez posições cada, ilustrado seguir:

Quadro 1: Posição inicial

Aluno A	Aluno B
x	
x	
x	
x	
x	
x	
x	
x	
x	
x	
x	

Fonte: Braga J, 2002

Em que **x** indica que as posições estão ocupadas.

O estudante A sorteia, aleatoriamente, um número entre um e dez. A escolha pode ser feita num estudo preliminar, picando-se e numerando-se papéis de tamanhos iguais. Se A sorteou, por exemplo, o número cinco, ele fornecerá o seu **x**, da quinta posição para B. A nova disposição será:

Quadro 2: Mudanças de posições durante o sorteio

Aluno A	Aluno B
x	
x	
x	
x	
	x
x	
x	
x	
x	
x	

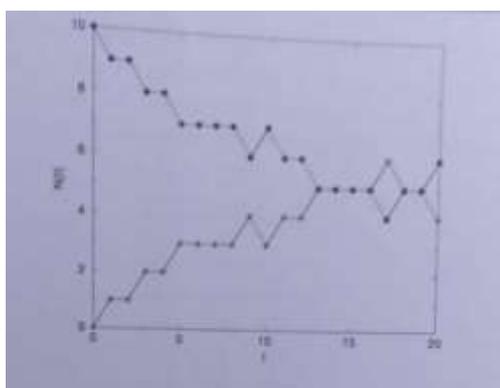
Fonte: Braga J, 2002

✚ Agora B sorteia, da mesma maneira, um número entre um e dez. Se sortear uma posição vazia nada acontece, entretanto, se sortear uma posição que contém um **x**, ele devolve esse **x** para A. O jogo prossegue pelo tempo

desejado. Considerando cada sorteio uma unidade de tempo, pode-se fazer o gráfico do número de x de A e B, denotados, respectivamente, por $N_{p,A}$ e $N_{p,B}$.

- ✚ Esse jogo pode ser representativo da distribuição de energia entre as partículas em um sistema, como um gás. Cada rodada de sorteio representa um evento onde as partículas (representadas pelos x) colidem entre si. Se uma posição vazia for sorteada, nenhum evento ocorre, mas se um x for encontrado, ele é transferido para o jogador A. Isso reflete o conceito de colisões entre partículas em um gás, onde, em algumas colisões, a energia é transferida entre as partículas.
- ✚ Ao longo do jogo, o número de x de A ($N_{p,A}$) e de B ($N_{p,B}$) pode flutuar, dependendo dos resultados dos sorteios. Isso pode ilustrar como a energia se distribui entre as partículas em um sistema, às vezes concentrando-se mais em um jogador do que no outro, dependendo das colisões (sorteios) que ocorrem ao longo do tempo. Essa analogia oferece uma maneira simplificada de visualizar como a distribuição de energia em um sistema se modifica devido às interações entre as partículas.

Figura 1 – Números de partículas em função do tempo, para $N = 10$.



Fonte: Braga J, 2002

COMENTÁRIO:

O jogo apresentado tem o objetivo de demonstrar as interações e o comportamento energético de um gás difundido. Uma vez espalhado entre A e B os x , sorteados pode retornar espontaneamente às condições iniciais (todos os x na coluna A)?

Cada possível “disposição” dos x , entre as colunas A e B representa uma configuração possível do gás, na qual chamamos de microestados. A quantidade de microestados é imensa e a cada acréscimo de x , aumentamos cada vez mais a quantidade de microestados possíveis.

Por fim, uma vez que os x estiverem espalhados, a probabilidade de retornar as condições iniciais é remota. Assim, levando em consideração a estatística de Boltzmann uma vez difundida as moléculas de um gás a reversibilidade do processo são praticamente impossíveis. Através desse jogo é possível chegar a conclusão estatística da distribuição de energia das partículas.

2.4 – Atividade 3: O estado metaestável

Demonstrar evidências experimentais da partição de energia das partículas: o caso do estado metaestável.

A comprovação do estado metaestável é apresentada como complementação aos conteúdos tratados no texto inicial, que a princípio parecerá contraditório para os alunos que poderão se perguntar: “mas a temperatura de ebulição da água não é 100 ° C? Algo está errado”. Mas ao verificar novamente o texto, o aluno perceberá que a forma de aquecimento do microondas estará relacionada com o que observarão. A atividade proposta fará uso de um forno micro-ondas e poderá ser realizada em um laboratório que possua os requisitos básicos mínimos como instalação elétrica, bancada e bico de gás. O experimento deve ser conduzido pelo professor da turma para evitar acidentes.

