



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL**

BRUNO PEREIRA DINIZ

**EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CÉLULAS GALVÂNICAS UTILIZANDO O
MÉTODO *JIGSAW***



UBERABA - MG

2019

BRUNO PEREIRA DINIZ

**EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CÉLULAS GALVÂNICAS UTILIZANDO O
MÉTODO *JIGSAW***

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Ciências Exatas, Naturais e Educação (ICENE/UFTM), Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFTM-Uberaba), como requisito para obtenção do título de Mestre em Química.

Linha de pesquisa: Química Ambiental e Energia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Valéria Almeida Alves

Co-orientador: Prof. Dr. Luís Antônio da Silva

UBERABA - MG

2019

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

D61e Diniz, Bruno Pereira
 Experimentação no ensino de células galvânicas utilizando o método *jigsaw* / Bruno Pereira Diniz. -- 2019.
 130 f. : il., fig., graf., tab.

 Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2019
 Orientadora: Profa. Dra. Valéria Almeida Alves
 Coorientador: Prof. Dr. Luís Antônio da Silva

 1. Energia elétrica - Estudo e ensino (Ensino médio). 2. Células fotoelétricas. 3. Aprendizagem experimental. 4. Ensino – Metodologia.
 I. Alves, Valéria Almeida. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro
 III. Título.

BRUNO PEREIRA DINIZ

**EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CÉLULAS GALVÂNICAS UTILIZANDO O
MÉTODO JIGSAW**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Ciências Exatas, Naturais e Educação (ICENE/UFTM), Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI/UFTM-Uberaba), como requisito para obtenção do título de Mestre em Química.

Linha de pesquisa: Química Ambiental e Energia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Valéria Almeida Alves

Co-orientador: Prof. Dr. Luís Antônio da Silva

Data de aprovação: 17/05/2019

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:



Prof^a. Dr^a. Valéria Almeida Alves
Presidente e Orientadora

Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM



Prof. Dr. Alexandre Rossi

Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM



Prof^a. Dr^a. Nadja Paraense dos Santos

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ),

Local: Universidade Federal do Triângulo Mineiro – Campus de Uberaba
Instituto de Ciências Exatas, Naturais e Educação (ICENE)

Dedico este trabalho a Deus,
aos meus pais e a minha esposa.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof^a. Valéria Almeida Alves que não mediu esforços em nenhum momento para concretização dessa pesquisa, apoiando em todos os momentos e demonstrando total comprometimento com a orientação e desenvolvimento de todo trabalho. Fica o exemplo e gratidão por toda vida;

Ao meu co-orientador Prof. Luís Antônio da Silva por todo suporte na formulação dos *kits* experimentais utilizados ao longo da pesquisa e por sua contribuição de co-orientação dentro da dissertação;

Ao Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas, Naturais e Educação (DQ-ICENE/UFTM), pela infraestrutura para desenvolvimento da pesquisa;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a todo o grupo do PROFQUI-UFTM, professores e a secretária Luciana pelo apoio ao longo do período de mestrado;

Ao Prof. Wagner Antonio Bernardes pelo incentivo e disponibilidade em todos os momentos de minha vida;

Ao Centro Universitário do Cerrado – Unicerp pelo apoio financeiro prestado durante o período de mestrado;

Ao Prof. Ivan Batista da Silva, diretor do Colégio onde a pesquisa foi desenvolvida, pela disponibilidade e apoio em todos os momentos do trabalho e em minha vida;

Aos colegas de Mestrado Sérgio, Claudinei, Mayana e Nara pelas suas amizades e horas de companhia nos estudos.

RESUMO

Foram desenvolvidos três *kits* experimentais para auxiliar no ensino de conceitos de células galvânicas, pilhas e baterias. Os *kits* experimentais foram confeccionados a partir de materiais de baixo custo e fácil acesso, que exploraram diferentes associações de pilhas comerciais e células galvânicas, visando ensinar tais conceitos por meio da aprendizagem cooperativa utilizando o método *jigsaw*. Os alunos foram divididos em seis grupos de especialistas (GE). Foram preparados dois *kits* experimentais para cada um dos três subtópicos de Eletroquímica: *Kit* experimental N^o. 1 - entendendo o funcionamento das pilhas comerciais, *Kit* experimental N^o. 2 - entendendo o funcionamento das células galvânicas, *Kit* experimental N^o. 3 - verificando a ocorrência das reações de oxidorredução. Cada subtópico foi trabalhado por dois GEs. Após isso, os GEs se separaram e foram formados seis grupos de base (GB), cada um contendo pelo menos um especialista de cada subtópico; cada GB consolidou a aprendizagem dos três subtópicos. Realizou-se um diagnóstico de como os alunos avaliaram a atividade didática e se a mesma contribuiu para auxiliar a aprendizagem dos estudantes. A pesquisa foi realizada com os alunos de uma turma do 2^o ano do Ensino Médio de um Colégio particular de Patrocínio, Minas Gerais, e demandou 16 aulas, das quais 5 referiram-se ao método tradicional e 11 foram destinadas à pesquisa e aplicação do método *jigsaw*. Foram aplicados questionários antes e após a realização da proposta didática. As respostas dos grupos, com relação aos trabalhos com os *kits* experimentais, foram classificadas em três níveis: “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”. Considerando os GEs, o *kit* experimental N^o. 1 teve 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 N^o. 2, cerca de 89% das respostas incorporaram e tangenciaram o conteúdo abordado e, para o *kit* experimental N^o. 3, tivemos 100% das respostas classificadas como “Incorpora” e “Tangencia”, refletindo um excelente aproveitamento dos conteúdos abordados nesse grupo. Quando somamos as respostas classificadas como “Incorpora” e “Tangencia”, em relação aos GBs, temos para o *kit* experimental N^o. 1, 83% das respostas, para o *kit* experimental N^o. 2, 100% das respostas e para o *kit* experimental N^o. 3, 67% das respostas, demonstrando um alto nível de aprendizado e interação dos alunos que absorveram o conhecimento a partir dos GEs e compartilharam através dos GBs. Ainda, foram avaliadas as percepções dos alunos sobre a disciplina de Química, sobre o método *jigsaw* e acerca das atividades experimentais, respectivamente, utilizando a escala *Likert*, indicando uma ótima receptividade dos alunos em relação ao método *jigsaw* e à experimentação. A proposta didática, além de motivadora, auxiliou a aprendizagem dos estudantes, proporcionando bons resultados, que consolidam a utilização do método *jigsaw*, associado a atividades experimentais, no ensino de células galvânicas.

Palavras-chave: Ensino de células galvânicas. Experimentação. *Jigsaw*.

ABSTRACT

Three experimental kits were developed to aid in the teaching of electrochemistry: galvanic cells, cells and batteries, and series and / or parallel associations. The kits were made from low cost and easy access materials and were used to teach concepts of electrochemistry, through cooperative learning using the jigsaw method. The students were divided into six groups of specialists (GE). Two experimental kits were prepared for each of the three subtopics of Electrochemistry: Experimental kit N^o. 1 - understanding the operation of commercial cells; Experimental kit N^o. 2 - understanding the operation of galvanic cells; and Experimental kit N^o. 3 - verifying the occurrence of reactions of oxidoreduction. Each subtopic was worked by two GEs. After the work, the GEs separated as pieces of a puzzle, and students formed the base groups (GB), each containing at least one expert from each subtopic. Six GBs were formed, each of which consolidated the learning of the three subtopics. A diagnosis was made of how the students evaluated the didactic activity and verified if the proposal helped to help students learn from the content worked. The research was carried out with the students of a group of the 2nd year of the High School of a Private College of Patrocínio, Minas Gerais and required 16 classes, of which 5 referred to the traditional method and 11 were designed for research and application of the jigsaw method. Questionnaires were applied before and after the didactic proposal. The groups' responses, in relation to the experimental kits, were grouped into three levels: "Incorporates", "Tangency" or "Distance". Considering the GEs, the experimental kit N^o. 1 had a high percentage of responses that incorporated and tainted the content, with about 86%, demonstrating a good use of the topic contemplated. For the experimental kit N^o. 2, about 89% of the responses incorporated and tainted the content addressed and, for the experimental kit N^o. 3, we had 100% of the answers classified as "Incorporates" and "Tangency", reflecting an excellent use of the contents covered in this group. When we add the answers classified as "Incorporates" and "Tangency", in relation to the GBs, we have for the experimental kit N^o. 1, 83% of the responses, for the experimental kit N^o. 2, 100% of the responses and for the experimental kit N^o. 3, 67% of the answers, demonstrating a high level of learning and interaction of the students that absorbed the knowledge from the GEs and shared through the GBs. The students' perceptions about chemistry, the jigsaw method and the experimental activities, respectively, were evaluated using the Likert scale, which indicated an excellent receptivity of the students in relation to the jigsaw method and the experimentation. We consider that the didactic proposal, besides motivating, helped the students' learning, providing good results, which consolidate the use of the jigsaw method, associated to experimental activities, in the teaching of galvanic cells.

Keywords: Teaching of galvanic cells. Experimentation. *Jigsaw*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática de atividade baseada no método cooperativo de aprendizagem <i>jigsaw</i>	24
Figura 2 – Representação esquemática das etapas seguidas na aplicação da atividade. Legenda: GB = grupo de base; GE = grupo de especialistas. <i>Mediador</i> organiza as discussões no grupo, permitindo que todos possam se expressar e resolve os conflitos de opinião; <i>Redator</i> – redige as respostas do grupo; Porta-voz – tira dúvidas com o professor; <i>Relator</i> – expõe os resultados da discussão (pode ter um ou mais de um).....	24
Figura 3 – Representação esquemática da sequência de etapas seguidas na aplicação da atividade, de acordo com o método <i>jigsaw</i> modificado.	36
Figura 4 – Índice de respostas na escala <i>Likert</i> de cinco pontos para as Afirmativas 1 a 4 do APÊNDICE A, para obtenção de informações gerais sobre química.	42
Figura 5 – Índice de respostas classificadas como “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”, para as três questões sobre células galvânicas contidas na discussão inicial, realizada pelos grupos de especialistas.	46
Figura 6 – Índice de respostas classificadas como “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”, para os <i>kits</i> experimentais N ^{os} . 1, 2 e 3, utilizados pelos grupos de especialistas.	71
Figura 7 – Índice de consideração classificadas com “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”, para os <i>kits</i> experimentais N ^{os} . 1, 2 e 3, utilizados pelos grupos de base.....	76
Figura 8 – Índice de respostas na escala <i>Likert</i> de cinco pontos para as Afirmativas 1, 3, 6, 8 e 9 do questionário de avaliação da estratégia pelos alunos.....	78
Figura 9 – Índice de respostas em escala <i>Likert</i> de cinco pontos para as Afirmativas 2, 4, 5, 12 e 14 do questionário de avaliação da estratégia pelos alunos.....	81
Figura 10 – Índice de respostas em escala <i>Likert</i> de cinco pontos para as Afirmativas 7, 10, 11 e 13 do questionário de avaliação da estratégia pelos alunos.....	86

Figura 11 – Índice de respostas em escala <i>Likert</i> de cinco pontos para as Afirmativas 1 a 6 do questionário de avaliação pelos alunos das atividades experimentais realizadas.	90
Figura 12 – Número de respostas corretas e erradas, antes e após a aplicação do método <i>jigsaw</i> , em função de cada questão do ENEM.	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Lista de artigos publicados na seção Experimentação no Ensino de Química, da revista Química Nova na Escola.	21
Quadro 2 - Atividades realizadas na presente pesquisa.	33
Quadro 3 - Comentários dos alunos referentes às Questões 1 a 4, do APÊNDICE A, agrupados em três categorias diferentes.	42
Quadro 4 – Respostas dos grupos de especialistas às questões iniciais sobre células galvânicas.	44
Quadro 5 – Análise das respostas do grupo de especialistas às questões do <i>kit</i> experimental N ^o . 1.	47
Quadro 6 – Análise das respostas do grupo de especialistas às questões do <i>kit</i> experimental N ^o . 2.	61
Quadro 7 – Análise das respostas do grupo de especialistas às questões do <i>kit</i> experimental N ^o . 3.	68
Quadro 8 – Produções textuais dos grupos de base sobre a aprendizagem a partir da utilização dos <i>kits</i> experimentais N ^{os} 1, 2 e 3.	71
Quadro 9 – Comentários dos alunos para as Afirmativas 1 a 6 do questionário de avaliação das atividades experimentais realizadas pelos alunos.	92

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE QUADROS.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 AS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA.....	17
2.1 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA.....	18
2.2 APRENDIZAGEM COOPERATIVA.....	22
2.2.1 Método <i>jigsaw</i> modificado.....	26
2.3 O ENSINO DE ELETROQUÍMICA: TEORIZANDO A PRÁTICA PEDAGÓGICA.....	27
2.3.1 A experimentação em Eletroquímica.....	28
4 OBJETIVOS.....	29
4.1 OBJETIVOS GERAIS.....	29
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
5 JUSTIFICATIVA.....	30
6 METODOLOGIA.....	32
6.1 CAMPO E SUJEITOS DA PESQUISA.....	32
6.2 PREPARAÇÃO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO MÉTODO <i>JIGSAW</i>	33
6.3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	38
6.4 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	39
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
7.1 PERCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE A DISCIPLINA DE QUÍMICA.....	41
7.2 CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE CÉLULAS GALVÂNICAS.....	44
7.3 UTILIZAÇÃO DOS <i>KITS</i> EXPERIMENTAIS PELOS GRUPOS DE ESPECIALISTAS.....	47
7.3.1 <i>Kit</i> experimental Nº. 1 + roteiro do subtópico 1 – Entendendo o funcionamento das pilhas comerciais.....	47
7.3.2 <i>Kit</i> experimental Nº. 2 + roteiro do subtópico 2 – Entendendo o funcionamento das células galvânicas.....	61

7.3.3 <i>Kit</i> experimental Nº. 3 + roteiro do subtópico 3 – Verificando a ocorrência das reações de oxidorredução.....	67
7.4 ATIVIDADES DOS GRUPOS DE BASE E CONSOLIDAÇÃO DA APRENDIZAGEM	71
7.5 AVALIAÇÃO DO MÉTODO <i>JIGSAW</i> PELOS ALUNOS	77
7.6 AVALIAÇÃO PELOS ALUNOS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS REALIZADAS.....	89
7.7 QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DE ELETROQUÍMICA	93
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
REFERÊNCIAS.....	98
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO CONTENDO INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE QUÍMICA.....	104
APÊNDICE B – TRÊS <i>KITS</i> EXPERIMENTAIS E RESPECTIVOS ROTEIROS, ASSOCIADOS AOS TRÊS SUBTÓPICOS SOBRE CÉLULAS GALVÂNICAS	105
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO MÉTODO <i>JIGSAW</i> PELOS ALUNOS	114
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO PELOS ALUNOS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS REALIZADAS	117
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DE ELETROQUÍMICA	118
APÊNDICE F – PRODUTO DA PESQUISA, PUBLICADO NA REVISTA QUÍMICA NOVA NA ESCOLA.....	123
APÊNDICE G – PRODUÇÕES: RESUMOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS / TRABALHOS APRESENTADOS	124
ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	125
ANEXO B – PEDIDO DE AUTORIZAÇÃO PARA ACESSO A DADOS	130

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 é que os pesquisadores dessa área produzem materiais científicos há mais de vinte anos (CACHAPUZ *et al.*, 2001; SCHNETZLER, 2002; ADÚRIZ-BRAVO; AYMERICH, 2002). Assim, os entraves de aprendizagem dos estudantes relacionados a conceitos químicos apresentam-se como objetos de estudo dessas pesquisas (POZO *et al.*, 1991; POZO; CRESPO, 2009; CAAMAÑO, 2007).

Dentro dessa discussão, 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 (NIAZ; CHACÓN, 2003).

A presente dissertação abordou, por meio da experimentação e pesquisa utilizando como base o método *jigsaw*, aspectos importantes que podem auxiliar aluno a entender melhor o conteúdo diminuindo o nível de dificuldade por parte dos alunos em relação à aprendizagem, promovendo assimilação e entendimento real em relação ao conteúdo de Eletroquímica.

O trabalho desenvolveu-se a partir das dificuldades observadas no Ensino de Química, os aspectos da legislação educacional e como o conhecimento vai sendo formado e alicerçado por parte dos alunos.

O objetivo geral do trabalho é proporcionar aos alunos do Ensino Médio o desenvolvimento de conhecimentos básicos relacionados à Eletroquímica, permitindo-os maior engajamento com os conteúdos de Química e a construção de competências e habilidades. Nesse contexto e considerando os aspectos relacionados à aprendizagem de Eletroquímica pelos alunos do Ensino Médio, temos como objetivos específicos as seguintes etapas: desenvolver um produto educacional na forma de *kit* experimental, para facilitar o ensino de células galvânicas; utilizar materiais de fácil acesso e de baixo custo para construir uma célula galvânica, que servirá para ensinar conceitos referentes a esse tópico da Eletroquímica, por meio da aprendizagem cooperativa utilizando o método *jigsaw*; diagnosticar como os alunos avaliam a atividade didática proposta (inclusive em relação à metodologia tradicional de ensino); verificar se a proposta didática contribuiu para auxiliar a aprendizagem dos estudantes a partir do conteúdo

trabalhado; e melhorar a motivação dos alunos, permitindo-os interagir com o conteúdo com maior afinidade, proporcionando maior interesse pelos conteúdos de Química.

