

<https://doi.org/10.56117/ReSBEnQ.2021.v2.e022109>

Integração entre o método Jigsaw e a experimentação investigativa para o estudo de cinética química¹

Integration between the Jigsaw method and investigative experimentation for the study of chemical kinetics

Integración entre el método Jigsaw y la experimentación investigativa para el estudio de la cinética química

Fernanda Garcia de Almeida (fergarciaalmeida@gmail.com)
Universidade Estadual de Londrina
<https://orcid.org/0000-0002-2060-9695>

Fabiele Cristiane Dias Broietti (fabieledias@uel.br)
Universidade Estadual de Londrina
<http://orcid.org/0000-0002-0638-3036>

Viviane Arrigo (viviane_arrigo@hotmail.com)
Universidade Estadual de Londrina
<http://orcid.org/0000-0002-0683-8387>

Natany Dayani de Souza Assai (natanyassai@gmail.com)
Universidade Federal Fluminense
<https://orcid.org/0000-0002-0851-9187>

Resumo

O objetivo deste trabalho consiste em apresentar resultados da implementação de uma proposta didática que congrega o método Jigsaw e a experimentação investigativa no estudo de cinética química. A elaboração da proposta ocorreu no âmbito de uma disciplina de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado, ministrada para o 4º ano do Curso de Licenciatura em Química, e foi implementada em um curso ministrado para oito estudantes de distintos cursos de graduação (Ciências Biológicas, Química e Letras), em um evento promovido pela Pró-Reitoria de Graduação. A proposta pautou-se em quatro situações-problema abordando os fatores que influenciam na velocidade das reações químicas. As respostas dos estudantes às situações-problema, na primeira etapa do curso, bem como após a realização dos experimentos, compuseram o corpus da análise. Os dados foram analisados seguindo os pressupostos da Análise de Conteúdo,

¹ Este artigo é uma versão ampliada e rediscutida do trabalho publicado nos Anais do XX Encontro Nacional de Ensino de Química realizado de forma virtual entre os dias 8 e 11 de março de 2021.

estabelecendo-se quatro categorias em que foram alocadas as respostas expressa pelos estudantes, sendo essas: (C1) - Respostas sem justificativas; (C2) - Respostas com justificativa, entretanto, sem relação com conceitos da cinética química; (C3) - Respostas com justificativa a partir de conceitos da cinética química, entretanto, sem estabelecer relações entre os conceitos e (C4) - Respostas com justificativa a partir de conceitos da cinética química e que estabelecem relações entre os conceitos. Nesse contexto investigativo destacamos que a proposta, na forma como foi organizada, favoreceu a participação ativa dos estudantes tanto na condução dos experimentos quanto nas discussões, além de possibilitar a (re)elaboração conceitual por parte dos estudantes no estudo de conceitos de cinética química.

Palavras-chave: Jigsaw. Experimentação investigativa. Cinética química.

Abstract

The objective of this work is to present results of the implementation of a didactic proposal that brings together the Jigsaw method and investigative experimentation in the study of chemical kinetics. The preparation of the proposal took place within the scope of a discipline of Teaching Practice and Supervised Internship, taught for the 4th year of the Chemistry Degree Course and was implemented in a course taught to eight students from different undergraduate courses (biological sciences, chemistry and letters), in an event promoted by the Dean of Graduation. The proposal was based on four problem situations addressing the factors that influence the speed of chemical reactions. The students' responses to the problem-situations in the first stage of the course, as well as after the experiments were carried out, composed the corpus of the analysis. The data were analyzed following the assumptions of Content Analysis, establishing four categories in which the responses expressed by the students were allocated, namely: (C1) - Answers without justification; (C2) - Answers with justification, however, unrelated to concepts of chemical kinetics; (C3) - Answers with justification based on concepts of chemical kinetics, however, without establishing relationships between the concepts and (C4) - Answers with justification based on concepts of chemical kinetics and that establish relationships between the concepts. In this investigative context, we emphasize that the proposal, in the way it was organized, favored the active participation of students both in conducting the experiments and in the discussions, in addition to enabling the conceptual (re)elaboration by the students in the study of chemical kinetics concepts.

Keywords: Jigsaw. Investigative experimentation. Chemical kinetics.

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados de la implementación de una propuesta didáctica que aúna el método Jigsaw y la experimentación investigativa en el estudio de la cinética química. La elaboración de la propuesta se realizó en el ámbito de una disciplina de Práctica Docente y Pasantía Dirigida, impartida para el 4o año de la Licenciatura en Química y se implementó en un curso impartido a ocho estudiantes de diferentes carreras de grado (ciencias biológicas, química y cartas), en un evento promovido por el Decano de Graduación. La propuesta se basó en cuatro situaciones problemáticas que abordan los factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas. Las respuestas de los estudiantes a las situaciones-problema en la primera etapa del curso, así como después de la realización de los experimentos, componían el corpus del análisis. Los datos fueron analizados siguiendo los supuestos del Análisis de Contenido, estableciendo cuatro categorías en las que se asignaron las respuestas expresadas por los estudiantes, a saber: (C1) - Respuestas sin justificación; (C2) - Respuestas con justificación, sin embargo, no relacionadas con conceptos de cinética química; (C3) - Respuestas con justificación basadas en conceptos de cinética química, sin embargo, sin establecer relaciones entre los conceptos y (C4) - Respuestas con justificación basadas en conceptos de cinética química y que establecen relaciones entre los conceptos. En este contexto investigativo, destacamos que la propuesta, en la forma en que fue organizada, favoreció la participación activa de los estudiantes tanto en la realización de los experimentos como en las discusiones, además de posibilitar la (re) elaboración conceptual por parte de los estudiantes en el estudio de conceptos de cinética química.