Na primeira etapa usa-se um béquer de 500 ml contendo aproximadamente 250 ml de água destilada. Para finalizar o arranjo experimental será utilizado um bico de gás que será usado para o aquecimento desejado. Deve-se levar o béquer ao fogo. Monitorar o tempo, a vaporização e a temperatura marcada em um termômetro.

A segunda etapa também consiste em aquecer água, só que dessa vez em por meio de radiação eletromagnética, ou seja, faremos uso de um forno micro-ondas, a mesma quantidade de água será aquecida no forno micro-ondas em tempo indicado no manual do fabricante.

O prato giratório do equipamento deve ser removido e em seu lugar deve ser colocada uma tigela de vidro invertida. O béquer com a água a ser aquecida ficará

apoiada sobre a tigela invertida, que não fará movimentos rotatórios, ficará imóvel. Com o béquer parado, o aquecimento no micro-ondas além de ocorrer através da transferência da energia das ondas, acontece também sem a turbulência característica do aquecimento na chama.

Com o uso do termômetro, registramos a temperatura da água antes do aquecimento e logo a seguir iniciamos o aquecimento na potência e tempo indicados pelo manual do equipamento. Registramos a temperatura da água aquecida e aí a surpresa para espanto de todos, a temperatura registrada no termômetro está acima dos 100°C . As Figuras 2 e 3 abaixo mostram casos de superaquecimento da água.

Figura 2– Detectando temperaturas superiores à do ponto de ebulição da água



Fonte: Silvera, 2004

Figura 3 - Superaquecimento de água destilada no forno microondas



Fonte: Silvera, 2004

Nessa etapa, o professor é parte das discussões, tentando mostrar aos alunos a importância da verificação experimental que acabaram de comprovar e até onde vai as concepções que os mesmos possuíam sobre a temperatura de vaporização. Nesse ponto, de forma bem subliminar o professor tenta mostrar aos alunos a diferença nas formas de aquecimento realizadas entre a chama e o forno micro-ondas e destaca a comprovação de estado extremamente energéticos das partículas da água, que atinge temperaturas acima dos 100°C e não entram em ebulição.

COMENTÁRIO:

É claro que na maior parte do texto base que utilizamos para iniciar os alunos na intervenção em sala de aula não foi dado muito destaque à questão do superaquecimento. A maior parte do texto trata do assunto na forma mais tradicional. Portanto, a medição de temperatura acima de 100°C para a água que será constatada, uma coisa é ler a descrição de um fato em um texto, outra coisa é a comprovação experimental.

Ao observar com os alunos a temperatura da água acima dos 100°C , o professor iniciará o que chamamos na Metodologia do Ensino por Investigação de “Problema Aberto” que é caracterizada por conter aspecto quantitativo na discussão, a temperatura. Nessa etapa, a nossa proposta permite ao professor uma discussão extremamente rica com os alunos. Uma oportunidade ímpar porque foi conduzida de modo a despertar a investigação do fenômeno. Nessa etapa o professor poderá perceber sempre aqueles alunos que irão se destacar ao afirmarem que a forma diferente de aquecimento do forno micro-ondas poderá ter sido um fator determinante no fenômeno que acabaram de presenciar

Neste experimento temos a demonstração de um estado de transição energética de fase, o estado metaestável. O estado metaestável é um estado de baixa estabilidade energética, no exemplo demonstrado temos o superaquecimento da água, ou seja, a água foi aquecida a temperaturas superiores ao seu ponto de ebulição e não vaporizou. O superaquecimento se dá porque nesta temperatura a água deveria estar, devido à baixa estabilidade do sistema uma “mínima perturbação” poderá levar o sistema a um estado de agregação da matéria de menor energia naquelas condições, que seria o estado gasoso.

A partir de um sistema metaestável, neste caso superaquecimento, é possível evidenciar mais uma vez o aspecto estatístico da distribuição de energia das partículas. A termodinâmica estatística é de fundamental importância para a explicação de diversos fenômenos corriqueiros.

2.5 – Atividade 4: Será só a temperatura a causadora da “desordem”?

No seguinte experimento teremos as duas misturas (água + corante), ambas na mesma temperatura. As duas misturas são colocadas no aquário que agora uma parede móvel separando os líquidos. A parede móvel é retirada lentamente para evitar turbulência nos líquidos.

Na Figura 03, verificamos que ao levantarmos a parede, os dois líquidos que se encontravam na mesma temperatura, se misturam facilmente, gerando uma solução de coloração violeta ao centro do recipiente. Porém fica no ar a seguinte pergunta: porque estando na mesma temperatura os líquidos se misturaram? Qual realmente a participação da temperatura no processo de mistura dos líquidos? A resposta para esses e outros questionamentos nos será dada quando investigarmos como esse processo ocorre a nível microscópico ou molecular para então podermos entender o que de fato se visualiza a nível macroscópico.