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. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) pontuam a necessidade em se fortalecer 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. Dentre os diversos conteúdos vinculados à disciplina de Química, o escolhido para esse estudo foi o de Eletroquímica, por envolver conceitos abstratos, muitas vezes abordados inadequadamente, podendo haver conflitos com conceitos de Física.

Descrevemos a experimentação no Ensino de Química com um breve histórico no Brasil, de como ocorreram as bases para a experimentação e o caráter das aulas de química em nossas escolas. O panorama de artigos sobre experimentação em Eletroquímica da revista Química Nova na Escola nos últimos 23 anos foi apresentado. Após essa etapa tivemos a aplicação da pesquisa baseada em roteiros e *kits* experimentais, sendo o trabalho norteado a partir da dinâmica empregada no método *jigsaw*, de forma adaptada.

A aprendizagem cooperativa com base no método *jigsaw* é uma ferramenta que promoveu subsídios para todo o trabalho, pois a partir dela foram elaborados roteiros e aulas práticas focadas no conteúdo de Eletroquímica, como reações de oxirredução, pilhas comerciais e células galvânicas construídas com material de fácil acesso e baixo custo. O método *jigsaw* 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 montado pelo professor. Para garantir um resultado satisfatório por meio da utilização do método *jigsaw*, algumas modificações podem ser realizadas, em relação ao método proposto originalmente por Aronson *et al.* (1978). 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.

O método *jigsaw*, que fundamentou a elaboração da atividade didática descrita neste trabalho, foi desenvolvido por Aronson *et al.* (1978). Este pode ser definido como um conjunto de procedimentos específicos que se adequa ao

desenvolvimento de competências cognitivas de nível superior e não se distancia dos princípios fundamentais considerados pelos irmãos Johnson (JOHNSON *et al.*, 1999). Em nosso trabalho utilizamos o método *jigsaw* modificado devido às dificuldades encontradas no conteúdo de Eletroquímica, visando melhor aproveitamento por parte dos alunos e eficiência nas atividades desenvolvidas na pesquisa.

A partir da presente dissertação formulamos um produto baseado em três *kits* experimentais confeccionados com materiais de fácil acesso e baixo custo para ensino de células galvânicas, e seus respectivos roteiros, que poderão ser reproduzidos por professores da Educação Básica, com vistas à sua utilização no processo de ensino-aprendizagem de Eletroquímica. Essa foi uma das etapas, sendo que as demais foram centradas na pesquisa, no ensino por cooperação utilizando o método *jigsaw*, na realização de experimentos com alunos do 2º ano do Ensino Médio, que foi a “turma experimental” avaliada em estudo. O trabalho teve a aplicação de questionários em todas as etapas, antes das aulas práticas, e depois dessas aulas.

A partir dessa pesquisa observamos que os alunos apresentaram um aumento significativo na aprendizagem do conteúdo de Eletroquímica. O uso da metodologia cooperativa, da realização de experimentos 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 esses resultados. O presente trabalho poderá servir de base para estendermos esses mecanismos de ensino para outras áreas da Química, promovendo assim uma melhora significativa na bagagem de conhecimento de nossos alunos.

2 AS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

A química, enquanto ciência encontra-se intrinsecamente ligada tanto no aspecto da dimensão social, como na dimensão das relações profissionais, contribuindo ativamente na melhoria da qualidade de vida em sociedade.

Nas observações de Miranda e Costa (2007), um dos motivos que gera dificuldades na aprendizagem de Química é a forma tradicional e pragmática de como os conteúdos são repassados aos alunos, causando desinteresse pela ciência, dificultando estabelecer relações com o que aprenderam e seu cotidiano.

Nessa perspectiva, reflete-se que apesar das diretrizes estabelecidas pelos documentos referenciais curriculares (Parâmetros Curriculares Nacionais, PCNs, e as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, OCNEM), o ensino de Química mantém-se em muitas escolas baseado no padrão de transmitir e receber os conteúdos, conforme é apresentado pelos PCNs:

Vale lembrar que o ensino de Química tem se reduzido à transmissão de informações, definições e leis isoladas, sem qualquer relação com a vida do aluno, exigindo deste quase sempre a pura memorização, restrita a baixos níveis cognitivos. Enfatizam-se muitos tipos de classificação, como tipos de reações, ácidos, soluções, que não representam aprendizagens significativas. Transforma-se, muitas vezes, a linguagem Química, uma ferramenta, no fim último do conhecimento. Reduz-se o conhecimento químico a fórmulas matemáticas e à aplicação de “regrinhas”, que devem ser exaustivamente treinadas, supondo a mecanização e não o entendimento de uma situação-problema. Em outros momentos, o ensino atual privilegia aspectos teóricos, em níveis de abstração inadequados aos dos estudantes (BRASIL, 1999, p. 32).

Segundo Kempa (1991), as dificuldades podem ter relação com a estrutura do conhecimento anterior ou a dificuldade dos estudantes 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.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, DCNs (BRASIL, 2006) trazem propostas que subsidiam um ensino de química centrado para a visão estrutural do conhecimento, indo de acordo com a realidade de obtenção da informação, garantindo destaque às conexões entre as disciplinas do currículo educacional e às interações entre os conteúdos do ensino com a vida social e

pessoal dos educandos, estando relacionadas às mais diversas interações sociais; entendimento de que ao aprender estabelecemos relações de afeto com o saber, emoções e relações entre os sujeitos do processo educativo, além das cognições e das habilidades intelectuais.

Segundo a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) (BRASIL, 2018), publicada em 2018, na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias. O desenvolvimento dessas práticas e a interação com as demais áreas do conhecimento favorecem discussões sobre as implicações éticas, socioculturais, políticas e econômicas de temas relacionados às Ciências da Natureza. No Ensino Médio, a área deve, portanto, se comprometer, assim como as demais, com a formação dos jovens para o enfrentamento dos desafios da contemporaneidade, na direção da educação integral e da formação cidadã. Os estudantes, com maior vivência e maturidade, têm condições para aprofundar o exercício do pensamento crítico, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema.

2.1 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

A realização de experimentos teve destaque no desenvolvimento de uma proposta de metodologia científica, baseando-se no raciocínio lógico, indução e dedução, a partir do século XVII, quebrando o paradigma de que o ser humano e natureza tinham uma relação com o divino. As atividades experimentais foram inseridas nas escolas, devido à forte influência de trabalhos desenvolvidos nas universidades cujo objetivo era o de melhorar a aprendizagem do conhecimento científico através da aplicação do que foi aprendido (GALIAZZI *et al.*, 2001).

As pesquisas no Ensino de Química trouxeram também resultados que mostram a importância da experimentação para o processo de ensino-aprendizagem de Química e Ciências (GIORDAN, 1999). A experimentação no ensino de Química vem sendo defendida por vários autores, pois é um recurso pedagógico importante que permite auxiliar na construção de conceitos. Segundo Hodson

(1988), os experimentos têm a característica de serem conduzidos visando a diferentes objetivos, como demonstrar um fenômeno, ilustrar um princípio teórico, coletar dados, testar hipóteses, desenvolver habilidades de observação ou medidas, adquirir familiaridade com aparatos, entre outros.

O conhecimento químico pode se apresentar em três formas de abordagem: a fenomenológica, na qual residem os pontos chave relacionados ao conhecimento e que podem apresentar uma visualização concreta, de análise e determinações; a teórica, em que temos explicações embasadas em modelos tais como átomos, íons etc... produzir as explicações para os fenômenos; e a representacional, que engloba dados pertencentes à linguagem característica da Química, tais como fórmulas, equações. Daí a necessidade da experimentação, como forma de fazer as ligações entre os três níveis de abordagem em que o conhecimento químico é expresso. De acordo com Oliveira (2010), a experimentação apresenta algumas contribuições, tais como:

- a) Motivar e despertar a atenção dos alunos;
- b) Desenvolver trabalhos em grupo;
- c) Iniciativa e tomada de decisões;
- d) Estimular a criatividade;
- e) Aprimorar a capacidade de observação e registro;
- f) Analisar dados e propor hipóteses para os fenômenos;
- g) Aprender conceitos científicos;
- h) Detectar e corrigir erros conceituais dos alunos;
- i) Compreender a natureza da ciência;
- j) Compreender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade;
- k) Aprimorar habilidades manipulativas.

Além das contribuições apresentadas por Oliveira (2010), considero que a experimentação deve ser realizada sempre a partir da contextualização. É preciso criar um ambiente propício para realizar as etapas de um trabalho experimental e esse ambiente tem sua criação baseada na importância do conteúdo e sua relação com o ambiente em que vive o aluno. Nessa perspectiva estimulamos o aluno a ter

maior interesse e isso leva o mesmo a interagir com a proposta estabelecida pelo professor.

Muitos professores acreditam que o Ensino de Química e Ciências pode ser transformado por meio da experimentação, porém, as atividades experimentais são pouco frequentes nas escolas. Os principais motivos indicados pelos professores são a inexistência de laboratórios, ou mesmo a presença deles na ausência de recursos para manutenção, além da falta de tempo para preparação das aulas (GONÇALVES, 2005). Porém, essa problemática relacionada à falta de recurso não se sustenta, visto que existem experimentos sobre diversos conteúdos que se utilizam de materiais de baixo custo, que podem ser facilmente comprados em um supermercado ou farmácia, por exemplo.

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, não tendo contato com situações que despertem o interesse. Nesse sentido, as aulas experimentais podem ser realizadas com reagentes e materiais de menor risco, para que os alunos possam realizar os experimentos (BENITE *et al.*, 2009).

Outro ponto de obstáculo em relação ao ensino experimental de química é a pequena quantidade de aulas práticas inseridas na matriz curricular e, quando ocorrem, apresentam-se de forma distante da realidade do aluno (BENITE *et al.*, 2009). A situação apresenta-se com uma falta de relação entre os conteúdos ensinados e o cotidiano do aluno, causando desinteresse frente ao aprendizado da química.

Alguns estudos sobre experimentação afirmam que os professores a consideram importante porque motiva intrinsecamente os alunos. Os mesmos estudos revelam, no entanto, que isso pouco ocorre durante as aulas experimentais (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004). Essa ideia presente no pensamento dos professores está associada a um conjunto de entendimentos empiristas de Ciência em que a motivação é resultado inerente da observação do aluno sobre o objeto de estudo. Isto é, os alunos se motivam justamente por “verem” algo que é diferente da sua vivência diária, ou seja, pelo “*show*” da ciência (GALIAZZI; GONÇALVES, 2004).

Segundo Lisbôa (2015) a experimentação é um dos principais alicerces que sustenta a complexa rede conceitual que estrutura o ensino de química. Em seu artigo ele traz um levantamento bibliográfico sobre experimentação no ensino de

química, no período de 1995 a 2015 na Revista Química Nova na Escola. Nesse período de 20 anos foram publicados 97 artigos. Desse total, 19 artigos trataram do tema Eletroquímica, seja por meio de oxirredução, eletrólise ou pilhas (veja Quadro 1). Para completar a análise, realizamos um levantamento de janeiro 2016 a dezembro de 2018, que também consta no Quadro 1, onde foram identificados 14 artigos publicados na seção experimentação no ensino de química da mesma revista, sendo que somente 1 trata do tema Eletroquímica, onde aborda a oxirredução em processos oxidativos avançados.

Quadro 1 - Lista de artigos publicados na seção Experimentação no Ensino de Química, da revista Química Nova na Escola.

Ano	Volume/ Número	Tema/Conceitos abordados	Total de artigos/ Número	Total de artigos/ano
1995	02	Alimentos/Análise química/Óxido-redução/estequiometria/concentração de soluções	01	01
1996	03	Constante de Avogadro, mol, eletrólise	01	01
1997	05	Óxido-redução/Trânsito/Bebidas alcoólicas/Análise química/	01	01
1998	08	Eletroquímica/pilhas	01	01
2000	11	Eletroquímica/pilhas	01	01
2002	15	Ambiente/eletroquímica	01	02
	16	Cinética/oxirredução	01	
2003	17	Eletroquímica/potencial de eletrodo	01	02
	18	Oxirredução	01	
2004	19	Ambiente/análise química/oxirredução	01	01
2005	22	Alimentos/cinética/oxirredução	01	01
2006	23	Alimentos/análise química/oxirredução	01	02
	23	Oxirredução	01	
2007	26	Metais/oxirredução/corrosão	01	01
2008	30	Metais/Oxirredução	01	02
	30	Oxirredução/gases/análise química	01	
2011	V33n1	Metais/oxirredução/corrosão	01	02
	V33n1	Metais/oxirredução/corrosão/cinética	01	
2013	V35n2	Oxirredução/eletrolise	01	01
2015	V37n1	Solo/oxirredução	01	01
2017	V39n4	Oxirredução	01	01

Fonte: Adaptado de Lisboa, 2015.

Considerando todo o período, de 1995 a dezembro de 2018, temos um total de 111 artigos, dos quais 15 abordaram eletroquímica, resultando numa porcentagem de 14% dos artigos relacionados a esse tema. Ainda, observando-se os dados estabelecidos no Quadro 1, percebemos a importância de se realizar trabalhos voltados a área de Eletroquímica, para termos condições de avançarmos no ensino de Eletroquímica e também nos conteúdos que norteiam essa área da Química. Nossa pesquisa, além de contemplar essa área do conhecimento, alia o método cooperativo *jigsaw* que tem sido pouco explorado no âmbito do ensino médio.

2.2 APRENDIZAGEM COOPERATIVA

A aprendizagem cooperativa pode ser entendida como um termo genérico que se refere 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. Esse trabalho em conjunto propicia aos estudantes criarem formas de interdependência, que os tornam responsáveis pelo sucesso de sua aprendizagem e também pela dos outros (VIEIRA, 2000).

Na aprendizagem cooperativa os grupos de estudantes desenvolvem um trabalho com objetivos comuns que deve ser organizado de forma a maximizar a aprendizagem de cada indivíduo do grupo durante o processo de realização do mesmo (SANTOS, 2011). Existem vários modelos e diferentes formas de implementação da aprendizagem cooperativa. Para se tratar efetivamente desta abordagem pedagógica, cinco componentes precisam estar presentes. Tais componentes são, segundo Johnson *et al.* (1999 *apud* FATARELI *et al.*, 2010, p. 161-162):

- *interdependência positiva* – sentimento do trabalho conjunto para um objetivo comum, no qual cada um se preocupa com a aprendizagem dos colegas;
- *responsabilidade individual* – responsabilidade pela própria aprendizagem e pela dos colegas e contribuição ativa para o grupo;
- *interação face a face* – oportunidade de interagir com os colegas de modo a explicar, elaborar e relacionar conteúdos;
- *habilidades interpessoais* – competências de comunicação, confiança, liderança, decisão e resolução de conflito;
- *processamento grupal* – balanços regulares e sistemáticos do funcionamento do grupo e da progressão na aprendizagem.

A compreensão destes cinco elementos básicos deve refletir no trabalho do professor que deverá adaptar os conteúdos a serem desenvolvidos às necessidades dos alunos, dimensionar o uso da aprendizagem cooperativa, prevenir e resolver os problemas, que possivelmente ocorrerão relativos àqueles alunos que não têm afinidade com trabalhos em grupo (GOMES, 2015).

Dentre as várias técnicas para se utilizar a aprendizagem cooperativa, destacamos o método *jigsaw*¹, em que o professor divide a turma em grupos heterogêneos de 4 a 6 alunos e não se utiliza de aulas tradicionais.

Em um trabalho realizado por Fatareli *et al.*, (2010), foi relatado que a discussão realizada utilizando o método *jigsaw* favoreceu o aprimoramento da capacidade e comunicação escrita dos estudantes, uma vez que foram oferecidas respostas mais longas e elaboradas, quando comparadas às iniciais. De acordo com a pesquisa, as respostas também demonstraram o melhor entendimento dos alunos em relação aos conceitos trabalhados durante a aplicação da estratégia.

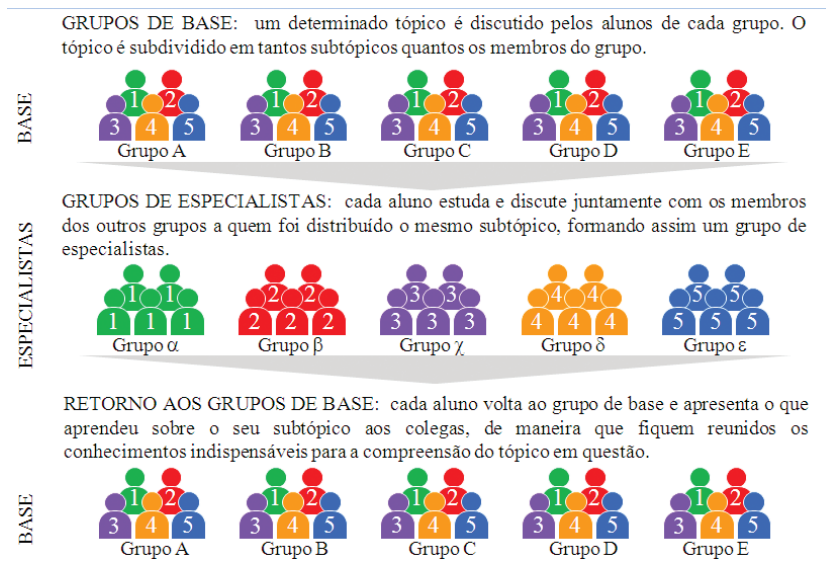
Cada aluno recebe seu subtópico e deve estudá-lo antes de se reunir com os colegas dos outros grupos com subtópico semelhante. Nesses grupos, os alunos aprendem a dominar o assunto do seu subtópico, que depois deverão explicar aos seus colegas da equipe inicial (VIEIRA, 2000). Com essa dinâmica, espera-se que os alunos possam, efetivamente, construir os conhecimentos daquele conteúdo. Nas Figuras 1 e 2 estão ilustrados o esquema básico do método *jigsaw*, bem como a dinâmica dos grupos durante a sua realização.