Palabras clave: Jigsaw. Experimentación investigativa. Cinética química.

Introdução

A Aprendizagem Cooperativa surgiu no século XVIII com os fundadores Joseph Lancaster e Andrew Bell, como um método de aprendizagem mútua para suprir carência de educadores frente à demanda do sistema educacional da época. Os próprios estudantes que se destacavam nas disciplinas ensinavam os colegas com maiores dificuldades, surgindo um método de ensino e aprendizagem com o emprego de pequenos grupos trabalhando em conjunto para melhorar seu próprio aprendizado e o dos demais estudantes (Melo, 2018).

Segundo Johnson, Johnson & Holubec (1999) cooperar significa trabalhar em conjunto visando alcançar objetivos que são compartilhados, buscando resultados que tragam benefícios para si mesmo e, ao mesmo tempo, para os demais integrantes do grupo. Além disso, alguns autores apontam que a natureza social da Aprendizagem Cooperativa é o que a distingue dos demais métodos, pois uma maior interação entre os estudantes possibilita o ganho de autonomia e de responsabilidade para tomar decisões nas atividades em sala de aula (Firmiano, 2011; Teodoro, 2016).

Desde a implementação do referido método, algumas modalidades de Aprendizagem Cooperativa vêm sendo desenvolvidas, tais como: Aprender Juntos, Instrução Complexa, TGT (Teams-Games-Tournament) e STAD (Student Teams Achievement Division), Estruturas Cooperativas, Polêmica Construtiva, Investigação de Grupo e Grupos de Especialistas (Jigsaw) (Cochito, 2004). Além disso, Melo (2018) discute a abrangência do método de Aprendizagem Cooperativa em função da possibilidade de congregar diferentes estratégias de ensino, como por exemplo, a leitura e discussão de textos, experimentação investigativa, uso de tecnologias, dentre outras.

Diante de tais possibilidades, compreendemos que a Aprendizagem Cooperativa se apresenta como uma forma de conduzir as atividades em sala de aula, com cerne na interação, investigação e discussão em conjunto entre os estudantes, sob mediação do professor, que deve orientá-los durante cada etapa do processo. Além disso, integrar diferentes estratégias de ensino ao processo de cooperação pode enriquecê-lo e favorecer a aprendizagem, devido ao envolvimento dos participantes com outras atividades, como por exemplo, ao realizar um experimento.

A experimentação no ensino de Química constitui uma estratégia de ensino que pode auxiliar no processo de construção de conceitos e permitir uma participação intelectualmente ativa dos estudantes ao promover momentos de reflexão acerca dos fenômenos observados. Entretanto, para que a experimentação possa atingir tal meta, deve ser planejada evitando ser utilizada de forma simplista, ou seja, apenas para confirmar ou refutar uma ideia (Santos & Amaral, 2019; Leal, Schetinger & Pedroso, 2019).

Em contrapartida, as atividades experimentais de caráter investigativo mostram-se como alternativas que tendem a deslocar o professor e os estudantes de experimentos

e roteiros puramente ilustrativos e com resultados esperados para a investigação e discussão de situações-problema, que além de aproximar os fenômenos observados do contexto do estudante, permite uma participação ativa do aluno durante todo o processo, tanto manualmente como, e principalmente, intelectualmente (Souza et al., 2013).

À vista de tais considerações, situamos as discussões apresentadas neste trabalho na integração entre o método Jigsaw e a experimentação investigativa para o estudo de cinética química. O método de Aprendizagem Cooperativa foi utilizado para organizar o encaminhamento das dinâmicas investigativas durante a realização de atividades experimentais, subsidiadas por situações-problema que envolvem os fatores que influenciam na velocidade das reações químicas: temperatura, superfície de contato, concentração e catalisador.

Portanto, objetivamos neste trabalho apresentar resultados da implementação de uma proposta didática que congrega o método Jigsaw e a experimentação investigativa no estudo de cinética química.

O método Jigsaw, a experimentação investigativa e o Ensino de Química.

O método Jigsaw, modalidade de Aprendizagem Cooperativa abordado nesta investigação, foi desenvolvido em 1978 por Elliot Aronson e seus estudantes da Universidade do Texas e da Universidade da Califórnia (Melim, 2014). O método surgiu como uma necessidade para ajudar a neutralizar uma atmosfera de turbulência e hostilidade que se instalou nas escolas, quando essas foram desagregadas, e jovens brancos, afro-americanos e hispânicos começaram a frequentar as mesmas salas de aulas. Para amenizar o ambiente competitivo que era a sala de aula, propuseram o método de Aprendizagem Cooperativa com grupos de especialistas (Cochito, 2004; Broietti & Souza, 2016). Para compreender a importância do trabalho de cada estudante nos grupos, podemos estabelecer uma analogia com um quebra-cabeça. Trata-se de um grupo em que cada indivíduo desempenha uma função distinta, assim cada participante torna-se essencial para a concretização do produto final (Cochito, 2004).

Na fase inicial do método Jigsaw os estudantes são divididos em grupos heterogêneos, chamados grupos de base. Nesses grupos de base um tópico é discutido por todos de cada grupo. O tópico a ser estudado é subdividido em tantas seções quantos

forem os membros do grupo. Em uma segunda fase, novos grupos são formados, nos quais cada estudante discute a sua parte em conjunto com os demais colegas dos outros grupos, aos quais foram distribuídas a mesma subseção. Estes são nomeados grupos de especialistas. No grupo de especialistas, cada membro desempenha diferentes funções como: redator – redige as respostas do grupo; mediador – organiza as discussões no grupo resolvendo conflito de opiniões; relator – expõe os resultados da discussão; e porta-voz – tira dúvidas com o professor (Cochito, 2004).

