

Artigo

Experimentação no Ensino de Células Galvânicas Utilizando o Método *Jigsaw*

Diniz, B. P.; Silva, L. A.; Alves, V. A.*

Rev. Virtual Quim., 2020, 12 (6), 1559-1574. Data de publicação na Web: 7 de Outubro de 2020

<http://rvq.sbg.org.br>

Experimentation in the Teaching of Galvanic Cells Using the *Jigsaw* Method

Abstract: The difficulty usually presented by high school students with the electrochemical theme based the development of experimental kits to aid in the teaching of galvanic cells, cells and batteries, and series and/or parallel associations. Three experimental electrochemistry kits, made from low cost and easy access materials, were used to explore series and parallel associations of commercial cells and galvanic cells, and that served to teach concepts of electrochemistry, through cooperative learning using the *jigsaw* method. The students were divided into six groups of specialists (GEs); each of these groups contained four or five students. Six experimental kits were distributed, related to three subtopics of electrochemistry: (1) Understanding the operation of commercial cells, (2) Understanding the functioning of galvanic cells, (3) Checking the occurrence of oxidoreduction reactions. Each subtopic was worked by two GEs. After the work, the GEs separated as pieces of a puzzle, and students formed six base groups (GBs), each containing at least one expert from each subtopic. A diagnosis was made of how the students evaluated the proposed didactic activity (in relation to the traditional teaching methodology) and verified if the didactic proposal helped to help students learn from the content worked. The didactic proposal, in addition to motivating, helped students learn, providing good results, which consolidate the performance of experimental activities, associated with the *jigsaw* method, in the teaching of galvanic cells.

Keywords: Teaching of galvanic cells; experimentation; *jigsaw*.

Resumo

A dificuldade normalmente apresentada pelos estudantes do Ensino Médio com o tema Eletroquímica fundamentou a utilização de *kits* experimentais para auxiliar no ensino de células galvânicas, pilhas e baterias, e associações em série e/ou em paralelo. Os três *kits* experimentais de Eletroquímica, confeccionados a partir de materiais de baixo custo e fácil acesso, exploraram associações em série e em paralelo de pilhas comerciais e células galvânicas, e serviram para ensinar conceitos de Eletroquímica, por meio da aprendizagem cooperativa utilizando o método *jigsaw*. Os alunos foram divididos em seis grupos de especialistas (GEs); cada um desses grupos continha quatro ou cinco alunos. Foram distribuídos seis *kits* experimentais, relativos a três subtópicos de Eletroquímica: (1) Entendendo o funcionamento das pilhas comerciais, (2) Entendendo o funcionamento das células galvânicas, (3) Verificando a ocorrência de reações de oxidorredução. Cada subtópico foi trabalhado por dois GEs. Após os trabalhos, os GEs se separaram, como peças de um quebra-cabeça, e os alunos formaram seis grupos de base (GBs), cada um contendo pelo menos um especialista de cada subtópico. Foi realizado um diagnóstico de como os alunos avaliaram a atividade didática proposta (em relação à metodologia tradicional de ensino) e verificado se a proposta didática contribuiu para auxiliar a aprendizagem dos estudantes a partir do conteúdo trabalhado. A proposta didática, além de motivadora, auxiliou a aprendizagem dos estudantes, proporcionando bons resultados, que consolidam a realização de atividades experimentais, associadas ao método *jigsaw*, no ensino de células galvânicas.

Palavras-chave: Ensino de células galvânicas; experimentação; *jigsaw*.

* Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Instituto de Ciências Exatas, Naturais e Educação, Departamento de Química, Campus Univerdecidade, CEP 38064-200, Uberaba-MG, Brasil.

 valeria.alves@uftm.edu.br
DOI: [10.21577/1984-6835.20200120](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200120)

Experimentação no Ensino de Células Galvânicas Utilizando o Método *Jigsaw*

Bruno Pereira Diniz, Luís Antônio da Silva^{id}, Valéria Almeida Alves^{id}*

Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Instituto de Ciências Exatas, Naturais e Educação, Departamento de Química, Campus Univerdecidade, CEP 38064-200, Uberaba-MG, Brasil.

*valeria.alves@uftm.edu.br

Recebido em 14 de Março de 2020. Aceito para publicação em 14 de Setembro de 2020.

1. Introdução

2. Objetivos

3. Metodologia

3.1. Campo e sujeitos da pesquisa

3.2. Preparação, aplicação e avaliação do método *jigsaw*

4. Resultados e Discussão

4.1. Utilização dos *kits* experimentais pelos grupos de especialistas (GEs)

4.2. Atividades dos grupos de base (GBs) e consolidação da aprendizagem

4.3. Avaliação do método *jigsaw* pelos alunos

4.4. Avaliação da aprendizagem de Eletroquímica

5. Considerações Finais

1. Introdução

Um dos problemas que caracteriza a pesquisa no campo da didática das ciências é a dificuldade de aprendizagem dos estudantes e, com o intuito de vencê-las, os pesquisadores dessa área produzem materiais científicos há mais de vinte anos.¹⁻³ Assim, os entraves de aprendizagem dos estudantes relacionados a conceitos químicos apresentam-se como objetos de estudo dessas pesquisas.⁴⁻⁶

Os conteúdos que envolvem Eletroquímica são apontados por estudantes e professores do Ensino Médio como um dos assuntos que reflete grandes dificuldades na temática ensino e aprendizagem.⁷ A Eletroquímica envolve diversos

assuntos importantes para a compreensão de muitos aspectos teórico-conceituais relacionados ao meio científico e tecnológico em nossa sociedade. Pode-se perceber várias aplicações, como viagens espaciais com robôs funcionando com potentes baterias portáteis, carros elétricos com autonomia para percorrer longas distâncias, processos de eletrodeposição relacionados à prevenção da corrosão nos metais, entre outros, comprovando o interesse e a curiosidade que o assunto pode despertar.⁸ Entretanto, os conceitos de Eletroquímica são considerados difíceis e complexos para alguns professores, deste modo, muitos deixam o conteúdo em questão para o “último semestre, sabendo de antemão que não terão tempo hábil de executá-lo e que, desse modo, livram-se do problema”.⁹

As dificuldades podem ter relação com a estrutura do conhecimento anterior ou a dificuldade dos estudantes em atribuir significados aos conceitos que irão aprender; às ligações entre a demanda ou complexidade de uma atividade a ser aprendida e a capacidade do estudante para organizar e processar informações; aptidão linguística; à falta de afinidade entre o estilo de aprendizagem do estudante e a didática do professor.¹⁰

As atividades práticas são uma excelente alternativa para os problemas de desinteresse dos alunos, porém, somente a realização dos experimentos não garante a sua aprendizagem. A Base Nacional Curricular Comum (BNCC) de 2018 estabelece que os conteúdos de Ciência da Natureza e suas tecnologias devem ser explorados de forma que ocorra um aprofundamento em cada tópico, utilizando métodos que propiciem uma aproximação com sua realidade, e pontuam a necessidade em se fortalecer os elos entre teoria e prática de ensino por meio de atividades que tenham como objetivo final uma educação voltada para autonomia e cidadania dos indivíduos.¹¹ Dentre os diversos conteúdos vinculados à componente curricular Química, o de Eletroquímica envolve conceitos abstratos, muitas vezes abordados inadequadamente, podendo inclusive haver conflitos com conceitos de Física.

Existem pesquisadores que defendem que as aulas experimentais não sejam demonstrativas, pois, dessa forma, os alunos podem perder o interesse, pelo fato de não manusearem os materiais. Nesse sentido, as aulas experimentais podem ser realizadas com reagentes e materiais de menor risco, para que os alunos possam realizar os experimentos.¹²

As pesquisas no Ensino de Química mostram a importância da experimentação para o processo de ensino-aprendizagem de Química e Ciências.¹³ Um artigo publicado na Revista Química Nova na Escola,¹⁴ traz um levantamento bibliográfico sobre experimentação no ensino de química, no período de 1995 a 2015. Considerando-se o período de 1995 a 2018, tem-se um total de 111 artigos, dos quais 20 abordaram a Eletroquímica, resultando numa porcentagem de 18% dos artigos relacionados a esse tema. Percebe-se a importância de se realizar trabalhos voltados ao ensino de Eletroquímica, a fim de melhorar o processo de ensino-aprendizagem dessa área da Química.