De acordo com Sobral e Campos (2012), a busca por mudanças no processo ensino-aprendizagem é complexa, pois temo como objetivo a mudança dos mecanismos de ensino tradicional. Assim, o processo possibilita criar condições para que o aluno seja o protagonista e estabeleça senso crítico para relacionar o que foi aprendido com sua realidade.

A aprendizagem ativa acontece quando o aluno estabelece conexões com o assunto, ouvindo, falando, perguntando, discutindo, fazendo e ensinando, sendo estimulado pelo professor a construir o conhecimento, e não recebendo do professor de uma forma passiva (PINTO *et al.*, 2012, p.78).

¹ Os interessados podem acessar a página www.jigsaw.org/steps.htm

Figura 1 – Representação esquemática de atividade baseada no método cooperativo de aprendizagem *jigsaw*.



Fonte: Fatareli *et al.*, 2010.

Figura 2 - Representação esquemática das etapas seguidas na aplicação da atividade. Legenda: GB = grupo de base; GE = grupo de especialistas. *Mediador* – organiza as discussões no grupo, permitindo que todos possam se expressar e resolve os conflitos de opinião; *Redator* – redige as respostas do grupo; *Porta-voz* – tira dúvidas com o professor; *Relator* – expõe os resultados da discussão (pode ter um ou mais de um).



Fonte: Fatareli *et al.*, 2010.

Em um trabalho realizado por Carneiro e Lopes (2008), foi utilizado o método *jigsaw* na disciplina de química geral do primeiro semestre do curso de química. Foi utilizado o princípio de grupos formais que trabalharam durante todo o semestre. Observou-se a partir do trabalho interdependência positiva, interação promotiva, responsabilidade individual. Dentre as dificuldades encontradas, foi relatado que o funcionamento das aulas nem sempre ocorreu como o planejado. Os grupos de base trabalharam quase sempre bem, os grupos de especialistas não apresentaram um funcionamento efetivo até o momento registrado pelos pesquisadores.

Teixeira Júnior (2016) utilizou o método *jigsaw* no ensino de Eletroquímica para o Ensino Médio. Foi relatado que a proposta foi aplicável por parte dos alunos. Os resultados apontam para a importância de um pré-trabalho antes da atividade cooperativa, sendo que foram realizadas 3 aulas introdutórias. Os alunos apresentaram dificuldade no entendimento dos conceitos relacionados à parte de física elétrica. Segundo Teixeira Júnior (2016) algumas evidências sugerem aprendizado a partir da utilização do método *jigsaw* no ensino de Eletroquímica, mas é necessário uma investigação mais aprofundada nesse âmbito.

Doymus, Karacop e Simsek (2010) desenvolveram um estudo utilizando o método *jigsaw* e técnicas de animação com estudantes que estão cursando o curso de química em seu primeiro ano. O conteúdo abordado foi Eletroquímica em diferentes turmas da graduação no período entre 2007 e 2008. A Eletroquímica foi o tópico e a partir dela foram definidos diferentes subtópicos. A partir do estudo, os pesquisadores concluíram que o método *jigsaw* proporcionou uma melhora dos resultados dos alunos frente ao conteúdo.

Em estudo realizado por Eilks (2005) no Ensino Médio foi utilizado o método *jigsaw* voltado ao conteúdo de modelos atômicos. A partir do estudo foi possível identificar formas alternativas de desenvolver o conteúdo de modelos atômicos que é considerado abstrato. Foi possível identificar melhora da autonomia dos estudantes e também melhora no rendimento e aproveitamento do conteúdo.

Leite *et al.* (2013) utilizaram o método *jigsaw* de forma adaptada para o ensino de nanociência e nanotecnologia na educação básica. O método *jigsaw* foi utilizado a partir de um texto de divulgação para alunos do Ensino Médio. De acordo com Leite *et al.* (2013) o uso desse método possibilitou uma reflexão sobre o assunto a partir do texto base, melhorando o nível de entendimento e aumentando o perfil crítico dos alunos sobre o assunto.

2.2.1 Método *jigsaw* modificado

Para garantir um resultado satisfatório por meio da utilização do método *jigsaw*, algumas modificações podem ser realizadas, em relação ao método proposto originalmente por Aronson *et al.* (1978). 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. Dessa forma, o método *jigsaw* desenvolvido neste trabalho foi modificado conforme proposto por Eilks (2005):

- Cada subtópico é realizado duas vezes, levando a dois grupos de especialistas trabalhando no mesmo subtópico. Isso garante que cada grupo de base tenha dois especialistas que prepararam suas atividades independentemente uns dos outros para cada subtópico.
- Dependendo das habilidades dos grupos de trabalho, algumas atividades podem ser integradas, que permitam alguns encontros dos grupos, e que incluam materiais que os alunos possam usar para corrigir seus próprios trabalhos por si mesmos.
- Depois que as outras fases estiverem concluídas, os alunos trabalharão numa fase onde todos os resultados serão comparados e discutidos.

Além disso, atividades e conteúdos para o trabalho do grupo de especialistas e o trabalho do grupo de base 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, modelos, pequenas experiências e tarefas escritas.

Eilks (2005) utilizou o método de *jigsaw* modificado para ministrar o tópico sobre Estrutura Atômica, a fim de verificar se existe potencial para melhorar: (i) o interesse dos alunos pela ciência usando métodos alternativos de ensino; (ii) as habilidades de comunicação e sociais, bem como o desenvolvimento pessoal, usando métodos alternativos em aulas de ciências. Os professores participantes da pesquisa de Eilks (2005) compararam as notas obtidas no teste (após as aulas estruturadas no formato *jigsaw*), com as notas de testes sobre esse mesmo tópico obtido pelas turmas, mas cujo tópico foi ministrado por meio de aulas “convencionais” e os resultados obtidos foram melhores no formato *jigsaw*. Os professores também relataram que as atividades dos alunos foram intensas e que

eles gostariam de implementar este método de ensino em suas práticas futuras. Também solicitaram aos pesquisadores que materiais similares fossem desenvolvidos para outros tópicos. Na presente pesquisa utilizamos o método *jigsaw* modificado devido às dificuldades encontradas no ensino do conteúdo de Eletroquímica, visando melhor aproveitamento por parte dos alunos e eficiência nas atividades desenvolvidas na pesquisa.

2.3 O ENSINO DE ELETROQUÍMICA: TEORIZANDO A PRÁTICA PEDAGÓGICA

A Eletroquímica compreende diversos assuntos importantes para a compreensão de muitos aspectos teórico-conceituais relacionados ao meio científico e tecnológico em nossa sociedade.

Podemos 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 (BOCANEGRA, 2010).

Entretanto, mesmo sabendo da importância desse tema em nosso cotidiano, 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” (SANJUAN *et al.*, 2009). De fato, alguns estudantes apresentam dificuldades, como verificado no trabalho realizado por Velleca *et al.* (2005), no qual foram apontadas concepções alternativas de estudantes do 3º ano do Ensino Médio relativas aos conceitos de Eletroquímica. Foram constatadas algumas ideias como, por exemplo, a de que os elétrons fluem através da ponte salina, independentemente da espécie química correspondente.

De forma geral, observamos que o ensino de Eletroquímica ocorre muitas vezes em um âmbito onde o aluno não o aprende de forma concisa. A memorização dos conceitos é percebida e, com isso, quando o aluno tenta relacionar esses conceitos com as situações práticas percebe-se uma grande dificuldade. Podemos destacar que as causas das dificuldades de aprendizagem dos estudantes podem ser atribuídas, ainda, a: dificuldades intrínsecas da própria disciplina (a existência de três níveis de descrição da matéria, o caráter evolutivo dos modelos e teorias, a ambiguidade da linguagem em relação aos níveis descritivos, etc.); o pensamento e

os processos de raciocínio dos estudantes (a influência da percepção macroscópica na análise do mundo microscópico, a tendência a utilizar explicações metafísicas de tipo teológico ou finalista em lugar de explicações físicas, etc.); o processo de instrução recebido (a apresentação de forma pronta e acabada dos conceitos e teorias, a não explicitação dos diferentes níveis de formulação dos conceitos, uso inapropriado da linguagem, etc) (CAAMAÑO, 2007).

Segundo Niaz e Chacón (2003), as dificuldades de aprendizagem em Eletroquímica estão relacionadas com aspectos como a identificação do ponto onde desenvolve-se a reação na célula eletroquímica; estabelecimento do fluxo dos elétrons, a condução dos eletrólitos, a neutralidade elétrica; identificação dos componentes e seus nomes, como por exemplo, ponte salina, cátodo e ânodo.

2.3.1 A experimentação em Eletroquímica

O Ensino de Química desenvolvido nas escolas, na maioria das vezes, está limitado a aulas tradicionais, definições de leis e conceitos sem nenhuma interação de conteúdo com o cotidiano dos alunos (SILVA *et al.*, 2009). Além disso, há muitos problemas enfrentados pelos professores de Química, bem como a falta de interesse por parte dos alunos, somando-se a forma como a maioria dos professores aborda os conteúdos, contribuindo para um alto nível de reprovação e rejeição na matéria (GUIMARÃES, 2009). Diante disto, Schwahn e Oaigen (2009) afirmam que o uso da experimentação pode vir a ser o ponto de partida para a compreensão de conceitos, ocasionando com isso uma relação das ideias discutidas em sala de aula com as atividades experimentais, ou seja, o estabelecimento da teoria e prática, além de também criar possibilidades para que o aluno expresse dúvidas e conhecimentos.

As pesquisas na área de educação sobre concepções dos estudantes do Ensino Médio em relação à Eletroquímica relatam que os mesmos confundem principalmente termos como ânodo, cátodo, eletrodos positivo e negativo. Assim, os estudantes são levados a interpretações equivocadas das reações de oxirredução que ocorrem nos eletrodos. Percebem-se também dificuldades em entender os processos de fluxo de elétrons e a condução de elétrons em sistemas eletrolíticos. Além disso, associam a deposição de metal sobre um eletrodo com a ideia de que “os opostos se atraem” e não como uma reação de oxirredução (OGUDE; BRADLEY, 1996).

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVOS GERAIS

Proporcionar aos alunos do Ensino Médio o desenvolvimento de conhecimentos básicos relacionados à Eletroquímica, permitindo-os maior engajamento com os conteúdos de Química e a construção de competências e habilidades.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Considerando os aspectos na aprendizagem de Eletroquímica pelos alunos do Ensino Médio, pretende-se:

- 1) Desenvolver um produto educacional na forma de *kit* experimental, para facilitar o ensino de células galvânicas.
- 2) Utilizar materiais de fácil acesso e de baixo custo para construir uma célula galvânica, que servirá para ensinar conceitos referentes a esse tópico da Eletroquímica, por meio da aprendizagem cooperativa utilizando o método *jigsaw*.
- 3) Diagnosticar como os alunos avaliam a atividade didática proposta (inclusive em relação à metodologia tradicional de ensino).
- 4) Verificar se a proposta didática contribuiu para auxiliar a aprendizagem dos estudantes a partir do conteúdo trabalhado.
- 5) Melhorar a motivação dos alunos permitindo-os interagir com o conteúdo com maior afinidade proporcionando maior interesse pelos conteúdos de Química.

5 JUSTIFICATIVA

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. Dentro das dificuldades e problemas levantados estão o uso de metodologias indutivistas, a aplicação de experimentos em forma de receituário, sem considerar os conceitos e conteúdos relacionados com cada assunto. Muitas vezes a visão científica do professor está desconectada do cotidiano do estudante e da ciência.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) pontuam a necessidade em se fortalecer 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. Ainda, apontam que deve ser priorizada a capacidade de o aluno interpretar e analisar dados, argumentar, tirar conclusões, avaliar e tomar decisões. Para tal, e dentre outros aspectos, os envolvidos devem ir para além da simples compreensão de conteúdos e contextualizá-los na vida cotidiana, ou seja, as disciplinas devem fazer sentido prático para os alunos (BRASIL, 1999, 2000, 2006). Dessa forma, o Ensino Médio deve permitir ao aluno uma formação necessária para o exercício da cidadania, além de meios para que ele seja capaz de ingressar no mercado de trabalho e/ou em outros níveis de escolaridade, como o ensino superior (SANTOS; SCHNETZLER, 2003).

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 (BRASIL, 2018), utilizando métodos que propiciem uma aproximação com sua realidade. Quando não ocorre essa aproximação, o aluno acaba criando mundos diferentes: o escolar, para satisfazer o professor, e o pessoal, dos seus próprios conhecimentos (ZULIANI; ÂNGELO, 2001). Dentre os diversos conteúdos vinculados à disciplina de Química, o escolhido para esse estudo foi o de Eletroquímica, por envolver conceitos abstratos, muitas vezes abordados inadequadamente, podendo haver conflitos com conceitos de Física.

O método *jigsaw*, que fundamentou a elaboração da atividade didática descrita neste trabalho, foi desenvolvido por Aronson *et al.* (1978). Este pode ser definido como um conjunto de procedimentos específicos que se adequam ao

desenvolvimento de competências cognitivas de nível superior e não se distancia dos princípios fundamentais considerados pelos irmãos Johnson (JOHNSON *et al.*, 1999).

A abordagem levando em conta metodologias de aprendizagem cooperativas, como o caso do método *jigsaw* (Social Psychology Network, 2000-2018), “pode criar condições para um melhor ensino de conteúdos de Química, contribuir para a formação de uma cidadania consciente e estimular atitudes cooperativas na escola e no ambiente social” (FATARELI *et al.*, 2010).

A importância desse trabalho para os professores que queiram guiar suas aulas por meio da experimentação associada ao método *jigsaw* é grande, pois eles terão subsídios para fundamentar sua prática, e base teórica para avaliar seus resultados em sala. É importante destacar que cada sala de aula tem um perfil, mas a partir desse trabalho teremos resultados que servirão para corroborar ou contrapor uma prática utilizando o método *jigsaw* em outros conteúdos de Química, ou até mesmo no conteúdo de Eletroquímica.

6 METODOLOGIA

O presente capítulo descreve o campo e o sujeito, a caracterização e as técnicas adotadas na pesquisa, com o objetivo de verificar o uso da estratégia didática amparada na aprendizagem cooperativa usando o método *jigsaw*, aplicado ao ensino de células galvânicas no Ensino Médio, com vistas à melhoria do ensino e da aprendizagem.

O trabalho contempla aspectos voltados para a pesquisa qualitativa. Nesse tipo de pesquisa não existe uma preocupação com a quantidade de indivíduos que está sendo avaliada, mas com a qualidade da avaliação do grupo de estudo. (GOLDENBERG, 1999). A presente pesquisa teve apoio de parte quantitativa por meio da obtenção de dados expressos nos questionários (APÊNDICES A, B, C, D e E) utilizados ao longo do trabalho. Utilizamos a Análise exploratória de dados que propõe que os dados não se distribuam segundo uma lei de probabilidade clássica, utilizando somente noções matemáticas elementares que podem ser expressas por gráficos de fácil construção (BATANER; ESTEPA; GODINO, 1991).

O presente trabalho também tem como tarefa trabalhar com estratégias voltadas para pesquisa-ação, que é uma metodologia muito utilizada em projetos de pesquisa educacional. Segundo Thiollent (2002, p. 75 *apud* VAZQUEZ; TONUZ, 2006) “a partir da orientação metodológica da pesquisa-ação, os pesquisadores em educação estariam em condição de produzir informações e conhecimentos de uso mais efetivo, inclusive ao nível pedagógico”, o que promoveria condições para ações e transformações de situações dentro da própria escola. Por meio do método *jigsaw*, atividades práticas e realização de exercícios baseados em questionários, proporcionarão condições de avaliar a pesquisa e propor mecanismos de ação sobre o tema Eletroquímica, podendo ser estendido para outros temas do Ensino Médio.

6.1 CAMPO E SUJEITOS DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada com alunos de uma turma do 2º ano do Ensino Médio de um Colégio particular do município de Patrocínio, Minas Gerais; essa turma tem 28 alunos no turno matutino. Foi aplicada a estratégia baseada na aprendizagem cooperativa, onde se utilizou o método *jigsaw* (Social Psychology Network, 2000-2018).

6.2 PREPARAÇÃO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO MÉTODO *JIGSAW*

Nesse trabalho foi utilizado o método *jigsaw* com a modificação já comentada na Introdução. O Quadro 2 apresenta o detalhamento de todas as atividades realizadas na presente pesquisa (número da atividade, descrição da atividade, finalidade da atividade e número de aulas de 50 minutos utilizadas para a atividade).

Quadro 2 - Atividades realizadas na presente pesquisa.