Na terceira fase, cada estudante retorna ao seu grupo de base e apresenta as discussões e considerações elaboradas em seu grupo de especialistas, posteriores ao estudo dos conceitos que são necessários para a compreensão do tópico em questão. Assim, cabe a cada participante aprender o conteúdo para si próprio, bem como para explicar aos demais colegas de seu grupo de base (Cochito, 2004; Fatareli et al., 2010; Broietti & Souza, 2016).

No ensino de Química, alguns trabalhos pautados no método Jigsaw foram desenvolvidos na última década. Broietti & Souza (2016) utilizaram o Jigsaw para o ensino dos conceitos de reações químicas com bolsistas do projeto PIBID/Química. Inicialmente os grupos de base receberam hipóteses, e estes deveriam posicionar-se, justificando as suas respostas. No grupo de especialistas foram realizadas atividades experimentais e atividades complementares. Ao retornarem aos seus grupos de base, os bolsistas deveriam expor suas observações e conclusões sobre as atividades realizadas e retomar as hipóteses. As autoras destacaram as seguintes contribuições da atividade: propiciar uma forma mais organizada de trabalho em grupos cooperativos, oportunizar o aperfeiçoamento de habilidades e possibilitar condições de (re)significação conceitual por meio das discussões nos distintos grupos.

Guimarães & Castro (2018) utilizaram o método para a inserção da história da química no estudo do conteúdo de modelos atômicos. Inicialmente os grupos de base receberam um texto adaptado do artigo: “A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr” (Melzer; Aires, 2015). Após a leitura, o texto foi dividido em subtópicos, a partir dos cientistas mencionados: John Dalton; Joseph Thomson e James Jeans; Hantaro Nagaoka, Lorde Rayleigh e George Adolphus Schott; Ernest Rutherford e John Nicholson e Niels Bohr. Estes trechos foram discutidos de modo

aprofundado no grupo de especialistas, com o auxílio de materiais complementares. Por fim, os estudantes retornaram ao grupo de base para a construção de um texto coletivo sobre a evolução dos modelos atômicos. Os autores verificaram que a atividade permitiu a criação de uma base conceitual mais ampla por parte dos alunos, devido ao uso da argumentação, presente durante toda a atividade, além do aprimoramento da capacidade de comunicação escrita dos participantes.

Diniz (2019) desenvolveu o método Jigsaw com estudantes do Ensino Médio, potencializando conhecimentos básicos relacionados à eletroquímica. Foram desenvolvidos três kits experimentais para auxiliar no ensino de conceitos de células galvânicas, pilhas e baterias e, segundo o autor, a proposta alcançou boa receptividade por parte dos alunos e proporcionou bons resultados para trabalhar o conteúdo de células galvânicas.

Leite et al. (2013) propuseram um minicurso para o ensino de nanociência e nanotecnologia (N&N) em conjunto com o emprego de uma variação do método Jigsaw. Ao final do minicurso, houve a etapa de compartilhamento de conhecimentos entre os estudantes, fazendo uso de uma adaptação da metodologia Jigsaw, por meio de textos de divulgação científica. Os autores evidenciaram que a proposta possibilitou a criação de uma base conceitual ampla e enriquecida sobre a temática, uma vez que possibilitou que os participantes assumissem o papel de cidadãos críticos.

Diante dos artigos já mencionados, podemos observar que o método Jigsaw pode ser utilizado para abordar conteúdos específicos ou temáticas relevantes em contextos distintos, congregando diferentes estratégias de ensino. Assim, para a elaboração da proposta aqui apresentada, buscou-se a integração do método de Aprendizagem Cooperativa Jigsaw e a experimentação de caráter investigativo.

O uso de experimentos no Ensino de Química é uma ferramenta importante que pode auxiliar nos processos de ensino e de aprendizagem. Entretanto, as atividades experimentais ainda são tratadas, por muitos, de forma acrítica e aproblemática. Diversos professores ainda utilizam roteiros experimentais cujo foco encontra-se no produto e não no processo, fazendo o uso dos experimentos de forma meramente ilustrativa, sem uma adequada reflexão, o que não permite o papel ativo do estudante durante o processo de

ensino e aprendizagem e nem o seu desenvolvimento cognitivo (Suart & Marcondes, 2009).

A experimentação investigativa diferencia-se da experimentação usual, pois parte de situações-problema relacionadas ao contexto dos estudantes, permitindo que eles expressem suas ideias prévias, as quais são posteriormente discutidas e podem ser por eles (re)construídas com base nos conceitos científicos. A problematização acerca dos fenômenos que observam nos experimentos possibilita a discussão, formulação de hipóteses e proposição de soluções para o problema. Isso possibilita que os estudantes desenvolvam habilidades cognitivas importantes para a construção do conhecimento químico e para a sua formação cidadã (Suart & Marcondes, 2009; Gonçalves & Goi, 2018).

Como apresentado acima, compreendemos que integrar a experimentação investigativa à dinâmica organizacional do método Jigsaw pode potencializar a aprendizagem, uma vez que além de possibilitar uma maior interação entre os estudantes, pode possibilitar um entendimento mais amplo e aprofundado dos conteúdos químicos, pois advém de uma construção realizada em conjunto, com base em diferentes ideias e pontos de vista. Na sequência, apresentamos os procedimentos metodológicos.