O presente trabalho, além de contemplar essa área do conhecimento, alia o método cooperativo *jigsaw* que tem sido pouco explorado

no âmbito do ensino médio. Alguns trabalhos da literatura utilizaram o método *jigsaw* no ensino de funções orgânicas,¹⁵ modelos atômicos,¹⁶ história da química,¹⁷ química orgânica (petróleo como tema gerador),¹⁸ separação de misturas,¹⁹ soluções^{20,21} e reações químicas.²²

A aprendizagem cooperativa refere-se a inúmeras técnicas de organizar e conduzir as atividades em sala de aula, e consiste principalmente na utilização de pequenos grupos para desenvolver um trabalho com objetivos comuns, o qual propicia aos estudantes criarem formas de interdependência, que os tornam responsáveis pelo sucesso de sua aprendizagem e também pela dos outros.²³

A aprendizagem cooperativa baseia-se no construtivismo, e pode tornar o ensino de Química mais dinâmico, ajudando na aprendizagem dos estudantes e no desenvolvimento de habilidades interpessoais.²⁴ Atividades experimentais associadas aos métodos cooperativos proporcionam ao estudante a potencialização do desenvolvimento de habilidades importantes, no que diz respeito aos aspectos procedimentais da Ciência, bem como a sua formação cidadã.¹⁹

Dentre as várias técnicas para se utilizar a aprendizagem cooperativa, destaca-se o método *jigsaw*, que é composto por etapas, nas quais inicia-se o trabalho a partir da divisão da turma em grupos heterogêneos de 4 a 6 alunos e o roteiro da aula é elaborado pelo professor. Para garantir um resultado satisfatório, algumas modificações podem ser realizadas, em relação ao método proposto originalmente.²⁵ Isso se justifica quando o tópico a ser desenvolvido com os alunos for considerado complexo (por envolver vários conceitos), pois esse caso requer que os alunos tenham experiência em trabalhar em grupos.²⁵⁻²⁷ Considerando as dificuldades encontradas no ensino de Eletroquímica, e com vistas a obter um melhor aproveitamento por parte dos alunos e maior eficiência nas atividades desenvolvidas, o método *jigsaw* desenvolvido neste trabalho foi modificado conforme proposto por Eilks.¹⁶

No método *jigsaw* modificado:¹⁶ **(a)** cada subtópico é realizado duas vezes, levando a dois grupos de especialistas (GEs) trabalhando no mesmo subtópico. Isso garante que cada grupo de base (GB) tenha dois especialistas que preparam suas atividades independentemente uns dos outros para cada subtópico; **(b)** as atividades e conteúdos para os trabalhos dos GEs e GBs são planejados para durar várias aulas. Todas as

atividades em ambas as fases são estruturadas dando aos alunos dos grupos tarefas que permitam conduzir os seus trabalhos. Os materiais de ensino incluem textos, *kits* experimentais e tarefas escritas; e **(c)** depois de todas as fases concluídas, os resultados dos GBs são comparados e discutidos.

2. Objetivos

Utilizar *kits* experimentais para facilitar o ensino de células galvânicas no Ensino Médio, baseada na aprendizagem cooperativa por meio do método *jigsaw*. Os objetivos específicos são: **(i)** diagnosticar como os alunos avaliam a atividade didática proposta (inclusive em relação à metodologia tradicional de ensino); **(ii)** verificar se a proposta didática contribuiu para auxiliar a aprendizagem dos estudantes a partir do conteúdo trabalhado; e **(iii)** melhorar a motivação dos alunos, permitindo-os interagir com o conteúdo com maior interesse, proporcionando maior afinidade pelos conteúdos de Química.

3. Metodologia

O presente trabalho abordou a experimentação associada ao método *jigsaw*,²⁸ visando auxiliar o aluno a entender melhor sobre células galvânicas, diminuindo o nível de dificuldade em relação à aprendizagem de Eletroquímica, promovendo assimilação e entendimento em relação a esse conteúdo.

3.1. Campo e sujeitos da pesquisa

A pesquisa foi realizada no ano de 2018, com 28 alunos de uma turma do turno matutino do 2º ano do Ensino Médio de um Colégio particular do município de Patrocínio, Minas Gerais. Essa pesquisa pode ser classificada como de risco mínimo, uma vez que os procedimentos que os participantes foram submetidos não envolveram maiores riscos do que os encontrados na realização de suas atividades cotidianas. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) firmou o compromisso em respeito à autonomia, liberdade e privacidade dos indivíduos, no esclarecimento da participação voluntária dos participantes, das informações dos objetivos e

uso das informações obtidas na pesquisa, assim como o entendimento com clareza por parte dos participantes e de seus responsáveis, quanto aos procedimentos realizados.²⁹

3.2. Preparação, aplicação e avaliação do método *jigsaw*

Na primeira aula, foi apresentado o TCLE aos alunos, e solicitado que explicassem aos pais ou responsáveis, e que o trouxessem assinado na aula posterior. Em seguida teve-se início as aulas no formato “convencional”, sendo 5 aulas sobre o tema Eletroquímica.

Após isso, foram formados 6 (seis) grupos de especialistas (GEs), sendo 4 grupos compostos por 5 alunos cada e dois grupos formados cada um por 4 alunos. O tema abordado foi Eletroquímica; dentro desse tema o tópico escolhido para ser trabalhado no formato *jigsaw* foi células galvânicas, sendo dividido em 3 (três) subtópicos (“pilhas comerciais”; “células galvânicas” e “reações de oxidorredução”). Os 3 *kits* experimentais e seus respectivos roteiros, associados aos 3 (três) subtópicos foram aplicados. Vale ressaltar que um artigo contendo a descrição da montagem e da forma de utilização dos *kits* experimentais nº 1 e 2 foi publicado na revista Química Nova na Escola.³⁰ A montagem e forma de utilização do *kit* experimental nº 3 estão descritas na dissertação de Diniz.³¹ Os *kits* experimentais podem ser reproduzidos por professores da Educação Básica, no processo de ensino-aprendizagem de Eletroquímica. As aulas foram conduzidas pelo professor da educação básica, que é um dos autores do presente artigo.

O formato proposto para os GEs foi seguido pela entrega dos *kits* experimentais. Os GEs foram distribuídos formando três equipes, cada uma envolvendo dois GEs, que trabalharam conjuntamente. A primeira equipe de especialistas ficou com 10 alunos e dois *kits* experimentais nº 1, a segunda equipe de especialistas ficou com 10 alunos e dois *kits* experimentais nº 2 e a terceira equipe de especialistas ficou com 8 alunos e dois *kits* experimentais nº 3.

Após isso, foram formados 6 GBs, sendo 4 grupos com 5 alunos cada e 2 grupos formados cada um por 4 alunos, sendo que cada grupo recebeu pelo menos um aluno de cada GE. Cada GB teve 1 ou 2 especialistas de cada subtópico (1, 2 e 3). A cada membro do GB foi atribuído um papel (mediador, porta-voz, redator A, redator

B e relator). No caso dos GBs com 4 alunos, foi possível a presença de apenas 1 redator; os GBs com 5 alunos contaram com 2 redatores, A e B. A atribuição de papéis aos integrantes dos grupos é recomendada, a fim de garantir a interdependência e a importância dos alunos nas atividades.¹⁵ A Figura 1 mostra a dinâmica dos grupos durante a realização do método *jigsaw*.

Os subtópicos 1, 2 e 3 foram estudados pelos GEs e consolidados nos GBs. Para a finalização dos trabalhos, um relator de cada grupo fez a exposição oral das conclusões do seu grupo e, por fim, foi realizado o processamento grupal (avaliação do trabalho em grupo e da aprendizagem).²⁷ Após o término das aulas no formato *jigsaw* os alunos responderam questionários com a finalidade de avaliar: (i) o método *jigsaw* e (ii) a aprendizagem em Eletroquímica.

O questionário do item (i) foi respondido pelos estudantes em escala *Likert* de cinco pontos, com alternativas: Concordo plenamente (CPI), Concordo parcialmente (CPa), Não concordo nem discordo (NCD), Discordo parcialmente (DPa) e Discordo totalmente (DT). A decisão de usar a escala *Likert* foi baseada em trabalhos já publicados.^{16,27} Algumas afirmativas foram adaptações das questões contidas nos mesmos^{16,27} e foram agrupadas em 4 categorias, conforme descrito posteriormente.

O questionário do item (ii) envolveu questões de Eletroquímica sobre células galvânicas contidas em provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Questões do ENEM foram escolhidas considerando a sua abrangência e a obrigatoriedade desse exame para alunos do Ensino Médio que aspiram uma vaga numa Universidade Pública ou Privada.

A pesquisa demandou 16 aulas, sendo 5 aulas sobre o tema Eletroquímica, no formato “convencional”, e 11 aulas estruturadas de acordo com o método *jigsaw*, incluindo a realização de atividades experimentais e a aplicação dos instrumentos. Caso não seja possível utilizar 16 aulas para aplicar essa proposta, sugere-se que o professor faça as adaptações que julgar conveniente, como por exemplo, reduzir (ou mesmo eliminar) a carga horária das aulas “convencionais” relacionadas a Eletroquímica e/ou executar um número menor de etapas relacionadas aos kits experimentais. Por exemplo, os artigos sugeridos para leitura nos roteiros de cada *kit*, podem ser lidos previamente pelos alunos, em casa. Alternativamente, pode-se utilizar 1 ou 2 kits experimentais, ao invés de 3. Com isso, o número de aulas para aplicação da atividade poderá ser reduzido, tornando-o viável para aplicação em escolas públicas.