Atividade	Descrição da atividade	Finalidade da atividade	Número de aulas de 50 min
1	Apresentação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO A) aos alunos e solicitação de explicação aos pais ou responsáveis e que trouxessem-no assinado na próxima aula	Apresentar aos alunos como será realizada a pesquisa	1
2	Aulas sobre o tema Eletroquímica, no formato “convencional” (aula expositiva)	Fornecer aos alunos conceitos de Eletroquímica	5
3	Aplicação do Questionário 4, composto por questões de Eletroquímica, do ENEM (APÊNDICE E). Inicialmente, essa seria a última atividade, aplicada após as aulas no formato <i>jigsaw</i> . Mas decidiu-se realizar antes e após as aulas no formato <i>jigsaw</i>	Avaliar o conhecimento cognitivo dos alunos, quanto ao tópico “células galvânicas”	1
4	Divisão da sala nos grupos de especialistas Aplicação do Questionário 1 (APÊNDICE A) Discussão inicial, e os respectivos registros, sobre os seguintes questionamentos: “O que é uma célula galvânica? Quais são os constituintes essenciais de uma célula galvânica (nomeie cada um e explique brevemente sua função	Iniciar as aulas no formato <i>jigsaw</i> Obtenção de informações gerais sobre o perfil dos estudantes sobre a Química. Discussão geral sobre células galvânicas	1

	<i>na célula)? As células galvânicas estão presentes na nossa rotina diária. Dê pelo menos um exemplo e explique o seu funcionamento.”</i>		
5	Distribuição aos grupos de especialistas dos 3 pares de <i>kits</i> experimentais e de seus respectivos roteiros (APÊNDICE B), associados aos 3 subtópicos sobre células galvânicas	Aprofundamento, pelos grupos de especialistas, dos conhecimentos de Eletroquímica referentes aos subtópicos 1, 2 e 3, por meio da utilização e estudo do material distribuído a eles	3
6	Formação dos grupos de base e atribuição de papéis a cada membro do grupo	Os especialistas de cada subtópico (1, 2 e 3), agora nos grupos de base, devem ensinar os conhecimentos adquiridos aos outros colegas.	2
7	Exposição oral das conclusões obtidas a respeito dos subtópicos pelos relatores de cada grupo de base	Consolidação da aprendizagem sobre os subtópicos 1, 2 e 3; compartilhamento de conhecimentos entre todos os grupos; oportunidade para o professor perceber possíveis fragilidades/erros nas conclusões e fazer intervenções para corrigi-las	1
8	Aplicação do Questionário 2 (APÊNDICE C) Aplicação do Questionário 3 (APÊNDICE D)	Conhecer a opinião dos alunos sobre a utilização de atividades práticas nas aulas de química Conhecer a opinião dos alunos sobre o método utilizado	1
9	Aplicação do Questionário 4, composto por questões de Eletroquímica, do ENEM (APÊNDICE E)	Avaliar se houve alguma alteração no conhecimento cognitivo dos alunos, quanto ao tópico “células galvânicas”, após as aulas no formato <i>jigsaw</i>	1
Número total de aulas			16

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2018.

Inicialmente, na primeira aula, foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aos alunos (ANEXO A), e pedido que explicassem aos pais ou responsáveis, e que o trouxessem assinado na próxima aula. Em seguida tivemos início das aulas no formato “convencional”, sendo 5 aulas sobre o tema Eletroquímica.

Após isso, foram formados 6 grupos de especialistas, 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 subtópicos (“pilhas comerciais”; “células galvânicas” e “reações de oxidorredução”).

Antes de iniciarem os trabalhos os grupos responderam o Questionário 1 para obtenção de informações gerais sobre química (APÊNDICE A) e fizeram uma discussão inicial, e os respectivos registros, sobre os seguintes questionamentos: “O que é uma célula galvânica? Quais são os constituintes essenciais de uma célula galvânica (nomeie cada um e explique brevemente sua função na célula)? As células galvânicas estão presentes na nossa rotina diária. Dê pelo menos um exemplo e explique o seu funcionamento.” Os 3 kits experimentais e seus respectivos roteiros, associados aos 3 subtópicos sobre células galvânicas, são apresentados no APÊNDICE B.

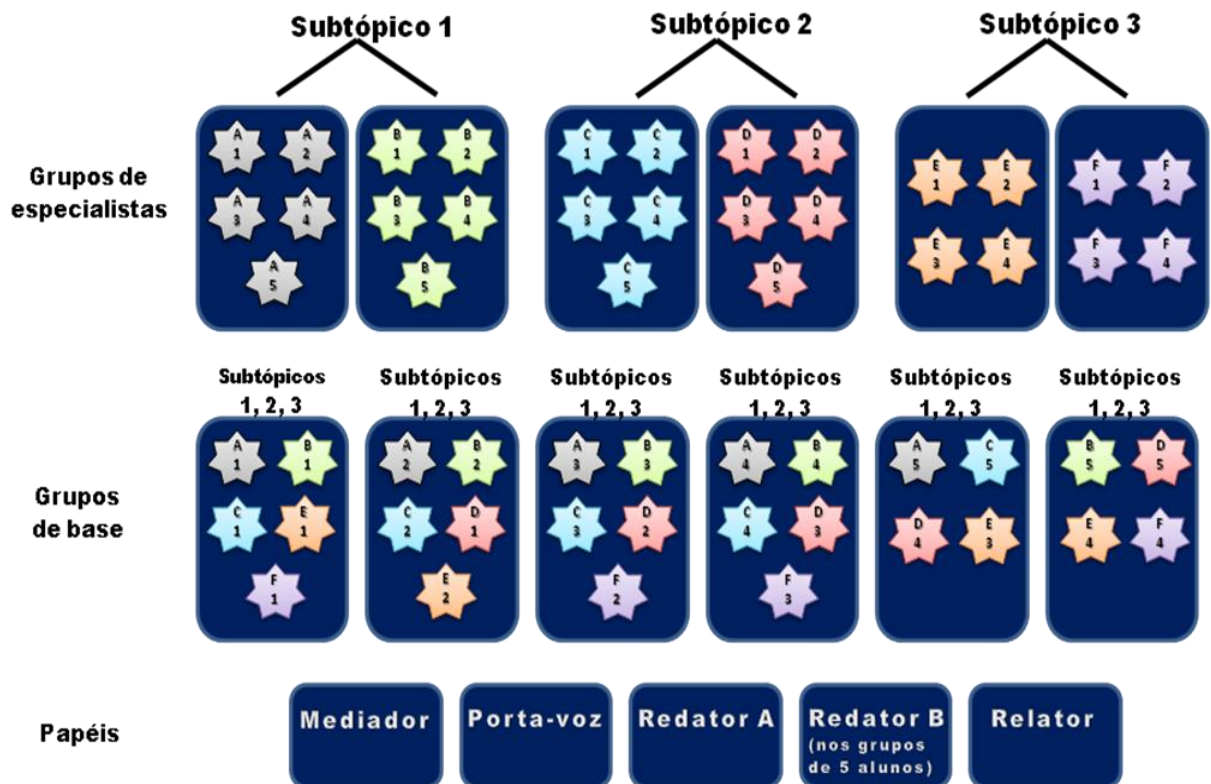
O formato proposto para os grupos de especialistas descritos anteriormente foi seguido com a entrega dos *kits* experimentais e respectivos roteiros. Os grupos de especialistas foram distribuídos formando três equipes, cada uma envolvendo dois grupos de especialistas, que trabalharam conjuntamente. A primeira equipe de especialistas ficou com 10 alunos e dois *kits* experimentais N^o. 1 + respectivos roteiros, a segunda equipe de especialistas ficou com 10 alunos e dois *kits* experimentais N^o. 2 + respectivos roteiros e a terceira equipe de especialistas ficou com 8 alunos e dois *kits* experimentais N^o. 3 + respectivos roteiros. O esquema da Figura 3 mostra a dinâmica dos grupos durante a realização do método *jigsaw*.

Após isso, foram formados 6 grupos de base, 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 grupo de especialistas. Dessa forma, cada grupo de base teve 1 ou 2 especialistas de cada subtópico (1, 2 e 3). A cada membro do grupo de base foi atribuído um papel (mediador, porta-voz, redator A, redator B e

relator). No caso dos grupos de base com 4 alunos, foi possível a presença de apenas 1 redator; os grupos de base com 5 alunos contaram com a presença de 2 redatores, A e B.

Os subtópicos 1, 2 e 3 foram devidamente estudados pelos grupos de especialistas e consolidados nos grupos de base. 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.

Figura 3 - Representação esquemática da sequência de etapas seguidas na aplicação da atividade, de acordo com o método *jigsaw* modificado.



Fonte: Do Autor, 2019.

Após o término das aulas no formato *jigsaw* os alunos responderam questionários com a finalidade de: (i) avaliar a utilização do método *jigsaw*, (ii) avaliar as atividades experimentais realizadas para aprendizagem do conteúdo e (iii) obter informações sobre a aquisição de conhecimentos em Eletroquímica pelos alunos, a partir das aulas ministradas, elaboradas no formato *jigsaw*. Os questionários são apresentados nos APÊNDICES C, D e E, respectivamente.

Os questionários apresentados nos APÊNDICES A, C e D foram respondidos 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 nos trabalhos de Eilks (2005) e Fatareli *et al.* (2010). Inclusive as questões foram adaptações das questões contidas nos mesmos.

As questões de Eletroquímica escolhidas para compor o questionário do APÊNDICE E foram obtidas a partir de 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. Os resultados obtidos pelos alunos no questionário são apresentados no item Resultados e Discussão.

De acordo com o Quadro 2, 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.

Foram analisadas as respostas dos alunos aos questionamentos “*O que é uma célula galvânica? Quais são os constituintes essenciais de uma célula galvânica (nomeie cada um e explique brevemente sua função na célula)? As células galvânicas estão presentes na nossa rotina diária. Dê pelo menos um exemplo e explique o seu funcionamento.*”, antes das atividades, bem como as afirmativas quanto às atividades realizadas e à avaliação do método *jigsaw*. Essas últimas foram agrupadas em categorias, como por exemplo, (FATARELI *et al.*, 2010):

- I) opinião dos alunos com relação à sua conduta durante a realização da estratégia;
- II) impressões sobre as contribuições da estratégia para o aprendizado dos conteúdos estudados;
- III) impressões sobre as contribuições da estratégia para o desenvolvimento de habilidades relevantes à sua formação;
- IV) o interesse em participar de atividades baseadas no método *jigsaw* novamente;
- V) opinião dos alunos com relação a conduta do professor; e
- VI) impressões dos alunos sobre a atividade, que consistiu na aplicação do método *jigsaw*, na distribuição de papéis e no processamento grupal.

As respostas dos grupos de especialistas, dadas às questões sobre células galvânicas, bem como aquelas presentes nas diversas etapas dos roteiros dos *kits* experimentais N^{os}. 1, 2 e 3 (APÊNDICE B) foram avaliadas utilizando-se os seguintes 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.

O produto da pesquisa, *kits* experimentais para ensino de células galvânicas, foi publicado na Revista Química Nova na Escola (QNEsc), cujo comprovante encontra-se disponível no APÊNDICE F. As demais produções geradas por ocasião da presente pesquisa encontram-se no APÊNDICE G.

6.3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho foi realizado a partir de revisão de literatura de aspectos da aprendizagem cooperativa e Eletroquímica, voltando os olhares para o Ensino Médio. Precisamente, todas as atividades foram desenvolvidas com uma turma do 2^o ano.

Por meio do trabalho, pretendeu-se ligar e aprofundar os conceitos de Eletroquímica voltados a uma abordagem centrada em células galvânicas e oxirredução por meio do método *jigsaw*, que propõe trabalhar os conceitos e atividades em grupos de especialistas e grupos de base, utilizando-se *kits* experimentais construídos com material de fácil obtenção, proporcionando a vivência da prática dos alunos e o estabelecimento de uma correlação com o conteúdo abordado nas aulas teóricas.

A pesquisa qualitativa e a pesquisa-ação, citadas anteriormente, foram importantes para avaliar os resultados e verificar, no âmbito da turma de 2^o ano, se realmente essas estratégias e o método foram eficazes, ou seja, se culminaram na consolidação do conteúdo de Eletroquímica (células galvânicas) escolhido e caracterizado como tópico.

De acordo com Neves (1996), o desenrolar do estudo de uma pesquisa qualitativa necessita de um recorte do assunto abordado naquele período pelo pesquisador. Dessa forma, buscar-se-á o entendimento e a interpretação do desempenho, posturas e ações que a presente pesquisa levou para os alunos,

voltando-se para a Eletroquímica, e o método cooperativo *jigsaw* atuando para permitir uma melhor aprendizagem do ensino.

Os questionários possibilitaram quantificar informações e respostas para chegar-se a uma conclusão, ou seja, por meio deles avaliamos as opiniões e respostas, devido a se apresentarem como instrumentos padronizados. Os resultados foram apresentados na forma de gráficos e quadros. A pesquisa foi realizada por meio de análise de dados qualitativos e quantitativos, utilizando a revisão de literatura para sustentar os resultados obtidos e dar subsídios ao método *jigsaw*.

6.4 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Em consonância aos princípios da Resolução 466/12 CNS (BRASIL, 2012), 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 (ANEXO A) 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.

Cabe ressaltar que, mesmo classificada como uma pesquisa de risco mínimo, os pesquisadores ficaram atentos a qualquer manifestação dos participantes ao longo do estudo, preocupando-se com a identificação de sentimentos e percepções de constrangimento, frustrações e perseguições, que mesmo não previstos como risco pudessem ter sido deflagrados pelos participantes, tomando as medidas necessárias. Sendo assim, os pesquisadores cumpriram todos os requisitos éticos para a execução de estudo com seres humanos.

Aos sujeitos, foi garantido o sigilo de suas informações, instituição à qual pertencem, e também o direito de se retirar da pesquisa a qualquer tempo e por qualquer motivo. A todos os participantes foram entregues 02 (duas) vias do TCLE, as quais foram assinadas pelos seus responsáveis e pelos pesquisadores. Uma via

dos TCLE assinados permanecem em posse dos pesquisadores, e outra em posse dos participantes da pesquisa.

Inicialmente, a pesquisa seria submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (CEP/UFTM); inclusive todos os pesquisadores realizaram seus cadastros na Plataforma Brasil e todos os formulários exigidos pelo CEP/UFTM foram providenciados e preenchidos.

Após alguns esclarecimentos com o Vice-Presidente do CEP/UFTM, e diante da questão levantada por nós ao mesmo, de que, sendo os participantes da pesquisa os próprios alunos do Professor Bruno Pereira Diniz, mestrando do PROFQUI/UFTM, se esse fato tornaria desnecessário protocolar o projeto no CEP/UFTM. Foi-nos respondido que era possível que uma pesquisa com esta especificidade não fosse registrada e avaliada pelo sistema CEP/CONEP, e que o fundamento pode ser encontrado no inciso VII do Art. 1º presente na Resolução 510/2016, que trata da pesquisa na área de Ciências Humanas e Sociais: "Art. 1º (...) *Parágrafo único. Não serão registradas nem avaliadas pelo sistema CEP/CONEP: (...) VII - pesquisa que objetiva o aprofundamento teórico de situações que emergem espontânea e contingencialmente na prática profissional, desde que não revelem dados que possam identificar o sujeito;*"

Face ao exposto, os pesquisadores fizeram a opção de utilizar o TCLE (ANEXO A), apenas como respaldo adicional, porém este documento não é necessário. Também optaram por utilizar a autorização do Colégio Atenas para acesso a dados (ANEXO B), a qual já havia sido obtida antes que os pesquisadores tivessem conhecimento do exposto no parágrafo anterior.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

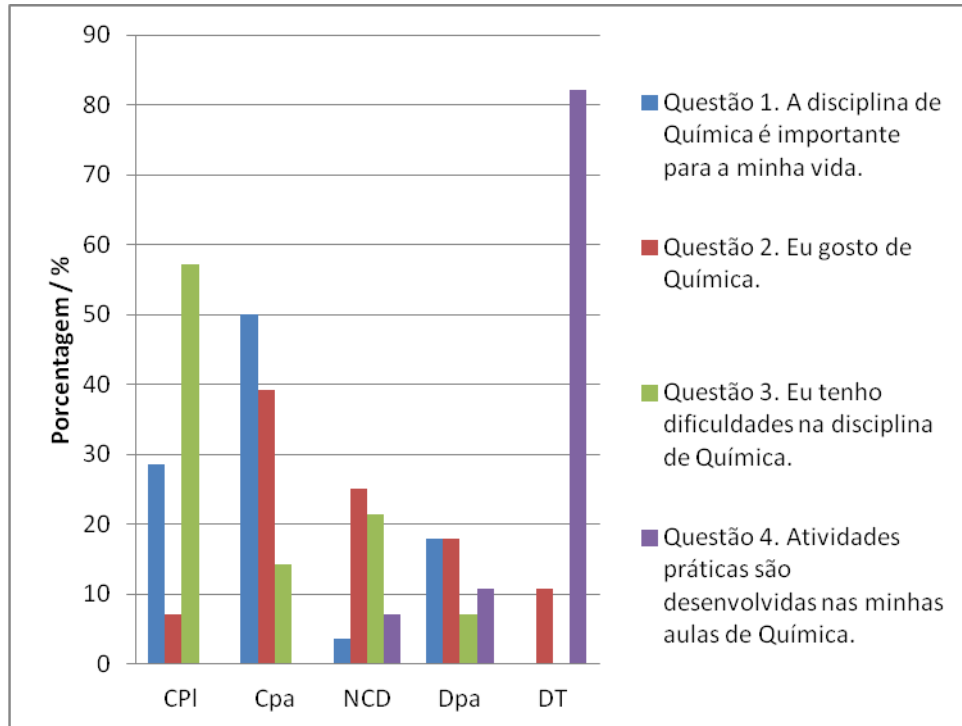
Antes do início das atividades no formato *jigsaw*, foram ministradas 5 aulas sobre o tema Eletroquímica (Atividade 2 do Quadro 2), no formato “convencional”, visando fornecer aos alunos conceitos de Eletroquímica. Após essas aulas, foram formados os grupos de especialistas, para a realização da Atividade 3 do Quadro 2, onde realizou-se um diagnóstico para obtenção de informações gerais sobre a disciplina de Química (vide Item 7.1) e também uma discussão sobre células galvânicas, onde os grupos fizeram os seus registros (vide Item 7.2).