Figura 4 - Mistura contendo água, líquido quente (laranja) e frio (em azul) se misturando



Fonte: E Silva, 2020

COMENTÁRIO

Esse experimento foi idealizado teoricamente pelo físico norte-americano Richard Feynman em seu livro “Sobre as leis da física” (Feynman, 2012), adaptamos suas ideias sobre a irreversibilidade nesse experimento. Nesse caso o experimento nos traz uma discussão que foi iniciada no experimento anterior, sobre a questão de a diferença de temperatura ser a grande responsável pela mistura dos líquidos. Agora, com as misturas dos corantes na mesma temperatura os alunos vão ter que imaginar outros fatores que possam explicar a mistura dos líquidos.

Aproveitamos esse experimento para introduzir de forma qualitativa noções acerca da distribuição de energia que as moléculas apresentam, dessa forma mostraremos aos alunos de Química do ensino médio as bases conceituais da Termodinâmica Estatística, ponto fundamental para o entendimento da irreversibilidade dos processos químicos.

Não vamos discutir a diferença da natureza entre as moléculas de água e dos corantes, na verdade porque esse aspecto não assume real importância na discussão da mistura que acontece. A discussão é feita em cima do aspecto estatístico da energia apresentada pelas moléculas, ou seja, a distribuição de energia. A mistura ocorre lentamente porque embora a temperatura das misturas sejam a mesma, o que ocorre é que a temperatura a que nos referimos na verdade representa uma “média” da temperatura que cada partícula apresentaria. A temperatura é uma grandeza que mede indiretamente a energia das partículas, temperatura alta, mais energia, temperatura baixa, menos energia.

Como a temperatura representa uma média, isso significa que a energia das partículas também possui uma média e conseqüentemente existe um número de moléculas com energia acima da média e são essas moléculas que se movem com mais frequência, se chocando com as moléculas vizinhas, dessa forma a mistura dos líquidos vai acontecendo. Com esta explicação estamos fazendo uso da interpretação molecular da segunda lei da termodinâmica, introduzida por Boltzmann.

Segundo Boltzmann, a distribuição das moléculas nos diversos valores (níveis) de energia está diretamente relacionada com a entropia, pois foi através de sua famosa expressão $S = K \cdot \ln W$, que ele propôs que a entropia de um sistema S seria uma função do número de microestados de energia, ou seja, o número de

maneiras pelas quais, as moléculas de um sistema podem ser distribuídas, mantendo-se a energia total do sistema constante.

Em verdade, quando dizemos que um sistema está “desordenado”, a nível microscópico, estamos nos referindo a um sistema com um número maior de microestados associados à mesma energia total, e que levaria a uma maior distribuição das partículas nos diferentes valores da energia.

No caso do primeiro experimento, as moléculas de água no líquido em laranja, ou seja, com maior temperatura estão distribuídas em um número maior de microestados de energia maior do que as moléculas de água no líquido em azul, por isso a água com corante laranja se mistura com maior velocidade, diferentemente da água com corante azul.

REFERÊNCIAS

ATKINS, Peter; De Paula, Júlio. **Físico-Química**, Vol 1, 8ª ed, Editora LTC, Rio de Janeiro, 2006.

BRAGA, J. P.; **Físico-química: Aspectos Moleculares e Fenomenológicos**, Ed. UFV: Viçosa, 2002.

AURANI, Katya. **As origens da segunda lei da termodinâmica**: entropia e probabilidade de estado, Editora UFABC, São Bernardo do Campo - SP, 2015.

E SILVA, Tiago de Souza. **Entropia e Termodinâmica Estatística: uma proposta para Química no Ensino Médio**. Recife, janeiro de 2020.

FEYNMAN, R. P., **Sobre as leis da Física**, Tradução Marcel Novais, Rio de Janeiro, 2012.

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

GUIMARAES, Cleidson. **Experimentação no Ensino de Química**: Caminho e Descaminhos Rumo à Aprendizagem significativa, Revista Química Nova na Escola Vol 31 N 3, Agosto de 2009. P1.

KOTZ, John C. **Química geral e reações químicas**, Vol 2, Editora CENGAGE, São Paulo- SP, 2016.

SOUZA, Paulo Victor S.; DIAS, Penha M. Cardozo; SANTOS, Filipe M.P. dos. Ensinando a natureza estatística da segunda lei da termodinâmica no ensino médio. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 35, n. 2, p. 1-9, jun. 2013 .

SCHNETLZER, R. Apontamentos sobre a história do ensino de química no Brasil. In: SANTOS, W.L.P. e MALDANER, O.A. (Orgs). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010, p. 51-75. (Coleção Educação em Química).