Contexto do Estudo e Procedimentos Metodológicos

A proposta didática apresentada e discutida neste trabalho foi elaborada e desenvolvida por uma estagiária do 4º ano do curso de Licenciatura em Química, durante a disciplina de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado. Em outra disciplina cursada pela estagiária foram discutidos os pressupostos que norteavam as atividades experimentais investigativas, motivo que inspirou a escolha dessa estratégia de ensino para ser integrada ao método Jigsaw de Aprendizagem Cooperativa. O conteúdo trabalhado foi cinética química, em especial os fatores que influenciam na velocidade das reações químicas: temperatura, superfície de contato, concentração e catalisador.

A dinâmica organizacional da referida proposta pautou-se em 4 situações-problema, cada qual referente a um fator responsável pela alteração da velocidade das reações químicas. As situações-problema estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Situações-problema

Fator	Situação problema
TEMPERATURA	1- Boa parte da nossa alimentação é baseada em alimentos ditos perecíveis, ou seja, aqueles que sofrem reações de decomposição ao longo do tempo, em um prazo mais curto. Como podemos conservar estes alimentos por um maior período?
SUPERFÍCIE DE CONTATO	2- Um grupo de escoteiros deseja construir uma fogueira em seu acampamento para se manterem aquecidos durante a noite. Qual a melhor opção para acenderem o fogo com mais facilidade? Gravetos mais finos ou lenhas mais grossas?
CONCENTRAÇÃO	3- Durante um churrasco, provavelmente você já fez ou já tenha visto alguém utilizar secador de cabelo para acender o carvão usado na churrasqueira. De que forma isso pode contribuir para acender o carvão com maior rapidez?
CATALISADOR	4- Ao colocarmos a água oxigenada em um machucado, observamos uma efervescência (formação de bolhas em grande quantidade). Por que isso ocorre?

A implantação da proposta didática ocorreu durante um curso ministrado, com duração de quatro horas, em um evento destinado a estudantes de graduação. Participaram da atividade oito alunos de distintos cursos (Ciências Biológicas, Química e Letras), portanto, a proposta que inicialmente foi elaborada para quatro grupos, necessitou ser adaptada com base na quantidade de participantes. Os integrantes foram organizados em dois grupos de quatro pessoas, denominados grupo de base, codificados como G1 e G2.

Seguindo a dinâmica do método Jigsaw, foi solicitado que cada grupo (G1 e G2) respondesse as quatro situações-problema (apresentadas no Quadro 1), sem qualquer orientação e/ou discussão prévia e, em seguida, deveriam anotar suas respostas em uma folha. Na sequência, foram formadas quatro duplas para a realização de quatro atividades experimentais, sendo que cada uma abordava um dos fatores que alteram a velocidade das reações químicas.

- Experimento 1 (temperatura): adicionar metade de um comprimido efervescente em água fria e, simultaneamente, a outra metade na mesma quantidade de água, porém quente.

- Experimento 2 (superfície de contato): dividir um comprimido efervescente em duas partes iguais e triturar uma parte até se tornar um pó bem fino. Adicionar a parte inteira e a parte triturada do comprimido, simultaneamente, em uma mesma quantidade de água fria.

- Experimento 3 (concentração): adicionar em uma proveta uma solução de água oxigenada 3%, e, em uma segunda proveta, a mesma quantidade de uma solução de água oxigenada 30%. Em ambas provetas adicionar cinco gotas de detergente e, em seguida, adicionar simultaneamente uma ponta de espátula de iodeto de potássio em ambas as provetas.
- Experimento 4 (catalisador): adicionar em duas provetas quantidades iguais de uma solução de água oxigenada 30% e cinco gotas de detergente. Adicionar em uma das provetas uma ponta de espátula de iodeto de potássio.

Na continuidade, os estudantes voltaram para o grupo de base (G1 e G2) para discutir as observações experimentais e confrontá-las com as respostas fornecidas inicialmente para cada situação-problema. Ao final da atividade, os estudantes preencheram um formulário avaliativo sobre o método Jigsaw (Broietti & Souza, 2016). O formulário continha nove afirmativas sobre as quais eles deveriam posicionar-se sobre concordar fortemente, concordar, ser indiferente, discordar ou discordar fortemente em relação a cada uma delas. Dentre as afirmativas estavam: Eu gostei de trabalhar no formato de aula Jigsaw, porque pude trabalhar junto com outros colegas; Eu acho que o formato de aula Jigsaw é confuso e desestruturado; O uso de diferentes métodos de ensino (como o formato de aula Jigsaw) torna nossas aulas mais divertidas e menos cansativas, entre outras. A metodologia de análise empregada na interpretação dos dados coletados fundamentou-se nos pressupostos da Análise de Conteúdo descrita por Bardin (2011). Segundo a autora, a análise de conteúdo pode ser organizada em três etapas: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados obtidos e interpretação. A primeira etapa consiste na organização e sistematização das ideias, em que ocorre a escolha dos documentos para análise, a retomada das hipóteses e dos objetivos iniciais da pesquisa. Nesta etapa, selecionamos as respostas expressas pelos estudantes às situações-problema propostas, tanto na primeira etapa quanto após a realização dos experimentos.