7.1 PERCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE A DISCIPLINA DE QUÍMICA

Os resultados obtidos a partir da análise do Questionário 1 contendo informações gerais sobre química (APÊNDICE A), cuja parte objetiva apresentou 4 afirmativas, e contou com a participação de 28 alunos, mostraram que, na Questão 1, a maioria dos alunos considerou que a disciplina de Química é importante para as suas vidas (78,57%; somatório das respostas CPI e Cpa), 3,57% dos alunos não concordaram e nem discordaram e 17,86% dos alunos discordaram parcialmente (ver Figura 4). Em relação aos comentários para essa questão tivemos apontamentos dos estudantes identificados como *E1*, *E4*, *E6* e *E8*, os quais foram agrupados na Categoria 1 (**Porquê os alunos consideram a disciplina de Química importante**), conforme Quadro 3).

Quanto à Questão 2, 46,43% (somatório das respostas CPI e Cpa) consideraram que gostam da disciplina de Química, 25% não concordaram e nem discordaram e 28,57% discordaram parcialmente ou totalmente (ver Figura 4). Na parte destinada aos comentários tivemos manifestação por parte dos estudantes indicados como *E2*, *E5* e *E6*, os quais foram agrupados na Categoria 2 (**Os alunos consideram a disciplina de Química difícil**), conforme o Quadro 3. A partir desses dados, pode-se inferir que o fato dos alunos não gostarem da disciplina de Química pode estar associado às dificuldades que eles têm, em relação à mesma.

Figura 4 – Índice de respostas na escala *Likert* de cinco pontos para as Afirmativas 1 a 4 do Questionário 1 do APÊNDICE A, para obtenção de informações gerais sobre química.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Quadro 3 - Comentários dos alunos referentes às Questões 1 a 4, do Questionário 1 do APÊNDICE A, agrupados em três categorias diferentes.

1. Porquê os alunos consideram a disciplina de Química importante
<p><i>“Para a minha vida somente é importante no âmbito profissional (ENEM)”. E1</i></p> <p><i>“É importante para o ENEM”. E4</i></p> <p><i>“É importante para a minha formação”. E6</i></p> <p><i>“Não pretendo cursar algo que use química, porém, acho interessante saber para uso diário”. E8</i></p>
2. Os alunos consideram a disciplina de Química difícil
<p><i>“Bloqueio na aprendizagem”. E1</i></p> <p><i>“Eu gosto da disciplina, porém, gostaria mais se eu entendesse”. E2</i></p> <p><i>“Tenho bastante dificuldade em entender e realizar exercícios sobre determinados conteúdos”. E3</i></p> <p><i>“Porque eu acho uma disciplina difícil”. E5</i></p> <p><i>“A matéria é complicada de ser interpretada e algumas vezes eu confundo”. E5</i></p> <p><i>“Ano passado eu gostava, esse ano está muito difícil”. E6</i></p> <p><i>“Ano passado, uma das minhas maiores notas foram em química, mas esse ano estou com um pouco de dificuldade”. E6</i></p> <p><i>“Eu tenho a dificuldade de entender a matéria”. E7</i></p>
3. Os alunos apontam que não realizam atividades práticas nas aulas de Química
<p><i>“Trabalhos em grupo”. E1</i></p>

“Nunca realizamos atividades práticas”. E3

“Nunca fizemos, mas exemplos são mostrados no quadro”. E6

“Não são desenvolvidas”. E8

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Em relação à Questão 3, a maioria dos alunos declarou que tem dificuldades na disciplina de Química (71,43%; somatório das respostas CPI e Cpa), 21,43% não concordaram e nem discordaram e 7,14% discordaram parcialmente (ver Figura 4). Nos comentários referentes à essa questão, tivemos manifestação por parte dos estudantes E1, E3, E5, E6 e E7, os quais também foram agrupados na Categoria 2 (**Os alunos consideram a disciplina de Química difícil**), conforme o Quadro 3.

Quanto à Questão 4, a maioria (92,86%; somatório das respostas Dpa e DT), declarou que atividades práticas não são realizadas durante as aulas de Química, e somente 7,14% não concordaram e nem discordaram (ver Figura 4). Na parte destinada aos comentários os estudantes E1, E3, E6 e E8 realizaram apontamentos sobre a questão, os quais foram agrupados na Categoria 3 (**Os alunos apontam que não realizam atividades práticas nas aulas de Química**), conforme o Quadro 3.

A partir desse diagnóstico inicial constatou-se que os alunos, apesar de apresentarem dificuldades na disciplina de Química, a consideram importante para as suas vidas. Apenas quase metade dos alunos declarou gostar da disciplina, o que parece estar relacionado, principalmente, às dificuldades apresentadas. Foi quase um consenso que atividades práticas não são realizadas, o que mostra a importância da presente pesquisa, que contempla a realização de atividades práticas para o ensino de células galvânicas.

As dificuldades de aprendizagem por parte dos alunos são de natureza variada. O professor pode ser considerado como um dos pilares na identificação e na determinação dos problemas. De acordo com Mizukami (2013), o papel do professor está intimamente ligado à transmissão de certos conteúdos que são predefinidos e que constituem o próprio fim da existência escolar. E para se chegar a uma solução, é preciso dar destaque a pesquisas nesse campo, e entender os diversos fatores que rodeiam essas dificuldades.

7.2 CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE CÉLULAS GALVÂNICAS

O Quadro 4 reúne as respostas dos grupos de especialistas às questões sobre células galvânicas, bem como a comparação com as respostas esperadas, por meio da atribuição dos termos “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”.

Quadro 4 – Respostas dos grupos de especialistas às questões iniciais sobre células galvânicas.

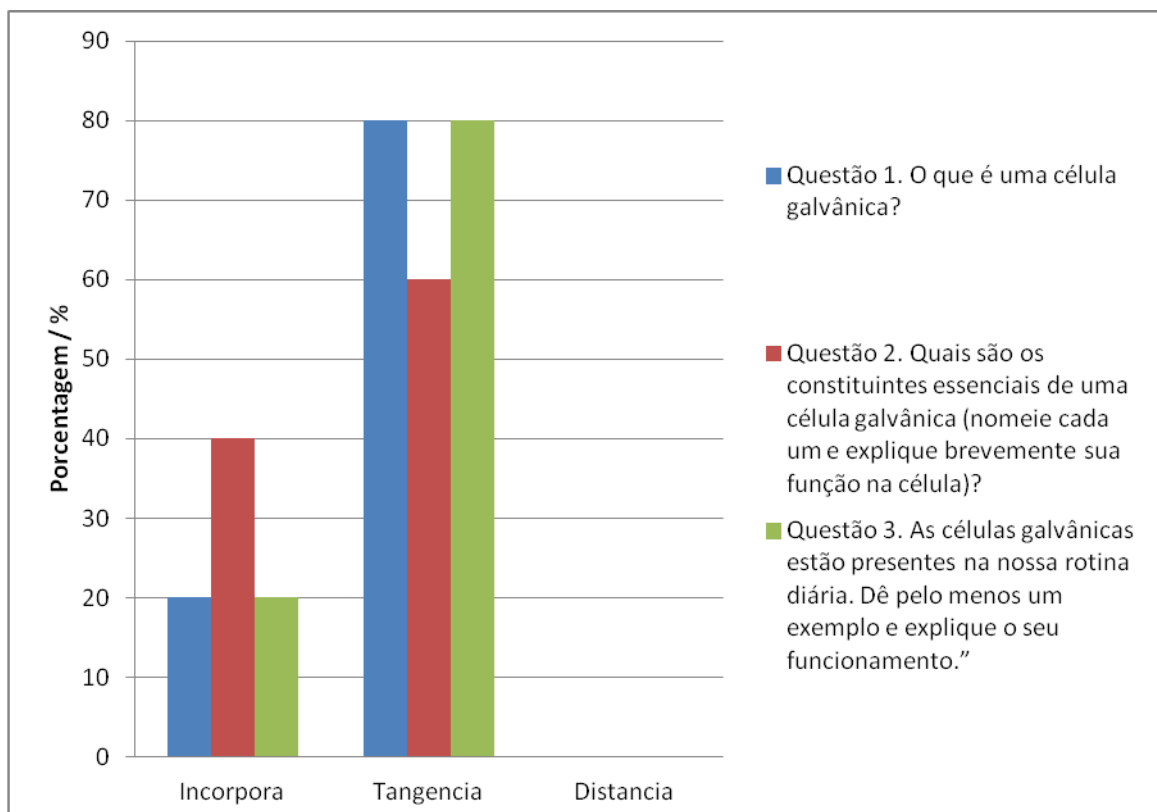
O que é uma célula galvânica?		
Respostas dos grupos de especialistas (antes de iniciarem os trabalhos)	Resposta esperada	Incorpora, tangencia ou distancia?
<i>São dispositivos que apresentam reação de oxirredução espontâneas, gerando a partir disso corrente elétrica. GE1</i>	<i>É um dispositivo constituído unicamente de dois eletrodos e um eletrólito, arranjados de maneira a produzir energia elétrica (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).</i>	Tangencia
<i>As células galvânicas ou pilhas são dispositivos que apresentam reações de oxirredução espontâneas, gerando a partir disso corrente elétrica. GE2</i>		Tangencia
<i>É uma célula eletroquímica que obtém energia elétrica a partir de reações espontâneas. GE3</i>		Tangencia
<i>A célula galvânica é um dispositivo que consiste em dois metais diferentes conectados por meio de uma ponte de sal ou um disco poroso localizados entre cada meia-célula. GE4</i>		Incorpora
<i>É um dispositivo que apresenta reações de oxirredução espontâneas gerando corrente elétrica. GE5</i>		Tangencia
Quais são os constituintes essenciais de uma célula galvânica (nomeie cada um e explique brevemente sua função na célula)?		
Respostas dos grupos de especialistas (antes de iniciarem os trabalhos)	Resposta esperada	
<i>Soluções dos metais zinco e cobre, também é necessário um tubo em U determinando a ponte salina. Ele tem a função de armazenar uma solução de sal para equilibrar a concentração das duas soluções. GE1</i>	<i>Dois eletrodos (cátodo e ânodo), imersos em soluções de sal, cujos cátions metálicos referem-se aos respectivos eletrodos, uma ponte salina preenchida com uma solução salina (eletrólito), o qual funciona como um</i>	Tangencia
<i>Ponte salina, armazena solução de sal para equilibrar a concentração das duas soluções. Dois eletrodos (lâminas), uma oxida enquanto e outra reduz. Circuito externo, que conecta os dois eletrodos.</i>		Incorpora

<i>GE2</i>	condutor iônico, e um fio condutor externo, que interliga os dois eletrodos, permitindo o transporte dos elétrons (condutor eletrônico).	
<i>2 eletrodos, ponte salina, ânodo e cátodo. GE3</i>		Tangencia
<i>Um eletrodo sofre oxidação (ânodo) e o outro sofre redução (cátodo), um circuito (externo e interno) ligando as duas, uma ponte salina. GE4</i>		Tangencia
<i>Dois eletrodos, uma ponte salina, soluções que promovem oxirredução, circuito externo. As lâminas promovem oxidação na presença de soluções. No circuito externo, os elétrons transitam saindo da lâmina. A solução (geralmente com cobre) sofre redução, recebe os elétrons provenientes do metal e deposita sobre a lâmina de cobre. A lâmina de cobre, ao receber cobre da solução sobre uma superfície, apresentando aumento de sua massa. GE5</i>		Incorpora
As células galvânicas estão presentes na nossa rotina diária. Dê pelo menos um exemplo e explique o seu funcionamento.”		
Respostas dos grupos de especialistas (antes de iniciarem os trabalhos)	Resposta esperada	
<i>Controle remoto, ele manda raios infravermelhos e interage com a TV. GE1</i>	Exemplos: baterias e pilhas. Funcionamento: quando os eletrodos são conectados a um aparelho elétrico uma corrente flui pelo circuito, pois o material de um dos eletrodos oxida-se espontaneamente liberando elétrons (ânodo ou eletrodo negativo), enquanto o material do outro eletrodo reduz-se usando esses elétrons (cátodo ou eletrodo positivo) (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).	Tangencia
<i>As pilhas galvânicas são encontradas na bateria dos celulares. GE2</i>		Tangencia
<i>Bateria de carrinho de controle remoto. GE3</i>		Tangencia
<i>Bateria de celular. Pilha de controle remoto. Calculadora. Está acontecendo um fenômeno de oxidação e redução onde aparenta receber elétrons. GE4</i>		Incorpora
<i>São como as pilhas que usamos nos aparelhos eletrônicos (ex: controle remoto da televisão). Elas geram corrente elétrica e proporcionam energia para fazer com que o aparelho funcione. GE5</i>		Tangencia

*As letras GE indicam “Grupos de especialistas”, e o número indica “o número do grupo”.
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Percebemos, a partir da análise do Quadro 4 com as respostas dos grupos de especialistas que, para a Questão 1, a maior parte (80%) das respostas foi classificada como “Tangencia”, demonstrando que os alunos entenderam parte do conteúdo explorado e se aproximaram da resposta esperada. Em relação à segunda questão, uma parte das respostas (40%) foi classificada como “Incorpora” e outra (60%) como “Tangencia”, demonstrando que o entendimento sobre a estrutura da célula galvânica foi bem absorvido e interpretado pelos alunos, que constituíram os grupos de especialistas. Para a Questão 3 percebemos respostas corretas para os exemplos de dispositivos que utilizam pilhas, mas em relação à explicação do seu funcionamento tivemos somente um grupo de especialistas fazendo esse processo. Vale ressaltar que, nessa questão, ficou combinado com os alunos que dispositivos que utilizam células galvânicas poderiam ser apontados. Dessa forma, tivemos uma resposta (20%) classificada como “Incorpora” e o restante (80%) como “Tangencia”. A Figura 5 expressa os resultados obtidos.

Figura 5 – Índice de respostas classificadas como “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”, para as três questões sobre células galvânicas contidas na discussão inicial, realizada pelos grupos de especialistas.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

7.3 UTILIZAÇÃO DOS KITS EXPERIMENTAIS PELOS GRUPOS DE ESPECIALISTAS

Conforme previsto na Atividade 4 do Quadro 2, foram formados 6 grupos de especialistas, sendo 4 grupos compostos por 5 alunos cada e dois grupos formados cada um por 4 alunos; após isso foram distribuídos os *kits* experimentais e seus respectivos roteiros (descritos no APÊNDICE B), associados aos 3 subtópicos sobre células galvânicas. Os resultados obtidos a partir das atividades realizadas, que tiveram duração de 3 aulas de 50 minutos, encontram-se reunidos nos itens 7.3.1, 7.3.2 e 7.3.3.

7.3.1 *Kit* experimental Nº. 1 + roteiro do subtópico 1 – Entendendo o funcionamento das pilhas comerciais

As respostas do APÊNDICE B têm início no *kit* experimental Nº. 1 e seu respectivo roteiro, que explorou o funcionamento das pilhas comerciais. Os dados obtidos encontram-se reunidos no Quadro 5. As respostas dos grupos de especialistas foram avaliadas, tendo como parâmetro as respostas esperadas, tendo sido atribuído os termos “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”.

Quadro 5 – Análise das respostas do grupo de especialistas às questões do *kit* experimental Nº. 1.

1ª Etapa: Medida do potencial a partir da secção transversal da pilha



Usando uma das metades da pilha, ligue o multímetro e coloque na escala de 20 Volts. Encaixe as extremidades metálicas dos cabos do multímetro em cada um dos polos da seguinte maneira: a extremidade metálica da ponta vermelha na pasta preta ou então no tubo central e a da preta, na parte metálica conforme indicado na fotografia.