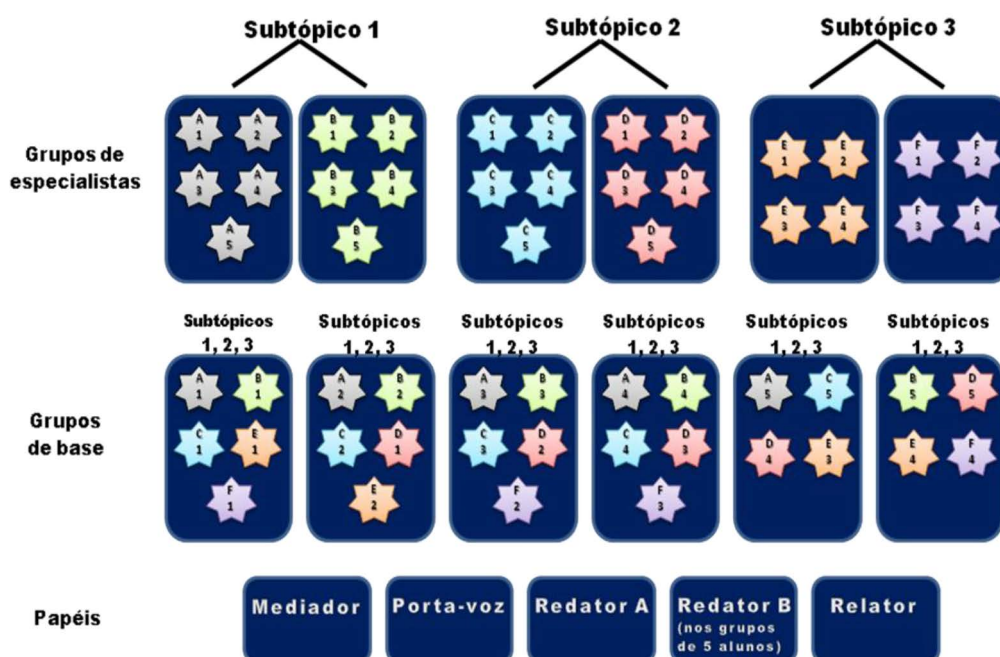


Figura 1. Representação esquemática da sequência de etapas seguida na aplicação da atividade, de acordo com o método *jigsaw* modificado (Figura elaborada pelos autores)

As respostas dos GEs e dos GBs dadas às questões presentes nas diversas etapas dos roteiros dos kits experimentais nºs 1, 2 e 3 foram avaliadas utilizando-se os termos “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”. O termo “Incorpora” foi atribuído quando o grupo respondeu de acordo com a resposta esperada, o termo “Tangencia” foi atribuído quando a resposta se aproximou do esperado, e o termo “Distancia” foi atribuído quando a resposta não apresentou relação com o esperado.³²

4. Resultados e Discussão

4.1. Utilização dos kits experimentais pelos grupos de especialistas (GEs)

Os resultados obtidos pelos GEs, a partir da utilização dos kits experimentais nºs 1, 2 e 3, com duração de 3 aulas de 50 minutos, encontram-se reunidos nas Figuras 2 a 11. Foram escolhidas perguntas e respostas representativas para cada kit experimental.

Kit experimental nº 1: Entendendo o funcionamento das pilhas comerciais

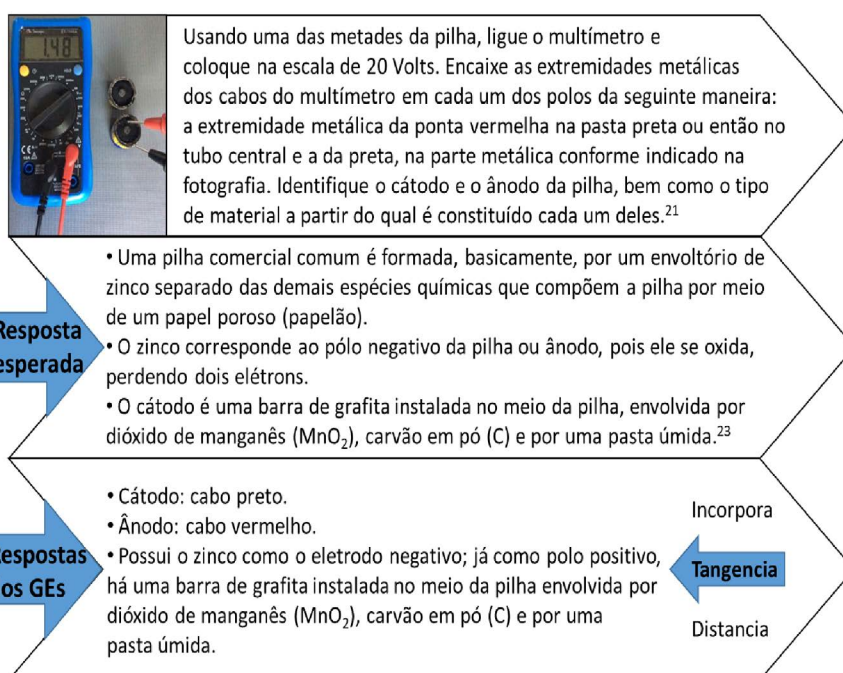


Figura 2. Análise das respostas dos GEs à questão da 1ª Etapa (Medida do potencial a partir da secção transversal da pilha) do kit experimental nº 1 (Figura elaborada pelos autores)

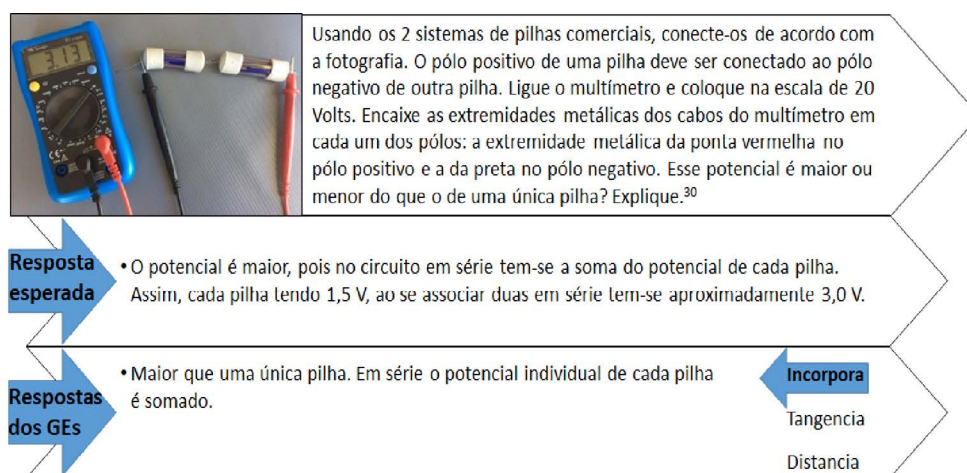


Figura 3. Análise da resposta dos GEs à questão da 2ª Etapa (Medida do potencial dos sistemas de pilhas em duas configurações diferentes) do kit experimental nº 1 (Figura elaborada pelos autores)

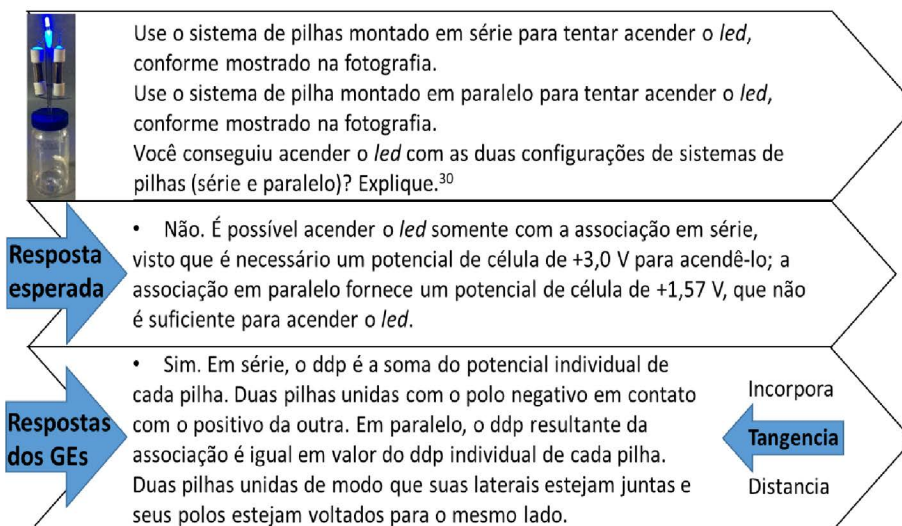


Figura 4. Análise da resposta dos GEs à questão da 3ª Etapa [Montagem do sistema para acender o *led* (tensão nominal de 3,0 V)] do *kit* experimental nº 1 (Figura elaborada pelos autores)