Na etapa de exploração do material procedeu-se à codificação e à categorização dos materiais de análise. Codificamos as situações-problema como SP1, SP2, SP3 e SP4, seguido do grupo a que se refere a resposta (G1 ou G2), entre parênteses. Logo, para a resposta da primeira situação-problema fornecida pelo Grupo 1, utilizamos a codificação

SP1(G1). A categorização consiste em um processo de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e por reagrupamento, segundo critérios estabelecidos pelo pesquisador (Bardin, 2011). Esse processo foi realizado com base nas ideias de Martins e Justi (2017) sobre a análise de raciocínios interpretativos.

A última etapa é explicada por Bardin (2011) como o tratamento dos resultados obtidos e interpretação das informações na qual o pesquisador, tendo à sua disposição resultados significativos, pode propor inferências e interpretações a propósito dos objetivos previstos. Nesta etapa interpretamos e construímos entendimentos sobre os materiais analisados, como apresentado na seção seguinte.

Resultados e discussões

Para subsidiar a interpretação das respostas fornecidas pelos grupos sobre a situação-problema e o processo de categorização, inspiramo-nos nas ideias de Martins e Justi (2017). As autoras destacam que a estrutura do argumento se baseia na elaboração da justificativa para determinada evidência ou hipótese. Assim, posterior à leitura flutuante e organização das respostas dos grupos, identificamos a emergência de quatro categorias, que estão descritas a seguir (Quadro 2).

Quadro 2 – Categorias e descrição

Categorias	Descrição
(C1) Respostas sem justificativas.	Respostas em que os estudantes apenas fornecem hipóteses para a situação-problema sem apresentar uma justificativa.
(C2) Respostas com justificativa, entretanto, sem relação com conceitos da cinética química.	Respostas em que os estudantes fornecem uma hipótese para a situação-problema apresentando uma justificativa que não tem relação com os conceitos de cinética química.
(C3) Respostas com justificativa a partir de conceitos da cinética química, entretanto, sem estabelecer relações entre os conceitos.	Respostas em que os estudantes fornecem uma hipótese para a situação-problema apresentando uma justificativa relacionada aos conceitos de cinética química, entretanto, não apresentam a relação que existe entre os conceitos.
(C4) Respostas com justificativa a partir de conceitos da cinética química e que estabelecem relações entre os conceitos.	Respostas em que os estudantes fornecem uma hipótese para a situação-problema apresentando uma justificativa relacionada aos conceitos de cinética química e apresentam a relação que existe entre os conceitos.

No Quadro 3, apresentamos as respostas para as situações-problema fornecidas pelos dois grupos antes e após a realização do experimento, seguida das categorias nas quais cada resposta foi alocada.

Quadro 3 – Categorização das respostas antes e após a realização do experimento

	Questão	Etapa	Resposta	Categoria	
Grupo 1 (G1)	SP1(1)	Inicial	Para conservar os alimentos por mais tempo <u>conservá-los na geladeira retarda o processo de decomposição em razão da diminuição da temperatura</u> ² , ou até em locais arejados e mais frescos. Armazenar alimentos em soluções de concentração que impeçam a cultura de microorganismos.	C3	
		Final	De maneira geral, <u>o aumento da temperatura torna a ocorrência da reação mais rápida</u> , como consequência a decomposição, que também é uma reação química, também seria mais rápida em temperaturas mais elevadas. Assim, <u>diminuindo-se a temperatura, reduz-se a taxa de decomposição do alimento</u>	C4	
	SP2(1)	Inicial	Buscar <u>gravetos mais finos a fim de aumentar a superfície de contato</u> para a ocorrência da combustão	C3	
		Final	Como <u>a rapidez da reação depende da área de contato que essa tem para reagir</u> , quando o graveto é mais fino, a superfície de contato é maior em relação ao volume de reagentes. Dessa forma, <u>a combustão ocorre mais rapidamente quanto maior a área de superfície</u>	C4	
	SP3(1)	Antes	O <u>processo do secador tem por função aumentar a quantidade de O₂</u> para o processo de combustão	C1	
		Depois	<u>A rapidez da reação é proporcional à concentração do reagente, sendo que quanto maior a concentração mais rápida a reação se processa</u> . Sendo assim, o secador de cabelo para acender o carvão da churrasqueira tem por função aumentar a concentração de O ₂ , reagente necessário para a ocorrência da combustão	C4	
	SP4(1)	Antes	<u>A água oxigenada (H₂O₂) é decomposta, em meio biológico. (devido à ação de enzimas-lisossômicas, por exemplo) em H₂O e O₂, sendo este responsável pela efervescência observada</u>	C2	
		Depois	<u>A efervescência ocorre de maneira mais rápida quando se adicionam catalisadores. Quando a água oxigenada entra em contato com enzimas responsáveis por aumentarem essa efervescência, tornando a reação mais rápida</u>	C4	
	Grupo 2 (G2)	SP1(2)	Antes	Abaixamento da temperatura, diminuição da atividade de água, desnaturalização de proteínas, concentração de reagentes	C1
			Depois	Poderíamos <u>conservar os alimentos abaixando a temperatura dos mesmos</u>	C1
SP2(2)		Antes	<u>Gravetos mais finos, pois os mesmos possuem maior superfície de contato, acelerando a reação</u> de combustão	C4	
		Depois	Concordo com a afirmação do primeiro momento	C4	
SP3(2)		Antes	Quando utilizamos o secador de cabelo no carvão, <u>aumentamos a quantidade de oxigênio</u> e de energia na reação de reagentes	C1	
		Depois	Quando utilizamos o secador de cabelo, <u>aumentamos a concentração de O₂, acelerando a reação química</u>	C4	
SP4(2)		Antes	Ocorre a efervescência com grande quantidade de bolhas porque ocorre em meio a catalisadores biológicos. $2\text{H}_2\text{O}_{2(l)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$	C3	
		Depois	Houve a catálise; a H ₂ O ₂ ao encontrar com o machucado reage com o catalisador biológico do sangue que formam as bolhas	C3	

² As palavras/expressões sublinhadas foram utilizadas durante o processo de interpretação, categorização e análise.