<p>1) Qual foi o potencial medido? 2) Inverta a posição das extremidades metálicas dos cabos do multímetro e meça o potencial? Qual foi o potencial medido? Explique. 3) Identifique o cátodo e o ânodo da pilha, bem como o tipo de material a partir do qual é constituído cada um deles. 4) Qual a composição química da pasta escura e qual o seu papel no funcionamento da pilha? 5) Escreva a reação anódica, a reação catódica e a reação global que ocorre na pilha comercial utilizada. 6) Quando uma pilha comum, como essa que você utilizou, para de funcionar? Explique.</p>		
Respostas dos grupos de especialistas	Resposta esperada	Incorpora, tangencia ou distancia?
1) +1,48 V.	+1,48 V.	Incorpora
2) 0,32 V. Porque eles são menos estáveis.	-1,48 V. Na configuração do item 1), os pólos positivo (cabo vermelho) e negativo (cabo preto) do multímetro estão conectados com o cátodo e ânodo da pilha, respectivamente. Nesta configuração as polaridades do multímetro e da pilha estão invertidas (TEIXEIRA JÚNIOR, 2016).	Distancia
3) Cátodo: cabo preto. Ânodo: cabo vermelho. Possui o zinco como o eletrodo negativo; já como polo positivo, há uma barra de grafita instalada no meio da pilha envolvida por dióxido de manganês (MnO ₂), carvão em pó (C) e por uma pasta úmida.	Uma pilha comercial comum é formada, basicamente, por um envoltório de zinco separado das demais espécies químicas que compõem a pilha por meio de um papel poroso (papelão). O zinco corresponde ao polo negativo da pilha ou ânodo, pois ele se oxida, perdendo dois elétrons. O cátodo é uma barra de grafita instalada no meio da pilha, envolvida por dióxido de manganês (MnO ₂), carvão em pó (C) e por uma pasta úmida (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).	Tangencia
4) É uma pasta formada pela mistura de cloreto de amônio e cloreto de zinco. O ânodo é de zinco metálico, usado geralmente, na forma de chapa para confecção da caixa externa da	É composta por cloreto de amônio (NH ₄ Cl), cloreto de zinco (ZnCl ₂) e água (H ₂ O). A pasta úmida faz o papel de ponte salina, permitindo a	Tangencia

<p>pilha. O cátodo é um bastão de grafite, geralmente cilíndrico, rodeado por uma mistura em pó de dióxido de manganês e grafite.</p>	<p>migração dos ânions hidroxila (OH⁻) da grafita para o zinco (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).</p>	
<p>5) Reação Anódica: $Zn + 2OH^- \rightarrow Zn(OH)_2 + 2e^-$ Reação Catódica: $2 MnO_2 + 2H_2O + 2e^- \rightarrow 2 MnOOH + 2OH^-$ Reação Global: $Zn + 2 MnO_2 + 2 H_2O \rightarrow Zn(OH)_2 + 2MnOOH$ A reação catódica é a mesma da pilha de Leclanché.</p>	<p>Ânodo: $Zn(s) + 2NH_4Cl(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow Zn(NH_3)_2Cl_2(s) + 2H_2O(l) + 2e^-$ Cátodo: $2MnO_2(s) + 2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow 2MnOOH(s) + 2OH(aq)$ Reação global: $Zn(s) + 2MnO_2(s) + 2NH_4Cl(aq) \rightarrow Zn(NH_3)_2Cl_2(s) + 2MnOOH(s)$ (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).</p>	Tangencia
<p>6) Quando o ânodo da reação anódica oxida totalmente, a pilha para de funcionar, pois não há como liberar mais energia, ou seja, a reação para totalmente.</p>	<p>Quando o dióxido de manganês é convertido a MnOOH a pilha para de funcionar e deve ser descartada (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000).</p>	Incorpora

2ª Etapa: Medida do potencial dos sistemas de pilhas em duas configurações diferentes

Usando os 2 sistemas de pilhas montados na 2ª etapa, conecte-os de acordo com a fotografia abaixo. O polo positivo de uma pilha deve ser conectado ao polo negativo de outra pilha.

Ligue o multímetro e coloque na escala de 20 Volts. Encaixe as extremidades metálicas dos cabos do multímetro em cada um dos polos: a extremidade metálica da ponta vermelha no pólo positivo e a da preta no polo negativo.



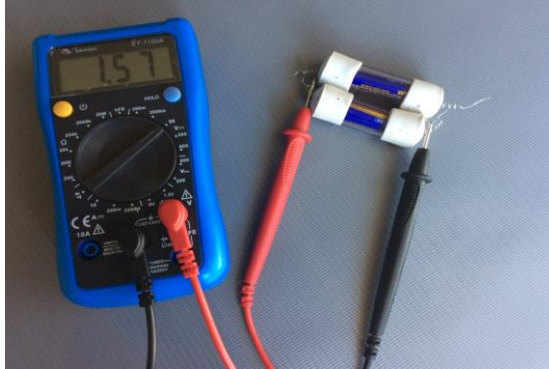
1) Qual foi o potencial medido?

2) Esse potencial é maior ou menor do que o de uma única pilha? Explique.

Usando os 2 sistemas de pilhas montados na 2ª etapa, conecte-os de acordo com a fotografia abaixo. O polo positivo de uma pilha deve ser conectado ao polo positivo de outra pilha. O mesmo vale para o polo negativo.

Ligue o multímetro e coloque na escala de 20 Volts. Encaixe as extremidades metálicas dos cabos do multímetro em cada um dos polos da seguinte maneira: a extremidade metálica da ponta vermelha no polo positivo e a da

preta no polo negativo.



3) Qual foi o potencial medido?

4) Esse potencial é maior ou menor do que o de uma única pilha? Explique.

5) Esse potencial é diferente do potencial medido usando a outra configuração de pilhas? Explique.

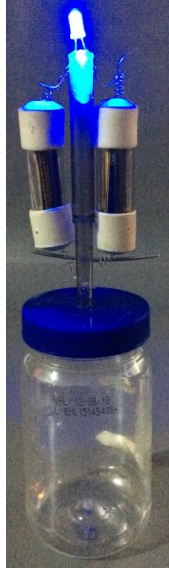
Respostas dos grupos de especialistas	Resposta esperada	Incorpora, tangencia ou distancia?
Circuito em série 1) O potencial medido foi 2,97 V com duas pilhas.	3,13 V.	Incorpora
2) Maior que uma única pilha. Em série o potencial individual de cada pilha é somado.	O potencial é maior, pois no circuito em série temos a soma do potencial de cada pilha. Assim, cada uma tendo 1,5 V ao ligarmos duas em série teremos aproximadamente 3,0 V.	Incorpora
Circuito em paralelo 3) 1,49 V.	1,57 V.	Incorpora
4) Maior, pois uma única pilha existente, possui uma potência total menor.	O valor do potencial de célula não é alterado em relação à medida do potencial de célula de uma única pilha, mantendo-se em +1,57 V. Uma associação de duas pilhas em paralelo é utilizada para se obter uma intensidade de corrente elétrica maior do que a intensidade da corrente elétrica possível em uma única pilha, sendo a corrente total igual à soma das intensidades da corrente elétrica em cada uma das pilhas (SILVEIRA; AXT, 2003).	Tangencia
5) Sim. É diferente por causa da posição das pilhas, pois o primeiro sistema de pilhas é em série, e esse é paralelo.	Sim. No circuito em série temos a soma dos potenciais de cada pilha ligada no circuito. Assim, se o potencial de cada pilha for 1,5 V ao associarmos duas pilhas, o potencial será em torno de 3,0 V. No circuito em paralelo em questão, o potencial não é alterado em relação ao de uma única pilha.	Tangencia

3ª Etapa: Montagem do sistema para acender o led (tensão nominal de 3,0 V).

Use o sistema de pilhas montado em série para tentar acender o *led*, conforme mostrado na fotografia.

Use o sistema de pilha montado em paralelo para tentar acender o *led*, conforme mostrado na fotografia.

Você conseguiu acender o *led* com as duas configurações de sistemas de pilhas (série e paralelo)? Explique.

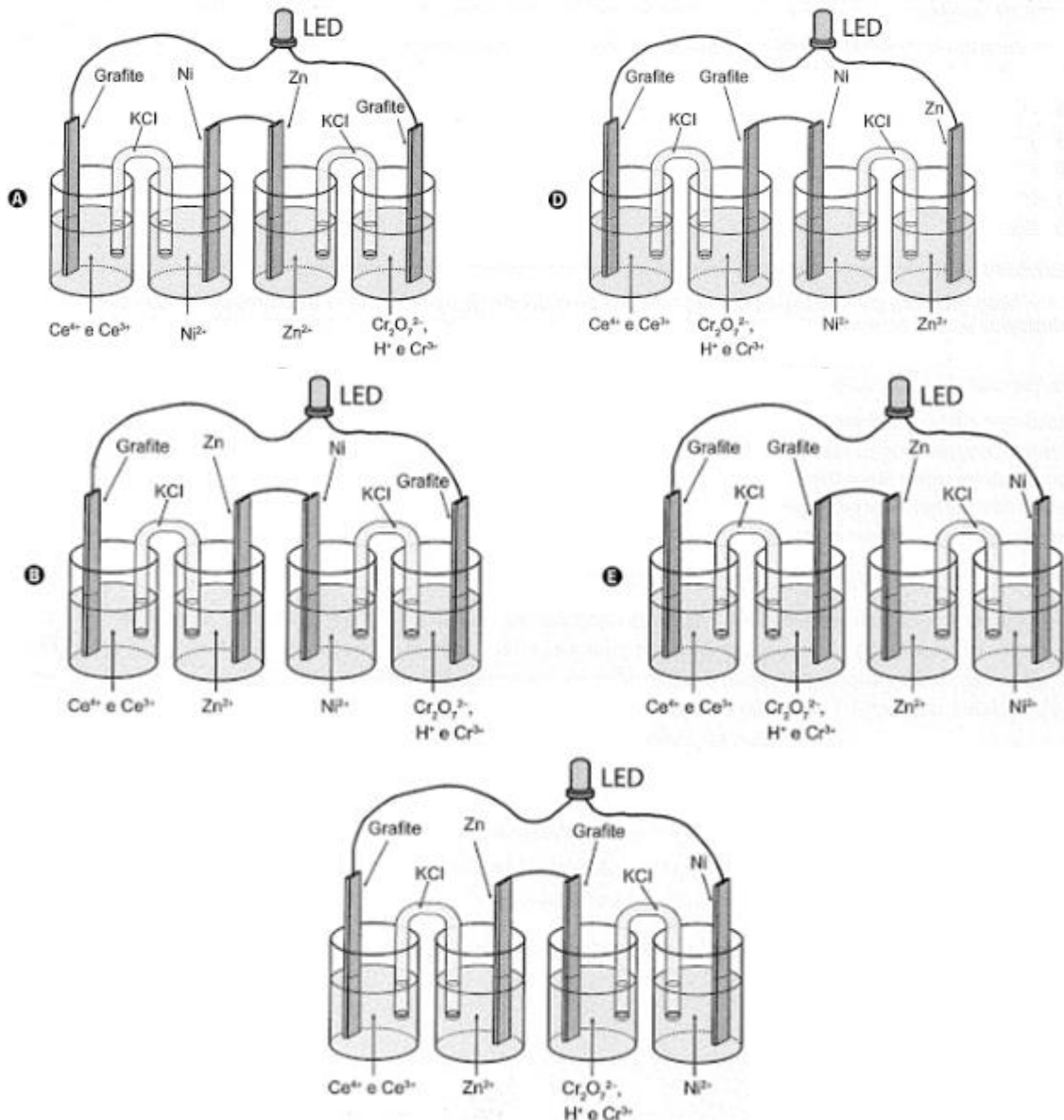


Respostas dos grupos de especialistas	Resposta esperada	Incorpora, tangencia ou distancia?
<p>Sim. Em série, o ddp é a soma do potencial individual de cada pilha. Duas pilhas unidas com o polo negativo em contato com o positivo da outra. Em paralelo, o ddp resultante da associação é igual em valor do ddp individual de cada pilha. Duas pilhas unidas de modo que suas laterais estejam juntas e seus polos estejam voltados para o mesmo lado.</p>	<p>Não. É possível acender o <i>led</i> somente com a associação em série, visto que é necessário um potencial de célula de +3,0 V para acendê-lo; a associação em paralelo fornece um potencial de célula de +1,57 V, que não é suficiente para acender o <i>led</i>.</p>	<p>Tangencia</p>
<p>4ª Etapa: Resolução de questão de Eletroquímica do ENEM 2017</p>		

A invenção do LED azul, que permite a geração de outras cores para compor a luz branca, permitiu a construção de lâmpadas energeticamente mais eficientes e mais duráveis do que as incandescentes e fluorescentes. Em um experimento de laboratório, pretende-se associar duas pilhas em série para acender um LED azul que requer 3,6 volts para o seu funcionamento. Considere as semirreações de redução e seus respectivos potenciais mostrados no quadro.

Semirreação de redução	E° (V)
$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	+1,61
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14 \text{H}^+(\text{aq}) + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,33
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0,25
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,76

Qual associação em série de pilhas fornece diferença de potencial, nas condições-padrão, suficiente para acender o LED azul?



Respostas dos grupos de especialistas	Resposta esperada	Incorpora, tangencia ou distancia?
Letra d. Quanto maior o potencial de redução, maior a tendência	Alternativa (c). Semirreações que ocorrem na célula galvânica da esquerda:	Distancia

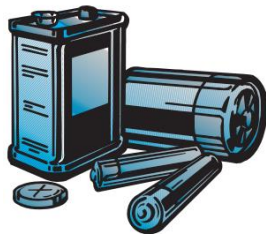
<p>de reduzir, formando o cátodo da pilha. Como o Ca^{2+} é o mais positivo, ele liga como o mais negativo, que é o Zn^{2+}, porque é a maior diferença de potencial entre os dois. Com isso, será a melhor pilha.</p>	<p>$\text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Zn}_{(aq)}^{2+} + 2e^- \dots\dots\dots \text{Ânodo}$ $2\text{Ce}_{(aq)}^{4+} + 2e^- \rightarrow 2\text{Ce}_{(aq)}^{3+} \dots\dots\dots \text{Cátodo}$ $\text{Zn}_{(s)} + 2\text{Ce}_{(aq)}^{4+} \rightarrow \text{Zn}_{(aq)}^{2+} + 2\text{Ce}_{(aq)}^{3+} \dots \text{Reação global}$ $E_{\text{célula galvânica esquerda}}^{\circ} = E_{\text{cátodo}}^{\circ} - E_{\text{ânodo}}^{\circ} = +1,61 - (-0,76) = +2,37 \text{ V}$ Semirreações que ocorrem na célula galvânica da direita: $3\text{Ni}_{(s)} \rightarrow 3\text{Ni}_{(aq)}^{2+} + 6e^- \dots\dots\dots \text{Ânodo}$ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}_{(aq)} + 14\text{H}^+_{(aq)} + 6e^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}_{(aq)} + 7\text{H}_2\text{O}_{(l)} \dots\dots\dots \text{Cátodo}$ $3\text{Ni}_{(s)} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}_{(aq)} + 14\text{H}^+_{(aq)} \rightarrow 3\text{Ni}_{(aq)}^{2+} + 2\text{Cr}^{3+}_{(aq)} + 7\text{H}_2\text{O}_{(l)} \dots \dots \text{Reação global}$ $E_{\text{célula galvânica direita}}^{\circ} = E_{\text{cátodo}}^{\circ} - E_{\text{ânodo}}^{\circ} = +1,33 - (-0,25) = +1,58 \text{ V}$ O potencial da célula galvânica associada em série é dado por: $E_{\text{bateria}}^{\circ} = E_{\text{célula galvânica esquerda}}^{\circ} + E_{\text{célula galvânica direita}}^{\circ} = +2,37 + (+1,58)$ $= +3,95 \text{ V} > +3,6 \text{ V}$</p>
--	--

5ª Etapa: Leitura do artigo “Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental”

Leia o artigo indicado abaixo. Complete o quadro com as informações que se pede.

Classificação	Tipo de Bateria / Breve histórico	Potencial de circuito aberto / V	Riscos aos consumidores e ao meio ambiente	Reações
---------------	-----------------------------------	----------------------------------	--	---------

QUÍMICA E SOCIEDADE



Pilhas e Baterias

Funcionamento e Impacto Ambiental

Nerliso Bocchi, Luiz Carlos Ferracin e Sonia Regina Biaggio

Este artigo define o que são pilhas e baterias, apresentando o funcionamento das que mais frequentemente aparecem no dia-a-dia dos brasileiros. Além disso, considerando que algumas dessas pilhas e baterias têm componentes tóxicos, discute o que fazer com pilhas usadas para evitar problemas ambientais.

► pilhas, sistemas eletroquímicos, baterias primárias, baterias secundárias ◀

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C. ; BIAGGIO, S. R. . Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.11, p. 3-9, 2000.
 Disponível em <<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>>.