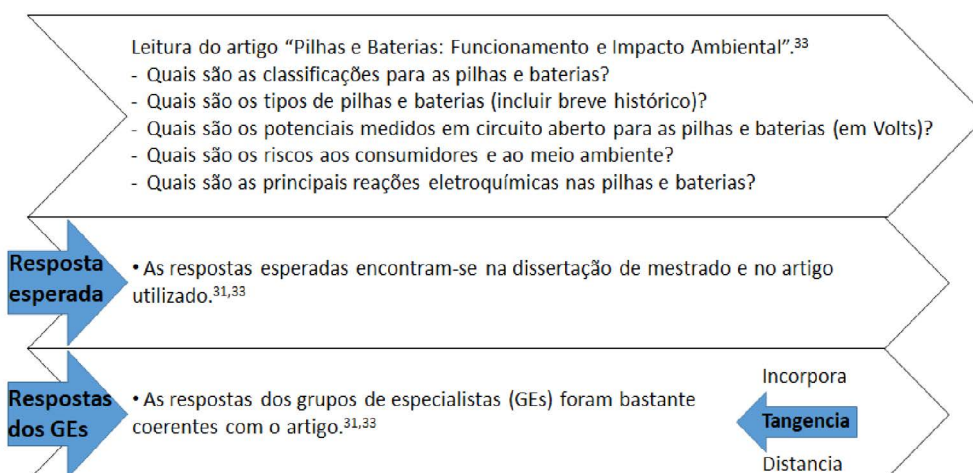


Figura 5. Análise da resposta dos GEs à questão da 4ª Etapa (Resolução de questão de Eletroquímica do ENEM 2017. Essa questão envolve a associação em série de pilhas e está disponível nas referências [30,34]) do *kit* experimental nº 1 (Figura elaborada pelos autores)

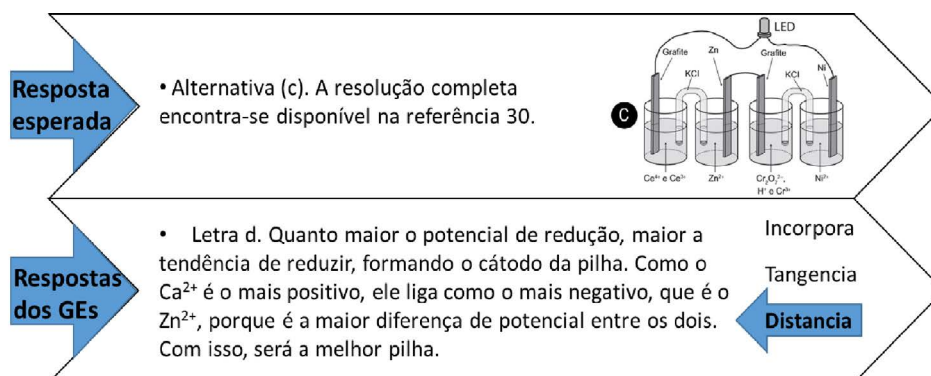


Figura 6. Análise da resposta dos GEs à questão da 5ª Etapa do *kit* experimental nº 1 (Figura elaborada pelos autores)

Kit experimental nº 2: Entendendo o funcionamento das células galvânicas

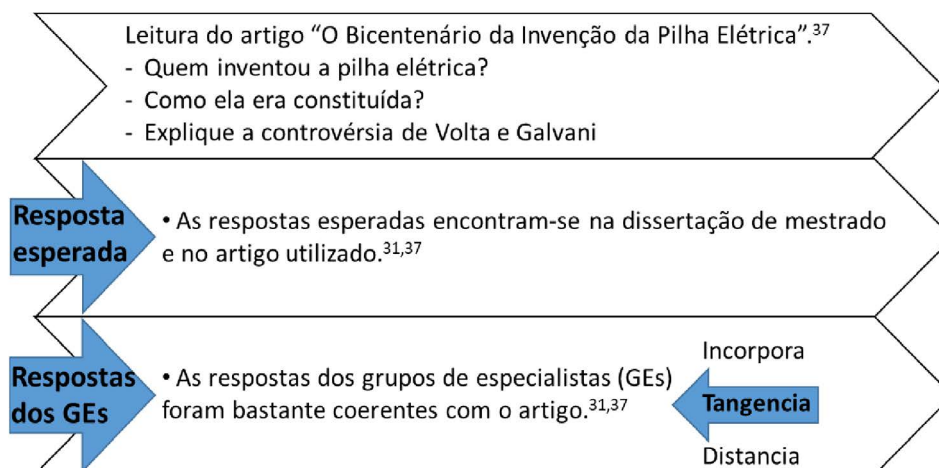


Figura 7. Análise da resposta dos GEs à questão da 1ª Etapa do kit experimental nº 2 (Figura elaborada pelos autores)

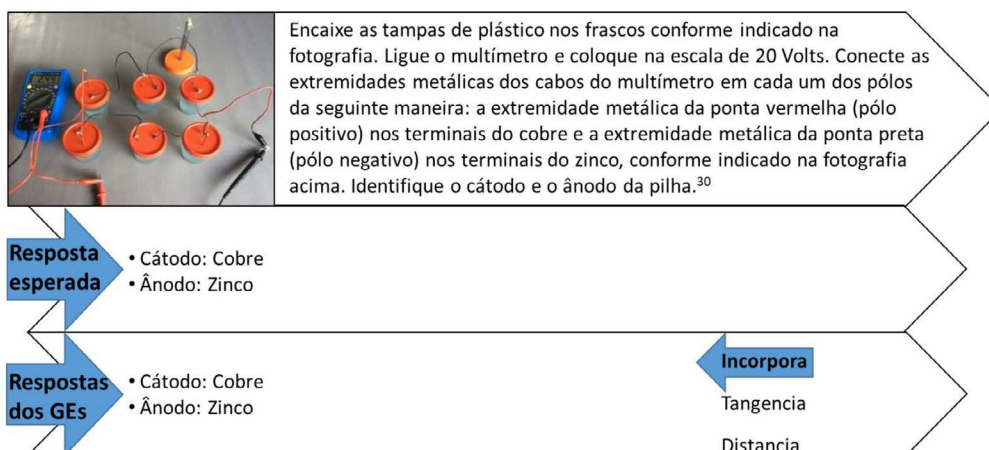


Figura 8. Análise da resposta dos GEs à questão da 2ª Etapa (Medida do potencial de um sistema eletroquímico) do kit experimental nº 2 (Figura elaborada pelos autores)

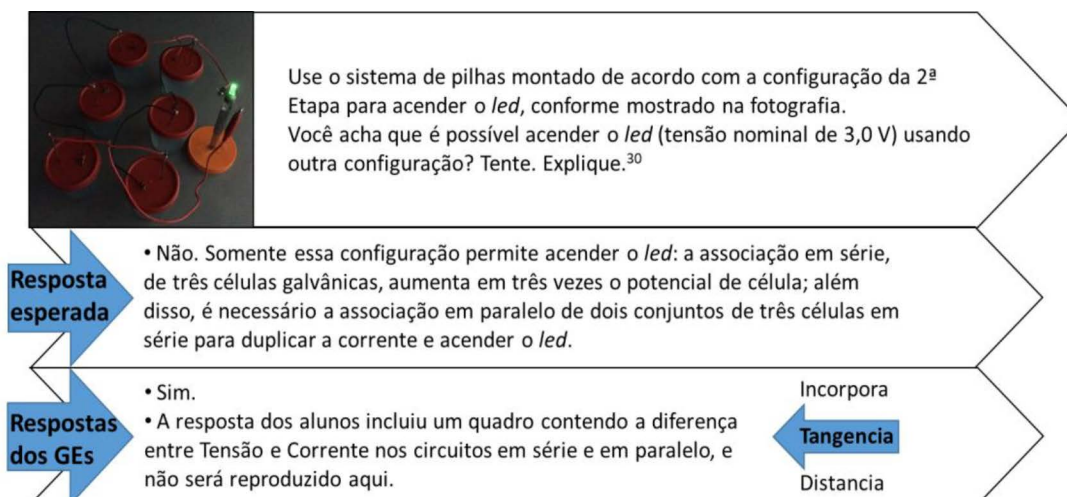


Figura 9. Análise das respostas dos GEs à questão da 3ª Etapa [Acendendo um led (tensão nominal de 3,0V) usando o sistema eletroquímico] do kit experimental nº 2 (Figura elaborada pelos autores)