A seguir serão discutidas as respostas fornecidas por grupo, buscando justificar a alocação nas respectivas categorias

Grupo 1 (G1).

Frente à pergunta “Como podemos conservar estes alimentos por um maior período?” os estudantes do grupo 1 apresentam como hipótese que colocar o alimento na geladeira retarda o processo de decomposição, justificando que isso é atribuído à diminuição da temperatura. Podemos inferir que por mais que a hipótese apresentada pelos participantes seja pautada nos conceitos de cinética química, os estudantes ainda não expuseram que a diminuição da temperatura diminui a energia cinética das partículas, ocasionando a redução na velocidade de reações químicas e, até mesmo, reconhecer o processo de decomposição como uma reação química, justificando estar alocada na categoria C3. Outra hipótese também foi apresentada pelos estudantes, entretanto, essa já se distancia dos conceitos de cinética, como por exemplo “Armazenar alimentos em soluções de concentração que impeçam a cultura de microorganismos”. Vale ressaltar que na oficina participaram indivíduos de outros cursos, como Ciências Biológicas, o que pode justificar a hipótese apresentada.

Após a execução do experimento e as discussões nos grupos de especialistas e grupos de base, foi possível observar a mudança de categoria na resposta dada pelos participantes. Na resposta, os alunos abordam que “aumento da temperatura torna a ocorrência da reação mais rápida”, ou seja, os estudantes estabelecem uma relação de dependência entre o fator temperatura e a velocidade da reação. Além dessa relação, os participantes conseguem associar também o oposto, ou seja, diminuindo a temperatura, reduz-se a taxa de decomposição dos alimentos. Aqui aparece o termo “velocidade” que anteriormente não estava presente, bem como o termo “reação química”. Os estudantes reconhecem a decomposição como uma reação química, indicando uma ampliação dos conceitos de cinética química.

Para a situação-problema 2, o grupo elabora a hipótese de que gravetos mais finos acenderiam o fogo com mais facilidade, e a justificativa apresentada pelos estudantes é que isso ocorre devido ao aumento da superfície de contato. A justificativa apresentada está relacionada com conteúdo de cinética química, uma vez que a superfície de contato é um fator que altera a velocidade das reações químicas. Entretanto, a justificativa

apresentada pelos alunos é limitada, uma vez que a relação existente entre a superfície de contato e a velocidade da reação não se encontra presente, justificando ser alocado na categoria C3. O termo “velocidade” não se encontra presente na resposta, sendo expresso pelos participantes por “mais rapidamente”. Quando solicitados a repensar sobre a SP2 após a realização e discussão do experimento, o grupo consegue estabelecer relações existentes entre os conceitos da cinética química, o que fica evidenciado na resposta dos estudantes quando escrevem que “como a rapidez da reação depende da área de contato que essa tem para reagir” ou ainda “quando o graveto é mais fino, a superfície de contato é maior em relação ao volume de reagentes”, justificando a categoria C4. Os estudantes conseguem estabelecer que existe uma relação entre a espessura do graveto e o fator superfície de contato, com a velocidade da reação, chamada por eles de “rapidez da reação”, identificando que gravetos mais finos apresentam maior área superficial e que a área superficial é diretamente proporcional à velocidade das reações.

Para a SP3, o grupo apenas apresenta uma hipótese, sem justificativas, sendo assim alocados na categoria C1. Nota-se também a ausência de termos científicos na resposta apresentada pelos alunos, sendo evidenciada quando estes escrevem “quantidade de O₂”, sem usar o termo “concentração”. Após a realização do experimento e discussão nos grupos de especialistas e grupos de base, nota-se que a resposta dos alunos altera de categoria, ampliando-se conceitualmente. Assim eles conseguem estabelecer relações de proporcionalidade entre a concentração do reagente com a velocidade da reação, expressa por “rapidez”. Isso fica evidente quando os estudantes escrevem “[...] sendo que quanto maior a concentração, mais rápida a reação se processa”, alocando-se na categoria C4.

Para a SP4, o grupo apresenta uma possível hipótese para a situação-problema apresentada, entretanto a justificativa indicada não tem relação com os conceitos de cinética, ficando evidente quando os estudantes escrevem “devido à ação de enzimas-lisossômicas, por exemplo”, alocando-se assim na categoria C2. Mais uma vez fica expresso que a atividade permite que os participantes estabeleçam relações entre a situação-problema exposta, com outros conhecimentos prévios que eles apresentam. Após a realização do experimento e as discussões com o grupo de especialistas e grupo base, nota-se que os alunos conseguem reformular sua hipótese, estabelecendo relações

entre o fator catalisador e a velocidade de uma reação, alocando-se na categoria C4, ficando nítida a relação estabelecida quando estes escrevem “A efervescência ocorre de maneira mais rápida quando se adicionam catalisadores”. Fica evidente que os participantes apresentaram uma evolução conceitual, mesmo ainda não mencionando alguns conceitos ou outras relações como o abaixamento da energia de ativação (possibilidade de outros caminhos reativos) necessária para a ocorrência da reação química ou ainda outras características, como o catalisador não ser consumido durante o processo da reação química.

Grupo 2 (G2).