Respostas dos grupos de especialistas

Classificação	Tipo de bateria/breve histórico	Potencial de circuito aberto/V	Riscos aos consumidores e ao meio ambiente	Reações
Primárias	Pilha de Leclanché: Zinco/ dióxido de manganês. É a mais comum, O ânodo é de	Intervalo entre 1,55 V e 1,74 a temperatura ambiente.	O eletrodo consiste de uma liga de zinco contendo pequenas quantidades de chumbo e cádmio, a fim de se obter propriedades	Reações paralelas: ocorrem durante o armazenamento e durante o período que permanecem em repouso.

	zinco e o cátodo é um bastão de grafite.		mecânicas adequadas para o trabalho, assim tendo sérios riscos.	
Primárias	Pilha alcalina: zinco/dióxido de manganês. O eletrólito é uma solução aquosa de hidróxido de potássio concentrado (30% em massa).	Forme um potencial de circuito aberto de 1,55 V a temperatura ambiente.	Representam menor risco, já que não contêm metais tóxicos, como mercúrio, chumbo e cádmio. Há uma tendência mundial em se mudar para elas por não oferecerem muitos riscos.	A reação do cátodo é igual a da pilha de Leclanché. No ânodo ocorre a oxidação do zinco.
Primárias	Pilha de lítio/dióxido de manganês: o ânodo é o lítio metálico e o cátodo é três grupos de compostos.	Intervalo de 3,0 V a 3,5 V a temperatura ambiente.	Pilhas vedadas de maneira imprópria podem expor o lítio à umidade do ar e provocar chamas no metal e no solvente não aquoso. Possui alto custo.	Não apresenta reações e mostra excelente desempenho nas aplicações operadas.
Classificação	Tipo de bateria	Potencial/V	Riscos	Reações
Secundárias	Bateria chumbo/ácido no cátodo, o dióxido de chumbo reage com ácido sulfúrico. No ânodo, o chumbo reage com íons sulfato.	Par de eletrodos varia de 2,15 V carregado até 1,98 V descarregado. Cada vaso fornece 2 V. A bateria fornece aproximadamente 12 V.	O método de recuperação do chumbo usado pelas empresas é inadequado, o que termina contaminando a atmosfera com óxidos de enxofre (SOx) e com chumbo particulado.	No processo de carga, o sulfato de chumbo é reconvertido a chumbo (ânodo) e a dióxido de chumbo (cátodo).
Secundárias	Bateria níquel/cádmio: consiste de um ânodo formado por uma liga de cádmio e ferro e um cátodo de hidróxido de níquel imersos em uma solução aquosa de KOH.	Par de eletrodos fornece aproximadamente 1,15 V a temperatura ambiente: (chumbo/ácido). Par de eletrodos fornece aproximadamente 1,20 V (hidreto metálico/óxido de níquel).	Pelo fato de empregarem cádmio em sua composição, são considerados as de maior impacto ambiental. Devido a isso, há uma tendência em substituí-la pela baterias hidreto metálico/óxido de níquel.	A reação de descarga do eletrodo é a oxidação do hidreto metálico, regenerando o metal que é uma ligação metálica.
Secundárias	Bateria de íons lítio: usa em vez de lítio metálico, apenas íons lítio presentes no eletrólito na forma de sais	Par de eletrodos fornece um intervalo de 3,0 V a 3,5 V a temperatura ambiente.	Não oferece riscos. Possui um bom desempenho e segurança aos usuários. Empregam materiais de baixa densidade que permitem que sejam	No ânodo é a oxidação do carbono e a consequente liberação de íons lítio afim de manter a eletroneutralidade do material.

	de lítio dissolvidos em solventes não aquosos.		projetadas para terem menor massa, tamanho e custo.	
Resposta esperada				
Classificação	Tipo de bateria/breve histórico	Potencial de circuito aberto/V	Riscos aos consumidores e ao meio ambiente	Reações
Primária	<p>Pilha de zinco/dióxido de manganês (Leclanché)</p> <p>Inventada pelo químico francês George Leclanché em 1860, é a mais comum das baterias primárias.</p> <p>A pilha de zinco/dióxido de manganês usada hoje é muito parecida com a versão original.</p>	1,55 a 1,74 V	<p>Adição de pequenas quantidades de sais de mercúrio solúveis ao eletrólito da pilha; agentes tensoativos e quelantes, cromatos e dicromatos também são usados por alguns poucos fabricantes.</p> <p>Na grande maioria das pilhas comercializadas, esse eletrodo consiste de uma liga de zinco contendo pequenas quantidades de chumbo e cádmio, a fim de se obter propriedades mecânicas adequadas para se trabalhar com a liga. Com isso, as pilhas zinco/dióxido de manganês contêm, em suas composições mercúrio, chumbo e cádmio e podem representar sérios riscos ao meio ambiente.</p>	<p>Ânodo: $\text{Zn}_{(s)} + 2\text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow \text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_{2(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2e^-$</p> <p>Cátodo: $2\text{MnO}_{2(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2\text{MnOOH}_{(s)} + 2\text{OH}^-_{(aq)}$</p> <p>Reação global: $\text{Zn}_{(s)} + 2\text{MnO}_{2(s)} + 2\text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)} \rightarrow \text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_{2(s)} + 2\text{MnOOH}_{(s)}$</p>
	<p>Pilha de zinco/dióxido de manganês (alcalina)</p> <p>Pode ser produzida como pilha recarregável (bateria secundária)</p> <p>Desempenho bastante superior ao da pilha Leclanché</p> <p>Não apresentam as reações paralelas ou de prateleira e os</p>	1,55 V	<p>Menor risco. Não contêm metais tóxicos, como mercúrio, chumbo e cádmio</p>	<p>Ânodo: $\text{Zn}_{(s)} + 2\text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_{2(s)} + 2e^-$</p> <p>Cátodo: $2\text{MnO}_{2(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2\text{MnOOH}_{(s)} + 2\text{OH}^-_{(aq)}$</p> <p>Reação global: $\text{Zn}_{(s)} + 2\text{MnO}_{2(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_{2(s)} + 2\text{MnOOH}_{(s)}$</p>

	<p>vazamentos observados nas pilhas de Leclanché. Podem ser armazenadas por longos períodos de tempo (cerca de 4 anos), mantendo mais do que 80% da sua capacidade inicial</p> <p>Custo elevado</p>			
	<p>Pilha de lítio/dióxido de manganês</p> <p>Essa e outras pilhas primárias que empregam lítio como ânodo passaram a ser investigadas com o advento da exploração espacial: 1960. Necessidade de pequenos sistemas eletroquímicos duráveis, confiáveis e capazes de armazenar grande quantidade de energia. Elementos químicos localizados do lado esquerdo superior e do lado direito superior da tabela periódica vieram a ser os mais estudados</p> <p>Eletrólitos não aquosos</p> <p>Não apresenta reações paralelas ou de prateleira</p> <p>Excelente</p>	<p>3,0 a 3,5 V</p>	<p>Riscos associados com o lítio metálico</p> <p>Pilhas vedadas de maneira imprópria podem expor o lítio à umidade do ar e provocar chamas no metal e no solvente não aquoso. Tais acidentes têm sido evitados com a produção de pilhas bem vedadas e com sua utilização apropriada.</p>	<p>Ânodo: oxidação do lítio metálico</p> <p>Cátodo: redução do óxido metálico</p> <p>Reação global: $\text{Li}_{(s)} + \text{MO}_{(s)} \rightarrow \text{LiO}_{(s)} + \text{M}_{(s)}$</p>

	desempenho mesmo em aplicações que operam em temperaturas maiores que a ambiente. Alto custo			
Secundária Aplicações que requerem alta potência (maiores correntes elétricas num menor tempo)	Bateria chumbo/óxido de chumbo (chumbo/ácido) Ambos os eletrodos o mesmo elemento químico, o chumbo À medida que a bateria chumbo/ácido é descarregada, o ácido sulfúrico é consumido e a água é produzida No processo de carga, o sulfato de chumbo é reconvertido a chumbo no anodo e a dióxido de chumbo no catodo	Para um único par de eletrodos varia de 2,15 V, no estado carregado, até 1,98 V, no estado descarregado.	Funcionam à base de chumbo, um metal pesado e tóxico e, portanto, representam sério risco ao meio ambiente O método de recuperação usado pelas empresas, o que contamina a atmosfera com óxidos de enxofre (SOx) e com chumbo particulado	Ânodo: $\text{Pb}_{(s)} + \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow \text{PbSO}_{4(s)} + 2e^-$ Cátodo: $\text{PbO}_{2(s)} + 4\text{H}^+{}_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow \text{PbSO}_{4(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ Reação global: $\text{Pb}_{(s)} + \text{PbO}_{2(s)} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow 2\text{PbSO}_{4(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
	Bateria cádmio/óxido de níquel (níquel/cádmio) Ânodo formado por uma liga de cádmio e ferro e um cátodo de hidróxido(óxido) de níquel(III) imersos em uma solução aquosa de hidróxido de potássio com concentração entre 20% e 28% em massa seladas para evitar	1,15 V	Como apresentam cádmio em sua composição, são consideradas as de maior impacto ambiental	Ânodo: $\text{Cd}_{(s)} + 2\text{OH}^-{}_{(aq)} \rightarrow \text{Cd}(\text{OH})_{2(s)} + 2e^-$ Cátodo: $2\text{NiOOH}_{(s)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_{(s)} + 2\text{OH}^-{}_{(aq)}$ Reação global: $\text{Cd}_{(s)} + 2\text{NiOOH}_{(s)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Cd}(\text{OH})_{2(s)} + 2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_{(s)}$

	<p>vazamento de eletrólito cáustico.</p> <p>Correntes elétricas relativamente altas, potencial quase constante, capacidade de operar a baixas temperaturas e vida útil longa</p> <p>Alto custo de produção.</p>			
	<p>Bateria hidreto metálico/óxido de níquel</p> <p>Características operacionais muito semelhantes à da níquel/cádmio. Principal diferença: usam como material ativo do ânodo o hidrogênio absorvido na forma de hidreto metálico, em vez de cádmio</p> <p>Apresentam desempenho superior ao das de níquel/cádmio, mas ainda são produzidas a um custo um pouco superior</p>	1,20 V	Riscos ambientais muito menores do que as de níquel/cádmio	<p>Ânodo: $MH_{(s)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow M_{(s)} + H_2O_{(l)} + e^{-}$</p> <p>Cátodo: $NiOOH_{(s)} + 2H_2O_{(l)} + e^{-} \rightarrow Ni(OH)_2 \cdot H_2O_{(s)} + OH^{-}_{(aq)}$</p> <p>Reação global: $MH_{(s)} + NiOOH_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow M_{(s)} + Ni(OH)_2 \cdot H_2O_{(s)}$</p>
	<p>Bateria de íons lítio</p> <p>Usa, em vez de lítio metálico, apenas íons lítio, presentes no eletrólito na forma de sais de lítio dissolvidos em solventes não aquosos</p> <p>Os íons lítio</p>	3,0 a 3,5 V	<p>Bom desempenho e segurança aos usuários.</p> <p>Riscos ambientais muito menores do que as de níquel/cádmio</p>	<p>Ânodo: $Li_yC_{6(s)} \rightarrow C_{6(s)} + yLi^{+}(solv) + ye^{-}$</p> <p>Cátodo: $Li_xCoO_{2(s)} + yLi^{+}(solv) + ye^{-} \rightarrow Li_{x+y}CoO_{2(s)}$</p> <p>Reação global: $Li_xCoO_{2(s)} + Li_yC_{6(s)} \rightarrow Li_{x+y}CoO_{2(s)} + C_{6(s)}$</p>

	<p>migram desde o interior do material que compõe o anodo até dentro do material do cátodo e os elétrons movem-se através do circuito externo</p> <p>Por empregarem materiais de baixa densidade, permite que sejam projetadas para terem menor massa, tamanho e custo</p>			
Incorpora, tangencia ou distancia?				
Tangencia				

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Na 1ª Etapa, tivemos as Questões 1 e 6 com respostas que estão de acordo com o esperado, e portanto receberam a classificação de “Incorpora” o conteúdo abordado. As Questões 3, 4 e 5 receberam a classificação de “Tangencia”, pois algum termo utilizado não está de acordo com a resposta esperada, e a Questão 2 recebeu a classificação “Distancia”, pois não está de acordo com a resposta esperada. Em relação à Questão 2, podemos deduzir que o grupo não entendeu a dinâmica no momento em relação a inversão dos cabos do voltímetro, que levaria à inversão do sinal da tensão elétrica do circuito.

Na 2ª Etapa, quando tratado sobre circuito em série, as duas respostas do grupo em relação ao circuito em série foram classificadas como “Incorpora”, pois estão de acordo com as respostas esperadas. Para o circuito em paralelo, a resposta da Questão 1 “Incorpora” e para as Questões 2 e 3 “Tangencia”. Em relação às Questões 2 e 3, que abordaram a diferença do circuito em série e circuito em paralelo, podemos perceber um pouco mais de dificuldade por parte dos alunos em elaborar as respostas. Um ponto importante a ser abordado é que os alunos do 2º ano do Ensino Médio não têm contato com o conteúdo de Física elétrica, que fica restrito ao 3º ano do Ensino Médio. Dentro das 5 aulas teóricas, o conteúdo foi abordado, mas pode ter sido insuficiente para um entendimento mais aprofundado.

Devido ao 2º ano do Ensino Médio apresentar toda a parte de Eletroquímica, seria interessante que na parte de Física fossem abordados os tópicos iniciais de física elétrica pois, a partir disso, poderíamos ter melhor entendimento por parte dos alunos.

Na 3ª Etapa, a resposta foi classificada como “Tangencia”. O grupo não estabeleceu o porque do brilho no circuito em série foi maior. A justificativa de que a tensão de cada pilha é somada não foi abordada, podendo estar relacionada à falta de atenção ao responder, ou a um não entendimento do conceito.

Na 4ª Etapa, a classificação da resposta do grupo foi “Distancia”. A questão do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM 2017) relacionada ao conteúdo de Eletroquímica apresentou marcação de uma alternativa que não correspondeu à resposta certa, e a justificativa apresentada não estava de acordo com o esperado. A questão apresentou um nível mais aprofundado do conteúdo, o que resultou em muita dificuldade para o entendimento por parte dos alunos.

Segundo a imprensa (REVISTA VEJA, 2017; BLOG do ENEM, 2017), essa foi considerada uma das cinco questões mais difíceis da prova do 2º dia do ENEM 2017, com 90 questões. A partir da análise dos microdados do ENEM, disponíveis no portal do Instituto Nacional Anísio Teixeira (INEP, 2017), foi possível obter as respostas de 4.434.517 estudantes que fizeram as provas dos cadernos amarelo, azul, cinza e rosa de Ciências da Natureza (CN) do ENEM 2017. Após correção da referida questão, das provas de alunos que estavam presentes, obteve-se que apenas 18,96% dos estudantes responderam-na corretamente com a letra (C), o que de fato corrobora a dificuldade da questão. Esse dado mostra a importância de que conceitos de Eletroquímica estudados no Ensino Médio sejam enfatizados, inclusive com a utilização de experimentos simples (SANTOS *et al.*, 2018). No caso dessa questão, além dos estudantes terem que saber calcular o potencial de célula desenvolvido em cada célula galvânica, eles teriam que conhecer o conceito de circuitos com associação em série, ou seja, fazer uma articulação com os conceitos de física.

Esse tipo de questão demonstra a importância de mudarmos o perfil de nossas aulas. 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; no caso da Eletroquímica, é possível relacionar com a parte de Física Elétrica.

Segundo Santos *et al.* (2018):

diante destas e outras dificuldades sentidas por alunos, pela relevância desta ciência para a humanidade, é necessário buscar métodos alternativos para facilitar o ensino e a compreensão da Eletroquímica, relacionando os fenômenos químicos com o cotidiano do aluno, associando a teoria com a prática de uma maneira contextualizada (SANTOS *et al.*, 2018, p. 258).

Na 5ª Etapa o quadro montado pelos alunos a partir da leitura do artigo “Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental”, continha grande parte dos tópicos com a descrição requeridos na questão, sendo que a classificação do quadro foi de “Tangencia”, demonstrando real leitura e interpretação dos alunos do grupo.


7.3.2 Kit experimental Nº. 2 + roteiro do subtópico 2 – Entendendo o funcionamento das células galvânicas

As respostas dadas para as questões do *kit* experimental Nº. 2 e seu respectivo roteiro, que explorou o funcionamento das células galvânicas, encontram-se reunidas no Quadro 6. As respostas dos grupos foram avaliadas, tendo como parâmetro as respostas esperadas, e tendo sido atribuído os termos “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”.

Quadro 6 – Análise das respostas do grupo de especialistas às questões do *kit* experimental Nº. 2.

1ª Etapa: Leitura do artigo “O Bicentenário da Invenção da Pilha Elétrica”

- 1) Quem inventou a pilha elétrica?**
 - 2) Como ela era constituída?**
 - 3) Explique a controvérsia de Volta e Galvani.**
- Discuta e faça registros.**



© Bicentenário da Invenção da
200 PILHA ELÉTRICA

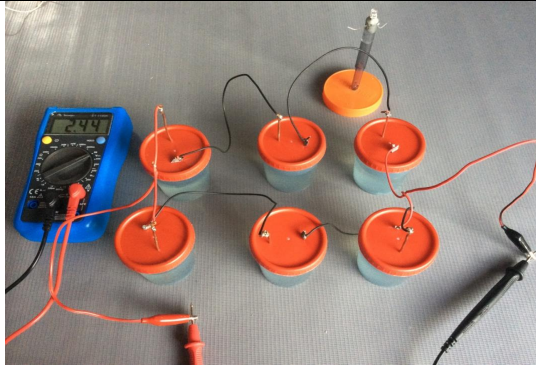
Mario Tolentino e Romeu C. Rocha-Filho

Este artigo apresenta o contexto da invenção da pilha elétrica no final do século 18 por Alessandro Volta, incluindo a sua célebre controvérsia com Luigi Galvani.
▶ Alessandro Volta, pilha elétrica, Luigi Galvani, eletricidade animal ◀

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R..O Bicentenário da invenção da pilha elétrica.
Química Nova na Escola, São Paulo, n.11, p. 35-39, 2000.
Disponível em <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a08.pdf>>.