Kit experimental nº 3: Verificando a ocorrência das reações de oxidorredução

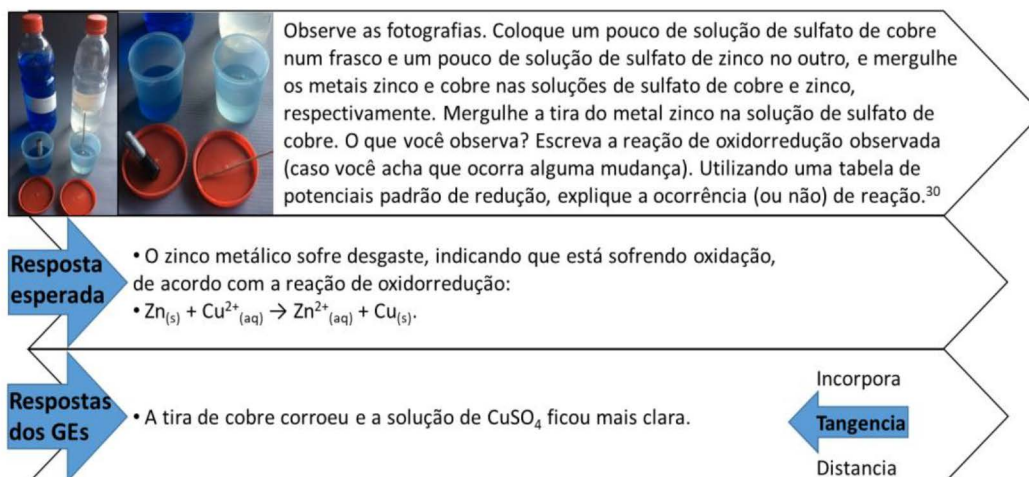


Figura 10. Análise das respostas dos GEs à questão da 1ª Etapa (verificando a ocorrência de reação de oxidorredução) do kit experimental nº 3 (Figura elaborada pelos autores)

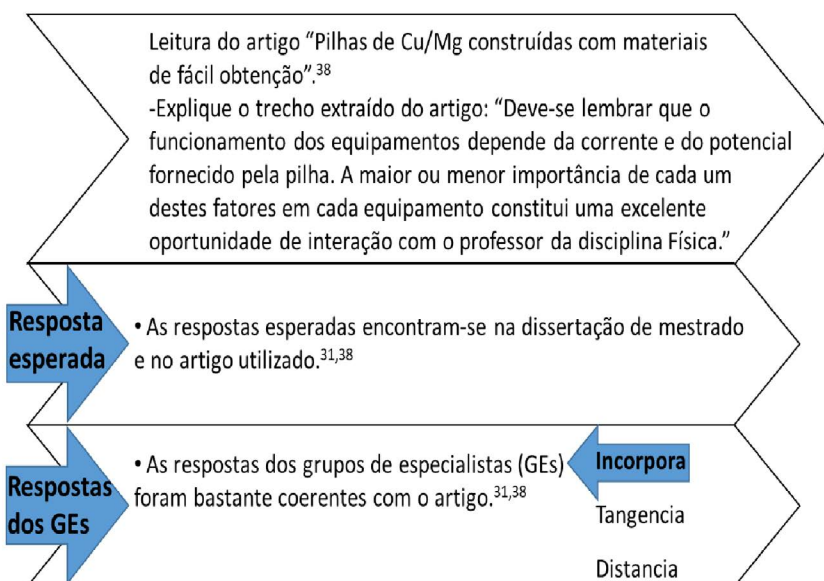


Figura 11. Análise das respostas dos GEs à questão da 2ª Etapa do kit experimental nº 3 (Figura elaborada pelos autores)

A questão do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM 2017) utilizada na 4ª Etapa do kit experimental nº 1 (Figura 5) abordou um nível aprofundado do conteúdo, o que resultou em muita dificuldade para o entendimento por parte dos alunos. Essa foi uma das 5 questões mais difíceis da prova do 2º dia do ENEM 2017.^{35,36} Esse tipo de questão demonstra a importância de mudar-se o perfil das aulas de química. É preciso estabelecer relações como a realidade do aluno e também criar condições de interdisciplinaridade entre os conteúdos, principalmente relacionando com os aspectos matemáticos e conceitos que

ocorrem dentro da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.¹¹

A 4ª Etapa do kit experimental nº 2 foi a mesma que a 4ª Etapa do kit experimental nº 1 (Resolução de questão de Eletroquímica do ENEM 2017 [30,34]). Os alunos dos GEs marcaram a alternativa “b”, que é incorreta, tendo a alternativa “c” como resposta correta. Na parte destinada à resolução eles não apresentaram nenhuma situação para a resposta. A classificação da resposta foi “Distancia”. A referida questão apresentou um nível aprofundado e os alunos não foram capazes de entender o esquema e solucionar a questão.

A Figura 12 apresenta um consolidado do índice de respostas classificadas com “Incorpora”, “Tangencia” e “Distancia”, para as questões das etapas relacionadas aos kits experimentais nºs 1, 2 e 3. Observa-se que os GEs que ficaram com o kit experimental nº 1 apresentaram um alto percentual de respostas que incorporaram e tangenciaram o conteúdo, com cerca de 86%, demonstrando um bom aproveitamento do tópico contemplado. Para o kit experimental nº 2, cerca de 89% das respostas incorporaram e tangenciaram o conteúdo abordado e, para o kit experimental nº 3, 100% das respostas foram classificadas como “Incorpora” e “Tangencia”, refletindo um excelente aproveitamento dos conteúdos abordados.

4.2. Atividades dos grupos de base (GBs) e consolidação da aprendizagem

Os GBs contaram com a participação de 27 alunos. Produções textuais representativas dos 6 GBs, por kit experimental, sobre a aprendizagem dos três subtópicos foram reunidas na Figura 13.

As apresentações dos relatores foram filmadas. Em relação às observações e aos comentários sobre o kit experimental nº 1, os comentários foram classificados como “Tangencia” em sua maioria, demonstrando que de forma exata não ocorreu uma descrição na sua totalidade dos tópicos abordados e um completo entendimento sobre o conteúdo dessa parte. A principal dificuldade percebida durante as apresentações foram em relação à distinção entre

circuito em série e em paralelo. Para sanar isso, onde foram feitas considerações pelo professor.

Nas apresentações sobre o kit experimental nº 2 percebeu-se que, de forma geral, os comentários foram classificados como “Tangencia”. O sistema eletroquímico montado gerou dificuldade na interpretação do circuito em série e em paralelo, assim como ocorreu no kit experimental nº 1. Também foram feitas intervenções pelo professor sobre a diferença entre os dois tipos de circuitos

Quanto ao kit experimental nº 3 três GBs apresentaram explicações que foram classificadas como “Incorpora”, demonstrando um bom entendimento sobre a experimentação e os conceitos relacionados. Ocorreram erros, como considerar o experimento como pilha de Daniell ou tratar como alumínio o material utilizado, que foi o zinco. Essas explicações foram classificadas como “Distancia”, e durante a explicação dos relatores o professor realizou intervenções a fim de corrigir os erros.

A Figura 14 apresenta um consolidado do índice de “considerações” dos GBs classificado com “Incorpora”, “Tangencia” e “Distancia”, para os kits experimentais nºs 1, 2 e 3. A partir da análise dos índices, percebeu-se que cerca de 17% das respostas para o kit experimental nº 1 foram classificadas como “Incorpora” e cerca de 17% classificadas como “Distancia”, tendo em torno de 66% a classificação de “Tangencia”. Em relação ao kit experimental nº 2, cerca de 17% das respostas foram classificadas como “Incorpora” e 83% como “Tangencia”. Para o kit experimental nº 3, 50% das respostas foram classificadas como “Incorpora”,

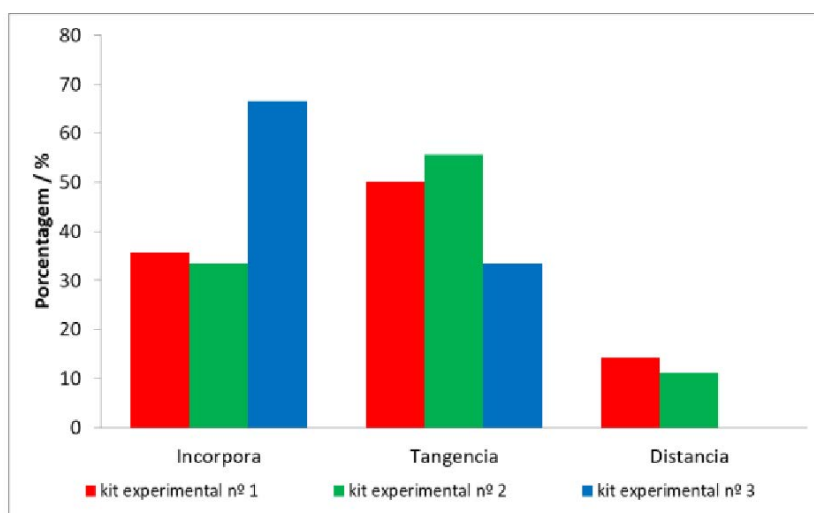


Figura 12. Índice de respostas classificadas como “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”, para os kits experimentais nºs 1, 2 e 3, utilizados pelos GEs