Frente ao questionamento sobre a conservação dos alimentos (SP1), o G2 propõe quatro hipóteses distintas para a resolução da situação, sem apresentar justificativas para tais hipóteses. Dentre essas hipóteses, o abaixamento de temperatura aparece como uma das possibilidades apresentadas, entretanto, os estudantes não propõem explicações fundamentadas em conceitos da cinética química ou da teoria das colisões, o que nos remete à alocação na categoria C1. Após a realização do experimento e as discussões, o G2 limita-se em apresentar a hipótese que envolve a temperatura, dentre as quatro hipóteses apresentadas antes da realização do experimento. Podemos inferir que os estudantes conseguem identificar que o fator trabalhado no experimento foi a temperatura, e por isso limitaram a resposta a este. Entretanto, o grupo não apresenta uma justificativa para a sua hipótese e nem apresenta relações entre a temperatura e a velocidade da reação, justificando a resposta permanecer alocada na categoria C1.

Para a SP2, inicialmente o grupo apresenta a hipótese de que os gravetos mais finos serão os mais adequados para a resolução do problema apresentado. A justificativa apontada é que os gravetos mais finos apresentam maior superfície de contato, o que acelera a reação. Os estudantes conseguem estabelecer a relação entre a espessura do graveto com o fator superfície de contato e com o fator velocidade, justificando a resposta ser alocada na categoria C4. O termo velocidade não está presente, entretanto, compreendemos que o mesmo se encontra na expressão “acelerando a reação”. Após a realização da atividade, o grupo que já havia apresentado uma resposta satisfatória anteriormente, manteve a resposta inicial, permanecendo com a resposta em C4.

Para a SP3, o grupo apresenta uma hipótese para o problema, sem justificativa, alocando-se na categoria C1. Não há erros conceituais, entretanto, observa-se uma ausência de termos científicos, como quando os participantes escrevem “aumentar a quantidade de oxigênio”. Não há também a relação entre o fator concentração com a velocidade da reação. Na resposta dos alunos encontramos a frase “aumentamos a quantidade de oxigênio e de energia na reação de reagentes”. Quando os estudantes mencionam a quantidade de energia de reação, pode nos remeter a duas interpretações. Uma interpretação é que o secador, se ligado na opção de ar quente, aumenta a energia da reação por causa do calor. Outra opção é pautada nos conceitos de cinética química em que houve um acréscimo na quantidade de energia, pois houve um aumento da quantidade de reagentes no meio reacional, o que acarreta mais choques efetivos e uma maior energia. Por essa razão, não se considerou que houve erros conceituais na resposta fornecida pelos estudantes. Após a realização do experimento, nota-se que o grupo consegue estabelecer relações entre os conceitos de cinética química, sendo alocado na categoria C4. Aqui encontram-se os termos “acelerando a reação química”, que remete à velocidade da reação química, e “concentração de O_2 ”, estabelecendo-se uma relação de proporcionalidade entre velocidade das reações com o aumento da concentração dos reagentes.

Para a SP4 os estudantes do G2 apresentam a hipótese e justificam a ocorrência da efervescência em função da presença de catalisadores. Entretanto, não estabelecem qualquer relação entre o catalisador com a velocidade da reação, alocando-se na categoria C3. Após a realização da atividade, verificamos que não houve alteração conceitual.

Diante das análises realizadas, observa-se que no momento que antecede a realização dos experimentos e discussões, apenas uma das respostas se aloca na categoria de resposta mais completa (C4), ou seja, aquela na qual os alunos conseguem justificar com base nos conceitos de cinética química e estabelecer relações entre os conceitos. Os demais grupos expressam suas respostas sem justificativas ou quando as fazem não mencionam relações entre os conceitos de cinética química.

Vale destacar que com a realização dos experimentos e as discussões estabelecidas no grupo de especialistas e no grupo de base, os participantes tiveram a oportunidade de rever suas respostas dadas inicialmente, alterando-as quando achassem necessário.

Dessa forma, ao reelaborarem suas respostas, das oito respostas analisadas para as situações-problema propostas aos dois grupos, seis delas (75%) foram alocadas na categoria 4, o que mostra que o método pode ser um indicativo da ampliação do repertório conceitual por parte dos estudantes.

No que diz respeito à avaliação realizada pelos participantes sobre a proposta desenvolvida, observou-se que estes consideraram a proposta diferente frente ao que estavam acostumados, permitindo-lhes uma maior independência, além de tornar as aulas menos cansativas e mais atrativas. Os estudantes afirmaram que não acham a metodologia confusa e que gostaram de trabalhar em grupos com atividades cooperativas. Ainda declararam que tiveram oportunidades de aprender em todas as etapas – grupos de base e especialistas.

Portanto, podemos destacar que assim como relatado em outros trabalhos (Leite et al., 2013; Broietti & Souza, 2016; Guimarães & Castro, 2018), o uso do método Jigsaw pode favorecer o aprimoramento da capacidade de comunicação dos estudantes e possibilitar uma forma mais organizada de trabalho em grupos cooperativos, além de permitir a associação de outras estratégias e adaptação do método, conforme os objetivos do professor, modalidade de ensino e características do grupo de participantes. Para o ensino de Química, Broietti e Souza (2016) incorporaram a experimentação à metodologia Jigsaw para o estudo do conteúdo de reações químicas, evidenciando que tal atividade se mostrou promissora ao permitir a participação ativa do estudante de forma procedimental e cognitiva. Quanto à nossa proposta, sugerimos incorporar a experimentação investigativa à metodologia Jigsaw, por meio de situações-problema, para trabalhar conceitos envolvidos na cinética química, o que acreditamos ter favorecido uma evolução conceitual por parte dos estudantes, maior capacidade argumentativa e ampla aceitação entre os participantes da atividade.