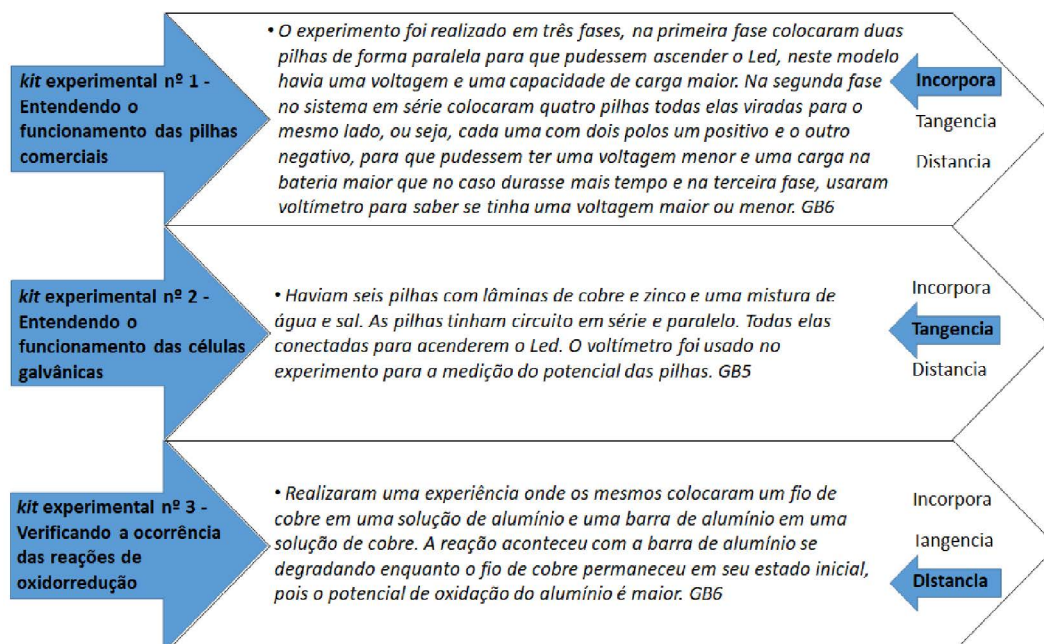


Figura 13. Produções textuais dos GBs sobre a aprendizagem a partir da utilização dos kits experimentais n°s 1, 2 e 3. *As letras GB indicam “Grupo de base”, e o número indica “o número do grupo”

cerca de 17% como “Tangencia” e em torno de 33% como “Distancia”. Obteve-se um alto nível de aproveitamento por parte dos GBs que receberam as informações e também compartilharam as suas constatações e aprendizado, demonstrando um bom protagonismo por parte dos alunos, no que diz respeito à discussão e aprofundamento do conhecimento sobre células eletroquímicas.

Os resultados evidenciaram um bom aproveitamento dos tópicos abordados sobre Eletroquímica por parte dos GBs. Quando os índices de respostas classificadas como “Incorpora” e “Tangencia” obtidos por esses grupos foram somados, obteve-se para o kit experimental n° 1 cerca de 83% das respostas, para o kit experimental n° 2, 100% das respostas e, para o kit experimental n° 3, 67% das respostas, demonstrando um alto nível de aprendizado e interação dos alunos, que absorveram o conhecimento a partir dos especialistas, presentes nos GBs, que compartilharam seus conhecimentos.

Ao estabelecer-se uma comparação entre o nível de aproveitamento dos GEs e GBs (Figuras 12 e 14), observou-se, para os kits experimentais n°s 1 e 2, ótimos resultados nos GBs, levando a concluir que o conteúdo de cada kit experimental foi bem explorado e garantiu bom entendimento no compartilhamento dos especialistas dentro dos GBs. Para o kit experimental n° 1 observou-se uma diferença para

menos de apenas 3% em relação ao índice obtido no GEs, levando ao resultado de 83% no GB e, para o kit experimental n° 2 uma melhora de 11%, levando ao resultado de 100% no GB. Em relação ao kit experimental n° 3 observou-se uma redução no rendimento do GB, saindo de 100% no GE e indo para 67% no GB. Essa redução pode ser efeito de um compartilhamento superficial das informações dentro do GB por parte dos especialistas, que estavam com o kit experimental n° 3.

As atividades desenvolvidas nos GBs e anteriormente, nos GEs, proporcionaram várias respostas em relação aos questionamentos estabelecidos. Essas situações permitiram inferir que a estratégia de ensino utilizada criou condições de independência pelos alunos e diminuiu, por parte deles, o medo de errar, garantindo uma maior tranquilidade ao responder. Esses fatores estimularam os alunos a participar das aulas experimentais, com uma postura mais ativa na sua aprendizagem.

4.3. Avaliação do método *jigsaw* pelos alunos

Um questionário contendo 7 afirmativas foi aplicado, cada uma contendo um espaço destinado a comentários (opcional), o qual visou avaliar a eletroquímica por experimentação associada ao método *jigsaw*, e contou com a

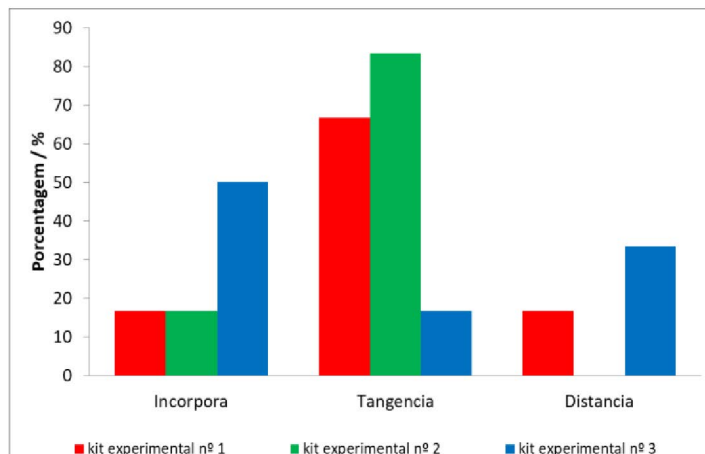


Figura 14. Índice de consideração classificadas com “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”, para os kits experimentais nºs 1, 2 e 3, utilizados pelos GBs

participação de 26 alunos. As respostas dos alunos às afirmativas foram organizadas em 4 categorias, e são apresentadas na Figura 15.

A Afirmativa 1 foi enquadrada na categoria “**dificuldades dos alunos**”. Nessa questão, foi perguntado se o aluno teve dificuldade em organizar o trabalho no formato de aula *jigsaw*; 11,54% concordaram plenamente ou parcialmente, 19,23% não concordaram e nem discordaram e 69,23%

discordaram parcialmente ou totalmente, indicando que os alunos não tiveram dificuldade em organizar o trabalho no formato de aula *jigsaw*. Chamou a atenção a porcentagem de alunos que ficou indeciso ao responder essa questão (19,23%). Índice semelhante (24,0%) foi obtido por Fatareli e colaboradores²⁷ para essa opção dessa mesma questão.

As Afirmativas 2 e 3 foram enquadradas na categoria “**a conduta do professor**”. Com relação

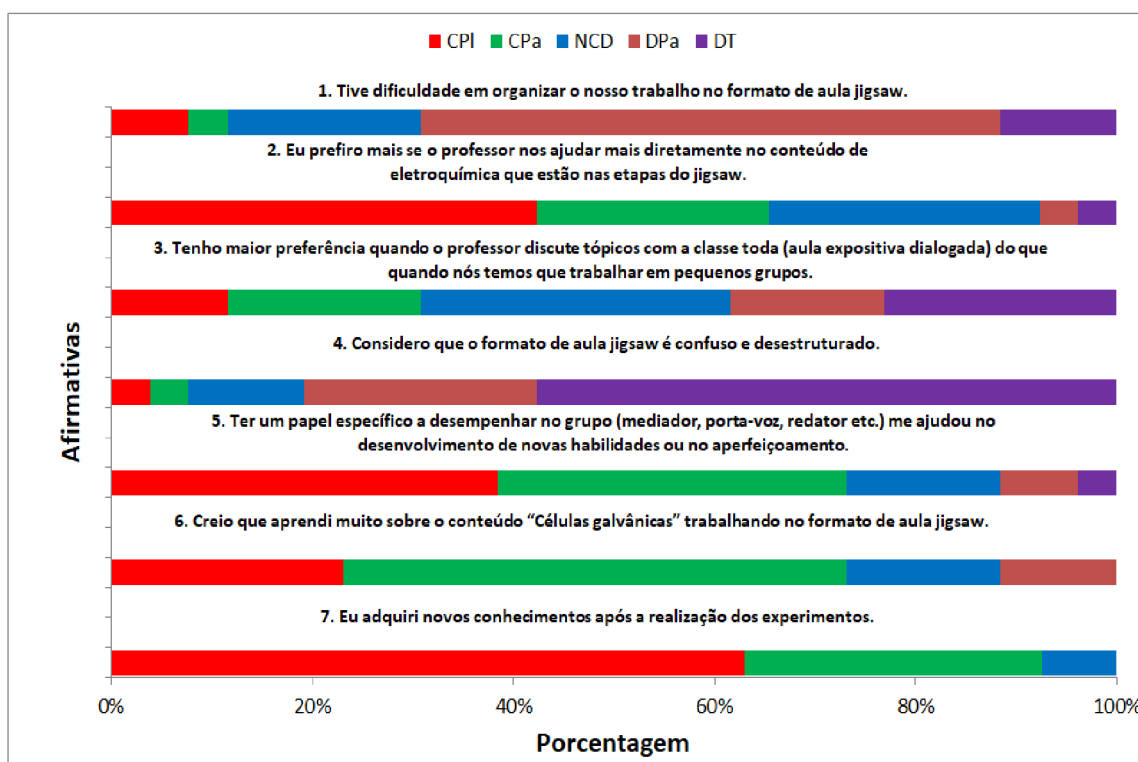


Figura 15. Índice de respostas na escala Likert de cinco pontos para as afirmativas do questionário de avaliação da estratégia pelos alunos

a Questão 2, 65,38% dos alunos concordaram plenamente ou parcialmente que é melhor o professor ajudar de forma direta nas etapas do método *jigsaw*, 26,9% não concordaram e nem discordaram e 7,7% discordaram totalmente ou parcialmente. A postura do professor de não auxiliar os alunos durante a realização dos experimentos e discussões visou com que os mesmos assumissem a centralidade no desenvolvimento das atividades e na resolução dos problemas propostos. Na Questão 3, 30,77% concordaram plenamente ou parcialmente a preferência por aulas expositivas ou dialogadas em relação ao método *jigsaw*, 30,77% não concordaram e nem discordaram e 38,45% discordaram parcialmente ou totalmente.

Nossos resultados indicaram que a maioria dos alunos preferiu que o professor tivesse ajudado mais nas atividades; também, chamou a atenção o alto índice de alunos que ficou indeciso quanto à preferência pelo método cooperativo ou tradicional. Os índices obtidos nas outras opções de respostas não nos deram uma margem razoável de diferença para dizer com confiança que um método é preferível em relação ao outro, pois ficaram muito próximos (38,45%: somatório das respostas favoráveis ao método *jigsaw* e 30,77% das respostas favoráveis ao método tradicional).

Essa dúvida por parte dos alunos pode ser atribuída a dependência que parte deles tem em relação às aulas tradicionais expositivas. À medida que mais atividades com o perfil desse trabalho forem realizadas, poderá ocorrer um aumento dos alunos que preferirão o formato *jigsaw*, chegando ao final a valores mais significativos ainda nesses procedimentos. O importante é continuar em busca de melhores condições para que os alunos aprendam os conteúdos mais efetivamente, e tenham capacidade de relativizar os mesmos de diversas formas.

É interessante confrontar os nossos resultados com aqueles da literatura,^{16,27} onde um ponto em comum reside no alto índice de indecisos quanto à Questão 2 (28,0%). No entanto, nossos resultados para as Afirmativas 2 e 3 foram contrários aos da literatura,^{16,27} pois a maioria dos alunos discordou que o professor devesse ter ajudado mais diretamente e que as aulas tivessem sido conduzidas de forma expositiva.

As Afirmativas 4 e 5 foram enquadradas na categoria “**andamento do método**”. Na Questão 4, que perguntou se o formato de aula *jigsaw* é confuso e desestruturado, 7,7% concordaram plenamente ou parcialmente, 11,54% não concordaram e nem discordaram e 80,76% discordaram parcialmente ou

totalmente dessa posição. Na Questão 5 foi avaliado se ter tido um papel específico a desempenhar no grupo (mediador, porta-voz, redator etc.) ajudou no desenvolvimento de novas habilidades ou no aperfeiçoamento de habilidades, sendo que 73,07% dos alunos concordaram plenamente ou parcialmente, 15,39% não concordaram e nem discordaram e 11,54% discordaram parcialmente ou totalmente. Nosso resultado foi coerente com o índice de 88,0% (somatório das respostas CPI e CPa), obtido por Fatareli e colaboradores.²⁷

Foi possível perceber que os alunos tiveram a oportunidade de ensinar e aprender uns com os outros, conduzindo e explicando os experimentos para os colegas (nos GEs e nos GBs), num ambiente de plena interação. Os alunos considerados desinteressados em outras aulas apresentaram boa participação durante a realização da pesquisa. Esse momento de interação entre os alunos possibilitou melhora no relacionamento e a criação de maior afinidade dentro da sala de aula. Muito importante destacar esse aspecto, pois precisa-se urgentemente aproximar nossos alunos, demonstrando a importância da boa convivência e da preocupação com o outro, melhorando cada vez mais o diálogo construtivo entre eles.

As Afirmativas 6 e 7 foram enquadradas na categoria “**contribuições do método *jigsaw* para o conceito proposto**”. Na Questão 6, 73,07% concordaram plenamente ou parcialmente que aprenderam muito sobre o conteúdo “*células galvânicas*” trabalhado no formato de aula *jigsaw*, 15,39% não concordaram e nem discordaram e 11,54% discordaram parcialmente da questão. Esses resultados estão de acordo com o desempenho dos grupos ao responderem as questões contidas nos *kits* experimentais nºs 1, 2 e 3. Altos índices de concordância com essa questão, ~81% e 95,8%, foram obtidos por outros autores.^{16,27} Os comentários de alguns alunos corroboraram o elevado índice de alunos que considerou que aprendeu o conteúdo por meio da proposta didática utilizada; percebeu-se, nos comentários sobre o método, uma ênfase positiva na atividade experimental associada ao mesmo. O comentário de um dado aluno foi condizente com o método *jigsaw*, inserido nas metodologias ativas de aprendizagem, o qual demonstrou que o aluno compreendeu que ele pôde exercer um papel importante na busca pelo seu aprendizado. A Questão 7, que abordou se o aluno adquiriu

novos conhecimentos após a realização dos experimentos, 92,6% concordaram plenamente ou parcialmente e 7,4% não concordaram e nem discordaram.

Resultados positivos também foram observados no desempenho do professor-pesquisador, que teve de assumir um papel de mediador do processo ensino-aprendizagem, e não mais de mero transmissor de informações. O bom desempenho na prática em sala de aula com os alunos melhorou a sua visão sobre a aprendizagem e aumentou a sua preocupação com a prática docente. Esse aspecto é muito importante, porque a partir desse trabalho terá maior cuidado com sua prática docente e irá desenvolver atividades experimentais aliadas ao método *jigsaw* e a outros métodos cooperativos, no sentido de melhorar o nível de aprendizagem de seus alunos, e a relação entre eles, na escola e fora dela.

4.4. Avaliação da aprendizagem de Eletroquímica

Aplicou-se um questionário, contendo 8 questões do ENEM, envolvendo conceitos de células galvânicas. Essa atividade contou com a participação de 27 alunos e foi realizada antes do início das atividades experimentais no formato *jigsaw* e após as atividades, com o objetivo de verificar se houve alguma melhora significativa na aprendizagem dos conceitos de células galvânicas.

Obteve-se, na aplicação das questões antes da utilização do método *jigsaw*, uma média geral de 1,85 acertos em 8 questões por aluno, o que correspondeu a uma média de 23,15% de acertos/aluno. Na aplicação das questões após a utilização do método *jigsaw*, verificou-se uma média de 1,89 de acertos nas mesmas 8 questões, por aluno, o que correspondeu à uma média de 23,62% de acertos/aluno. A partir dos resultados percebeu-se uma pequena melhora nos valores da média de acertos por aluno.

Em geral, as questões do ENEM que envolvem o tema Eletroquímica são aprofundadas e contextualizadas, e geram grande dificuldade para a resolução pelos alunos, a exemplo da questão do ENEM contida nos roteiros dos *kits* experimentais nºs 1 e 2, que resultou em dificuldade para a sua resolução pelos alunos do presente trabalho, assim como para os alunos que fizeram a prova do ENEM 2017, onde o índice de acertos foi menor que 20%.²⁸

Apesar dos dados desse trabalho terem indicado que as aulas utilizando as atividades

experimentais associadas ao método *jigsaw* permitiram um bom entendimento dos tópicos abordados pelos alunos, e foram muito bem aceitas pela maioria desses, acredita-se que, para ter-se um melhor desempenho nesse tipo de verificação da aprendizagem, são necessárias mais atividades nesse sentido, levando o aluno a uma maior capacidade de raciocínio sobre os conteúdos de Química do Ensino Médio.

5. Considerações Finais

- O presente trabalho proporcionou aos alunos do Ensino Médio o desenvolvimento de conhecimentos básicos relacionados à Eletroquímica, permitindo-os exercer sua autonomia e a construção de novos aspectos relacionados ao saber.

- A utilização dos *kits* experimentais, facilitou, de forma geral, o ensino de células galvânicas. A experimentação, associada à aprendizagem cooperativa por meio do método *jigsaw*, possibilitou ensinar conceitos referentes ao referido tópico da Eletroquímica. Inicialmente, os alunos apresentaram dificuldades com os *kits* experimentais, mas ao longo das etapas do trabalho, e com a mediação do professor, passaram a ter domínio sobre grande parte do que foi explorado no material. O significado disso é uma assimilação do conteúdo de forma mais segura e eficiente.