Considerações finais.

Diante do objetivo pretendido para esta investigação – apresentar resultados da implementação de uma proposta didática que congrega o método Jigsaw e a experimentação investigativa no estudo de cinética química – analisamos respostas

dadas por estudantes ao participarem de uma oficina que abordava conteúdos de cinética química, mais especificamente os fatores que alteram a velocidade das reações.

As categorias estabelecidas estavam pautadas em níveis argumentativos e foram essenciais no processo de categorização e compreensão da (re)elaboração conceitual por parte dos alunos. A proposta organizacional de ensino integrando o método Jigsaw à experimentação investigativa possibilitou aos participantes uma (re)elaboração conceitual. Isto ficou expresso no deslocamento de respostas para a categoria C4, posteriormente à realização dos experimentos e discussões nos grupos de especialistas e de base, ampliando as explicações e as relações entre os conceitos.

Quando questionados sobre a aplicabilidade da proposta, os participantes a classificam como interessante e atrativa, e que proporciona maior independência do estudante em relação ao ensino, além de tornar as aulas menos cansativas, afirmando que participariam novamente de aulas neste formato. Por fim, destacamos que a inserção de situações-problema oriundas de contextos rotineiros, aliadas a atividades experimentais de caráter investigativo, favoreceu a participação ativa dos estudantes mobilizados para a resolução do problema experimental. Além disso, o ambiente de interação entre os grupos possibilitou que alunos de áreas distintas de formação pudessem interagir na elaboração de argumentos e explicações dos conhecimentos acerca dos fatores que alteram a velocidade das reações químicas, em busca de alcançarem seus objetivos comuns, ou seja, a resolução dos problemas apresentados.

Os resultados aqui apresentados são oriundos de uma das atividades desenvolvidas na disciplina de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado do curso de licenciatura em Química e que foi desenvolvida durante uma oficina ofertada para estudantes da graduação. Entretanto, reforçamos que a proposta didática descrita e analisada, apresenta potencial para ser explorada e investigada em outros ambientes de aprendizagem, como por exemplo, no ensino remoto.

Referências

- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Broiatti, F. C. D. & Souza, M. C. C. (2016). Explorando conceitos de Reações Químicas por meio do Método Jigsaw de Aprendizagem Cooperativa. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 9(3), 1-22.
- Cochito, M. I. G. S. (2004). *Cooperação e aprendizagem: educação intercultural*. Portugal: Acime.
- Diniz, B.P. (2019). *Experimentação no Ensino de Células Galvânicas utilizando o método Jigsaw*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG.
- Fatareli, E. F., Ferreira, L. N. A., Ferreira, J. Q. & Queiroz, S. L. (2010). Método Cooperativo de Aprendizagem Jigsaw no Ensino de Cinética Química. *Química Nova na Escola*, 32(3), 161-168.
- Firmiano, E. P. (2011). *Aprendizagem Cooperativa na Sala de Aula*. Fortelza: Programa de Educação em Células Cooperativas – PRECE.
- Gonçalves, R. P. N. & Goi, M. E. J. A. (2018). Experimentação investigativa no ensino de ciências na educação básica. *Revista Debates em Ensino de Química*, 4(2), 207-221.
- Guimarães, L. P. & Castro, D. L. (2018). Método jigsaw e modelos atômicos: utilização da aprendizagem cooperativa para a inserção da História da Química. *Chemical Education in Point of View*, 2(2), 98-107.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T. & Holubec, E. J. (1999). *Los nuevos círculos del aprendizaje: la cooperación en el aula y la escuela*. Aique.
- Leal, L. L., Schetinger, M. R. C. & Pedroso, G. B. (2019). Experimentação investigativa em eletroquímica e argumentação no ensino médio em uma escola federal em Santa Maria/RS. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 10 (6), 142-162.
- Leite, I.S., Lourenço, A.B., Licio, J.G. & Hernandez, A.C. (2013). Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(4), 4504 (1-7).
- Martins, M. & Justi, R. (2017). Uma nova metodologia para analisar raciocínios argumentativos. *Ciência & Educação*, 23(1), 7-27.

Melim, L. M. C (2014). *Desenvolvimento e avaliação de estratégias cooperativas de ensino de Biociências para alunos de um Pré-Vestibular Social*. (Tese de doutorado). Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ.

Melo, J. D. de S. (2018). *Uma proposta de ensino de química utilizando aprendizagem Cooperativa na educação de jovens e adultos*. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Melzer, E. E. M; Aires, J. A. (2015). A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. *Revista de Educação em Ciências e Matemática*, 11(1), 62-77.

Santos, H. F. & Amaral, C. L. C. (2019). Experimentação investigativa: aprendizagem de conceitos químicos através da montagem parcial de uma estação de tratamento de água. *Scientia Naturalis*, 1(2), 281-293.

Souza, F. L., Akahoshi, L. H., Marcondes, M. E. R. & Carmo, M. P. (2013). *Atividades experimentais investigativas no ensino de química*. GEPEQ. Grupo de Pesquisa em Educação Química. São Paulo: Secretaria da Educação.

Suart, R. C. & Marcondes, M. E. R. (2009). A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. *Ciências & Cognição*, 14(1), 50-74.

Teodoro, D. L. (2016). *Aprendizagem em Grupos Cooperativos e Colaborativos: investigação no Ensino Superior de Química*. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

Submetido em: 12/07/2021 **Aceito em:** 22/12/2021 **Publicado em:** 31/12/2021