- Os alunos interagiram bem com a experimentação e reagiram positivamente ao método *jigsaw*, aumentando seu nível de confiança ao responder sobre o tópico abordado e seus subtópicos.

- Observou-se que os alunos apresentaram uma aprendizagem relevante do conteúdo de Eletroquímica. A realização de experimentos associada ao uso da metodologia cooperativa, e o fato de colocar o aluno como protagonista dentro da construção do seu conhecimento, utilizando novas ferramentas e tendo novos focos no ensino de Química, propiciaram bons resultados.

- Apesar de a proposta didática ter sido muito bem aceita pelos alunos, os resultados não mostraram diferenças significativas entre os índices de alunos que preferiram aulas no formato *jigsaw* ou expositivas.

- O presente trabalho poderá servir de base para estender esse método de ensino para outras áreas da Química, propiciando uma diversificação das metodologias no processo de ensino e aprendizagem.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 (Portaria nº 206, de 04/09/2018). À Rede Mineira de Química (RQ-MG)/FAPEMIG (Processos REDE-113/10; CEX-RED-00010-14), pelo fomento.

Referências Bibliográficas

- ¹Cachapuz, A.; Praia, J.; Gil-Pérez, D.; Carrascosa, J.; Martínez-Terrades, F. A emergência da didática das ciências como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação* **2001**, *14*, 155. [Link]
- ²Schnetzler, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova* **2002**, *25*, 14. [CrossRef]
- ³Adúriz-Bravo, A.; Aymerich, M. I. Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2002**, *1*, 130. [Link]
- ⁴Pozo, J. I.; Gómez Crespo, M. A.; Limón, M.; Sanz Serrano, A.; *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*, CIDE: Madrid, 1991.
- ⁵Pozo, J. I.; Crespo, M. A. G.; *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*, 5a. ed., Artmed: Porto Alegre, 2009.
- ⁶Caamaño, A. Em Aleixandre, M. P. J. (Coord.), Caamaño, A.; Oñorbe, A.; Pedrinaci, E.; de Pro, A.; *Enseñar Ciencias*; GRAÓ: Barcelona, 2007, cap. 4.
- ⁷Niaz, M.; Chacón, E. A Conceptual Change Teaching Strategy to Facilitate High School Students' Understanding of Electrochemistry. *Journal of Science Education and Technology* **2003**, *12*, 129. [CrossRef]
- ⁸ Bocanegra, C. H. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual Paulista, 2010. [Link]
- ⁹Sanjuan, M. E. C.; Santos, C. V. dos; Maia, J. de O.; Silva, A. F. A da; Wartha, E. J. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. *Química Nova na Escola* **2009**, *31*, 190. [Link]
- ¹⁰Kempa, R. F. Students' learning difficulties in science: causes and possible remedies. *Enseñanza de las Ciencias* **1991**, *9*, 119. [Link]
- ¹¹Ministério da Educação, Base Nacional Comum Curricular, Ensino Médio. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>>. Acesso em: 4 setembro 2020.
- ¹²Benite, A. M. C.; Pereira, L. de L. S.; Benite, C. R. M.; Procópio, M. V. R.; Friedrich, M. Formação de professores de ciências em rede social: uma perspectiva dialógica na educação inclusiva. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **2009**, *9*, 1. [Link]
- ¹³Giordan, M.; *Anais do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Valinhos, Brasil, 1999. [Link]
- ¹⁴Lisbôa, J. C. F. QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química. *Química Nova na Escola* **2015**, *37*, 198. [Link]
- ¹⁵Oliveira, B. R. M.; Vailati, A. L.; Luiz, E.; Böll, F. G.; Mendes, S. R. Jigsaw: Using Cooperative Learning in Teaching Organic Functions. *Journal of Chemical Education* **2019**, *96*, 1515. [CrossRef]
- ¹⁶Eilks, I. Experiences and reflections about teaching atomic structure in a jigsaw classroom in lower secondary school chemistry lessons. *Journal of Chemical Education* **2005**, *82*, 313. [CrossRef]
- ¹⁷Guimarães, L. P.; Castro, D. L. Método *jigsaw* e modelos atômicos: utilização da aprendizagem cooperativa para a inserção da História da Química *Educação Química em Ponto de Vista* **2018**, *2*, 98. [CrossRef]
- ¹⁸Aguiar, J. A.; Oliveira, T. A. L.; Reis, J. M. C.; Silveira, M. P. De uma sequência didática a uma oficina temática: desafios do planejamento no âmbito de um subprojeto PIBID de química. *ACTIO Docência em Ciências* **2019**, *4*, 26. [CrossRef]
- ¹⁹Silva, M. A.; Cantanhede, L. B.; Cantanhede, S. C. da S. Aprendizagem cooperativa: método *jigsaw*, como facilitador de aprendizagem do conteúdo químico separação de misturas. *ACTIO Docência em Ciências* **2020**, *5*, 1. [CrossRef]
- ²⁰Marques, S. P. D.; Ávila, F. N.; Dias Filho, F. A.; Silva, M. G. V. Aprendizagem cooperativa como estratégia no aprendizado de química no ensino médio. *Conexões - Ciência e Tecnologia* **2016**, *9*, 57. [CrossRef]
- ²¹Ferreira, F. C. S.; Cantanhede, L. B.; Cantanhede, S. C. S. Uma estratégia didática no formato de oficina para o ensino do conteúdo soluções químicas a partir do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw. *Conexões - Ciência e Tecnologia* **2018**, *11*, 114. [CrossRef]
- ²²Broiatti, F. C. D.; Souza, M. C. C. Explorando conceitos de Reações Químicas por meio do Método Jigsaw de Aprendizagem Cooperativa. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia* **2016**, *9*, 1. [CrossRef]

- ²³Vieira, S. L. *Escola – função social, gestão e política educacional*. In: Ferreira, N. S. C.; Aguiar, M. Â. Da S. (Orgs.). *Gestão da educação: impasses, perspectivas e compromissos*, 8a. ed., Cortez: São Paulo, p. 129-145, 2000.
- ²⁴Furtado, R. K. M.; Cantanhede, L. B.; Cantanhede, S. C. S. Atividades em Grupos Comuns versus Aprendizagem Cooperativa: percepções de estudantes no ensino médio de Química. *Educação Química em Punto de Vista* 2020, 4, 62. [CrossRef]
- ²⁵Aronson, E.; Stephan, C.; Sikes, J.; Blaney, N.; Snapp, M.; *The Jigsaw Classroom*. Sage Publication: CA, 1978.
- ²⁶Johnson, D. W.; Johnson, R. Em *Beyond behaviorism: Changing the classroom management paradigm*; Freiberg, H. J.; ed., 1st ed., Allyn & Bacon: Boston, 1999, cap. 3.
- ²⁷Fatareli, E. F.; Ferreira, L. N. de A.; Ferreira, J. Q.; Queiroz, S. L. Método Cooperativo de Aprendizagem Jigsaw no Ensino de Cinética Química. *Química Nova na Escola* 2010, 32, 161. [Link]
- ²⁸Sítio da Social Psychology Network: The jigsaw classroom. 2000-2020. Disponível em: <<http://www.jigsaw.org>>. Acesso em: 3 abril 2018.
- ²⁹Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde, Resolução n° 466, de 12 de dezembro de 2012. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html>. Acesso em: 8 abril 2018.
- ³⁰Diniz, B. P.; Alves, A. S., Lemes, L. C., Silva, L. A. da; Alves, V. A. Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio. *Química Nova na Escola* 2020, 42, 77. [CrossRef]
- ³¹Diniz, B. P. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, 2010. [Link]
- ³²Santos, T. N. P.; Batista, C. H.; Oliveira, A. P. C. de; Cruz, M. C. P. Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de eletroquímica. *Química Nova na Escola* 2018, 40, 258. [Link]
- ³³Bocchi, N.; Ferracin, L. C.; Biaggio, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola* 2000, 11, 3. [Link]
- ³⁴Sítio do INEP. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2017/cad_7_prova_azul_12112017.pdf>. Acesso em: 25 julho 2018. [Link]
- ³⁵Sítio do Blog do ENEM. Disponível em: <<https://blogdoenem.com.br/questoes-mais-dificeis-do-enem-2017/>>. Acesso em: 25 julho 2018. [Link]
- ³⁶Sítio da revista Veja. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/educacao/enem-2017-professores-elegem-as-questoes-mais-dificeis-do-2o-dia/>>. Acesso em: 25 julho 2018. [Link]
- ³⁷Tolentino, M.; Rocha-Filho, R. O Bicentenário da invenção da pilha elétrica. *Química Nova na Escola*, 2000, 11, 35. [Link]
- ³⁸Hioka, N.; Santin Filho, O.; Menezes, A. J. de; Yonehara, F. S.; Bergamaski, K.; Pereira, R. V. Pilhas de Cu/Mg construídas com materiais de fácil obtenção. *Química Nova na Escola* 2000, 11, 40. [Link]
- ³⁹Sítio do INEP. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/microdados>>. Acesso em: 25 julho 2018. [Link]