Respostas dos grupos de especialistas	Resposta esperada	Incorpora, tangencia ou distancia?
1) O cientista Alessandro Volta.	Alessandro Volta.	Incorpora
2) Formada por discos intercalados de dois metais diferentes.	A pilha era formada por discos de prata e discos de zinco, colocados alternadamente e separados por discos de papelão embebidos em salmoura.	Tangencia
3) Galvani acreditava que os músculos da rã armazenavam a energia e os metais eram apenas condutores. Já Volta concluiu (fazendo mesma experiência) que a eletricidade se originava do contato entre os metais distintos.	Numa série de experiências realizada em 1794, Galvani mostrou que os contatos metálicos podiam ser dispensados. O contato entre dois materiais biológicos podia produzir o mesmo tipo de contrações musculares. Contudo, Volta não se deixou convencer e sustentou que era ainda um contato entre nervo e músculo, permeado por um líquido (saliva, sangue, etc.), que causava o fenômeno elétrico. Para ele era, sem qualquer dúvida, a diferença entre os condutores que contava, quer fossem metálicos, quer fossem órgãos.	Tangencia

2ª Etapa: Medida do potencial de um sistema eletroquímico
Encaixe as tampas de plástico nos frascos conforme indicado na fotografia.
Ligue o multímetro e coloque na escala de 20 Volts.
Conecte as extremidades metálicas dos cabos do multímetro em cada um dos pólos da seguinte maneira: a extremidade metálica da ponta vermelha (pólo positivo) nos terminais do cobre e a extremidade metálica da ponta preta (pólo negativo) nos terminais do zinco, conforme indicado na fotografia.



- 1) Qual foi o potencial medido?
- 2) Inverta a posição das extremidades metálicas dos cabos do multímetro e meça o potencial? Qual foi o potencial medido? Explique.
- 3) Identifique o cátodo e o ânodo da pilha.
- 4) Explique a configuração do sistema de pilhas (identifique quais pilhas estão em série e quais estão em paralelo). Faça medições de outras configurações possíveis para responder essa pergunta.

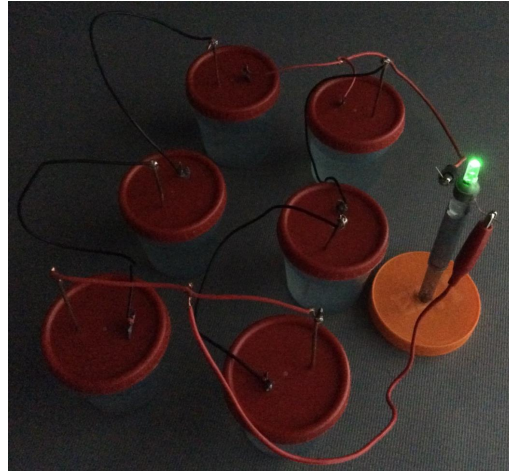
Respostas dos grupos de especialistas	Resposta esperada	Incorpora, tangencia ou distancia?
1) +2,67 V.	+2,44 V.	Incorpora
2) -2,70 V.	- 2,44 V. Na configuração do item 1), os polos positivo e negativo do multímetro estão conectados com o cátodo e ânodo da bateria, respectivamente. Nesta configuração as polaridades do multímetro e da bateria estão invertidas (TEIXEIRA JÚNIOR, 2016).	Tangencia
3) Cátodo: Cobre. Ânodo: Zinco.	Cátodo: Cobre Ânodo: Zinco	Incorpora
4) Circuito paralelo – maior potencial. Circuito em série – menor potencial. As pilhas em paralelo nas extremidades fazem com que a corrente elétrica circule intermediada pelo circuito em série. Circuito em paralelo: pelo fato da tensão ser a mesma em cima das cargas, elas irão dissipar a máxima potência e caso uma das cargas parem de funcionar as demais continuam funcionando normalmente. Consumo muito maior, pois se dissipa maior potência.	Conforme pode ser visualizado na figura, há dois conjuntos de três células galvânicas associados em série, que por sua vez estão associados em paralelo. As pilhas em série encontram-se ligadas no mesmo alinhamento. Para verificar essa situação é preciso observar a conexão do fio entre o zinco e o cobre, demonstrando a formação da pilha a partir da diferença de potencial. A conexão em paralelo ocorre na extremidade nas duas extremidades após a sequência dos três recipientes que estão interligados. É possível medir ao final do circuito a tensão das pilhas em série e também a conexão em paralelo. A tensão de uma pilha pode ser verificada no circuito.	Tangencia

3ª Etapa: Acendendo um *led* (tensão nominal de 3,0 V) usando o sistema eletroquímico

Use o sistema de pilhas montado de acordo com a configuração da 2ª etapa para acender o *led*, conforme mostrado na fotografia.

1) Você acha que é possível acender o *led* (tensão nominal de 3,0 V) usando outra configuração? Tente.

Explique.



Respostas dos grupos de especialistas		Resposta esperada	Incorpora, tangencia ou distancia?									
<p>Sim.</p> <p>Diferença entre Tensão e Corrente do circuito em série para o paralelo</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Circuito em Série</th> <th>Circuito em paralelo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tensão</td> <td>Quanto maior a resistência, maior será a tensão, isso porque a corrente sempre é a mesma para todas as cargas.</td> <td>Sempre a mesma tensão para todas as cargas, a mesma tensão entregue pela fonte.</td> </tr> <tr> <td>Corrente</td> <td>A corrente elétrica é sempre a mesma para todas as cargas, pois há apenas um único caminho para a passagem desses elétrons.</td> <td>Não será a mesma nas cargas, exceto se tiver dois com o mesmo valor de resistência. Sabendo que a tensão é a mesma em todas as cargas,</td> </tr> </tbody> </table>			Circuito em Série	Circuito em paralelo	Tensão	Quanto maior a resistência, maior será a tensão, isso porque a corrente sempre é a mesma para todas as cargas.	Sempre a mesma tensão para todas as cargas, a mesma tensão entregue pela fonte.	Corrente	A corrente elétrica é sempre a mesma para todas as cargas, pois há apenas um único caminho para a passagem desses elétrons.	Não será a mesma nas cargas, exceto se tiver dois com o mesmo valor de resistência. Sabendo que a tensão é a mesma em todas as cargas,	<p>Não. Somente essa configuração permite acender o <i>led</i>: a associação em série, de três células galvânicas, aumenta em três vezes o potencial de célula; além disso, é necessário a associação em paralelo de dois conjuntos de três células em série para duplicar a corrente e acender o <i>led</i>.</p>	Tangencia
	Circuito em Série	Circuito em paralelo										
Tensão	Quanto maior a resistência, maior será a tensão, isso porque a corrente sempre é a mesma para todas as cargas.	Sempre a mesma tensão para todas as cargas, a mesma tensão entregue pela fonte.										
Corrente	A corrente elétrica é sempre a mesma para todas as cargas, pois há apenas um único caminho para a passagem desses elétrons.	Não será a mesma nas cargas, exceto se tiver dois com o mesmo valor de resistência. Sabendo que a tensão é a mesma em todas as cargas,										

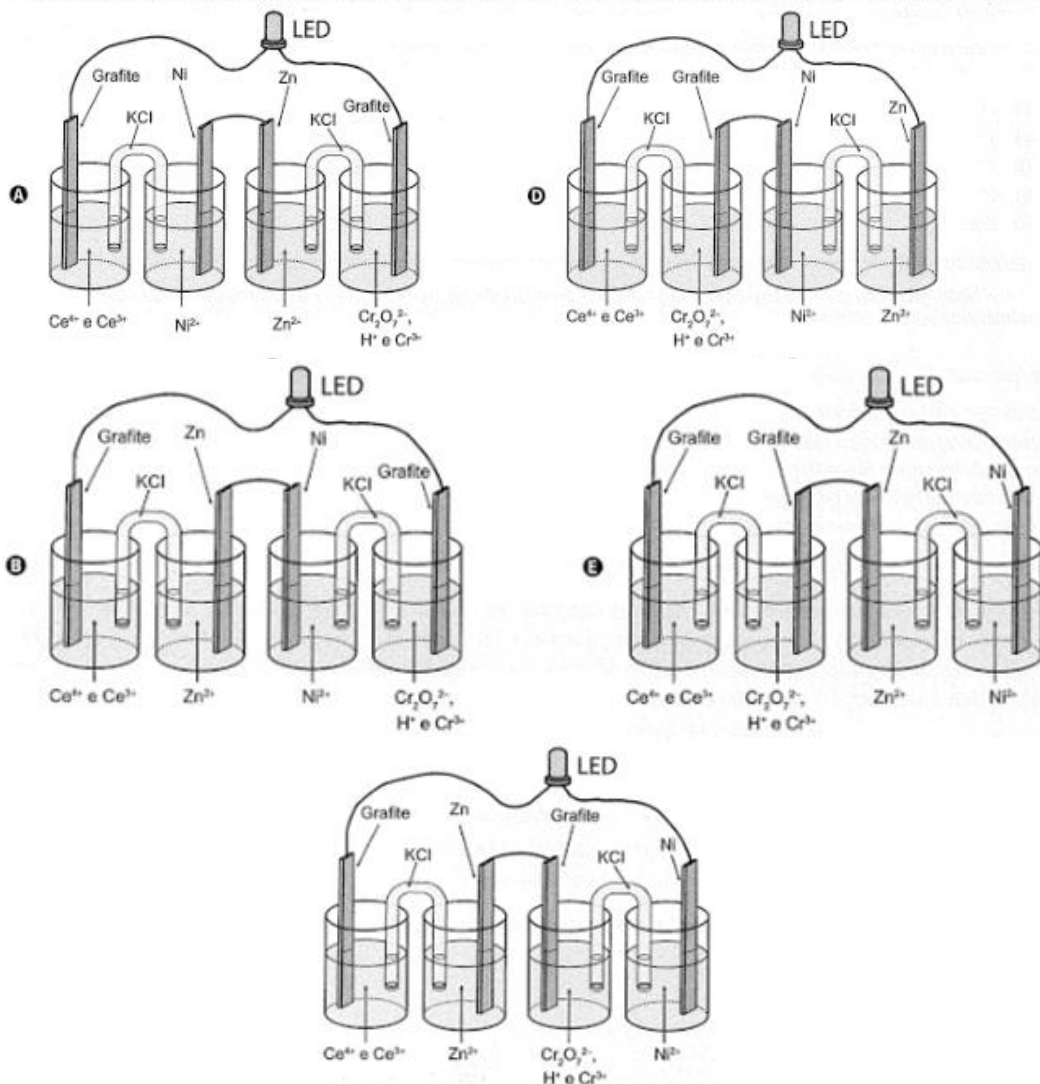
a corrente elétrica irá variar de acordo com a resistência, pois são grandezas inversamente proporcionais.

4ª Etapa: Resolução de questão de Eletroquímica do ENEM 2017

A invenção do LED azul, que permite a geração de outras cores para compor a luz branca, permitiu a construção de lâmpadas energeticamente mais eficientes e mais duráveis do que as incandescentes e fluorescentes. Em um experimento de laboratório, pretende-se associar duas pilhas em série para acender um LED azul que requer 3,6 volts para o seu funcionamento. Considere as semirreações de redução e seus respectivos potenciais mostrados no quadro.

Semirreação de redução	E° (V)
$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	+1,61
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14 \text{H}^+(\text{aq}) + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,33
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0,25
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,76

Qual associação em série de pilhas fornece diferença de potencial, nas condições-padrão, suficiente para acender o LED azul?



Respostas dos grupos de especialistas

Resposta esperada

Incorpora, tangencia

		OU distancia?
Letra b.	<p>Alternativa (c).</p> <p>Semirreações que ocorrem na célula galvânica da esquerda:</p> $\text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Zn}_{(aq)}^{2+} + 2e^{-} \dots\dots\dots \text{Ânodo}$ $2\text{Ce}_{(aq)}^{4+} + 2e^{-} \rightarrow 2\text{Ce}_{(aq)}^{3+} \dots\dots\dots \text{Cátodo}$ $\text{Zn}_{(s)} + 2\text{Ce}_{(aq)}^{4+} \rightarrow \text{Zn}_{(aq)}^{2+} + 2\text{Ce}_{(aq)}^{3+} \dots \text{Reação global}$ $E_{\text{célula galvânica esquerda}}^{\circ} = E_{\text{cátodo}}^{\circ} - E_{\text{ânodo}}^{\circ} = +1,61 - (-0,76) = +2,37 \text{ V}$ <p>Semirreações que ocorrem na célula galvânica da direita:</p> $3\text{Ni}_{(s)} \rightarrow 3\text{Ni}_{(aq)}^{2+} + 6e^{-} \dots\dots\dots \text{Ânodo}$ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^{+} + 6e^{-} \rightarrow 2\text{Cr}_{(aq)}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}_{(l)} \dots\dots\dots \text{Cátodo}$ $3\text{Ni}_{(s)} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^{+} \rightarrow 3\text{Ni}_{(aq)}^{2+} + 2\text{Cr}_{(aq)}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}_{(l)} \dots \dots \text{Reação global}$ $E_{\text{célula galvânica direita}}^{\circ} = E_{\text{cátodo}}^{\circ} - E_{\text{ânodo}}^{\circ} = +1,33 - (-0,25) = +1,58 \text{ V}$ <p>O potencial da célula galvânica associada em série é dado por:</p> $E_{\text{bateria}}^{\circ} = E_{\text{célula galvânica esquerda}}^{\circ} + E_{\text{célula galvânica direita}}^{\circ} = +2,37 + (+1,58)$ $= +3,95 \text{ V} > +3,6 \text{ V}$	Distancia

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

No *kit* experimental N°. 2 e respectivo roteiro, para a 1ª Etapa tivemos 3 questões respondidas pelo grupo de especialistas. Duas respostas foram classificadas como “Tangencia”, e uma como “Incorpora” demonstrando um bom nível de entendimento do tópico.

Na 2ª Etapa, as respostas das Questões 1 e 3 estavam de acordo com o esperado e foram classificadas como “Incorpora”. Para as Questões 2 e 4, tivemos uma classificação de “Tangencia”, pois a resposta se distanciou um pouco do esperado. Na Questão 2, os alunos apresentaram uma descrição mais superficial sobre a pilha e para a Questão 4, utilizaram o termo potência em referência a tensão elétrica. Ocorreu dificuldade para diferenciar de forma exata o circuito em série e o circuito em paralelo presente no *kit* experimental.

Na 3ª Etapa, os alunos do grupo responderam apenas “sim”, não explicando como seria a configuração alternativa para poder ligar o *led*. A classificação dessa resposta foi “Tangencia”, mas a não justificativa demonstrou novamente a dificuldade em alguns aspectos do circuito em série e circuito em paralelo.

Na 4ª Etapa, foi apresentada uma questão do ENEM, a mesma abordada no *kit* experimental N°. 1. Os alunos do grupo 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”, pois os alunos responderam de forma incorreta. A referida questão apresenta um nível aprofundado e, assim como descrito anteriormente no *kit* experimental Nº. 1, os alunos não foram capazes de entender o esquema e solucionar a questão.

7.3.3 *Kit* experimental Nº. 3 + roteiro do subtópico 3 – Verificando a ocorrência das reações de oxidorredução

As respostas dadas para as questões do *kit* experimental Nº. 3 e seu respectivo roteiro, que explorou a ocorrência de reações de oxidorredução, encontram-se reunidas no Quadro 7. As respostas dos grupos foram avaliadas, tendo como parâmetro as respostas esperadas, e tendo sido atribuído os termos “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”.

Quadro 7 – Análise das respostas do grupo de especialistas às questões do *kit* experimental N^o. 3.

1ª Etapa: Verificando a ocorrência de reação de oxidorredução

Como fonte de dados, sugere-se que seja utilizada uma tabela de potenciais padrão de redução.

Coloque um pouco de solução de sulfato de cobre num frasco e um pouco de solução de sulfato de zinco no outro, e mergulhe os metais zinco e cobre nas soluções de sulfato de cobre e zinco, respectivamente.

1) Mergulhe a tira do metal zinco na solução de sulfato de cobre.

O que você observa?

Escreva a reação de oxidorredução observada (caso você acha que ocorra alguma mudança).

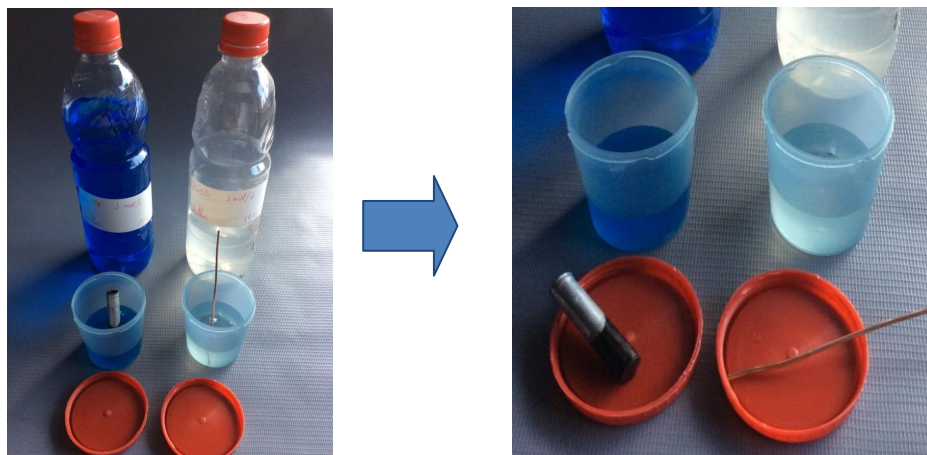
Utilizando a tabela de potenciais padrão de redução, explique a ocorrência (ou não) de reação.

2) Mergulhe o fio de cobre na solução de sulfato de zinco.

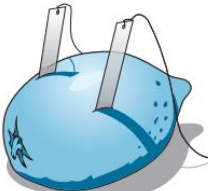
O que você observa?

Escreva a reação de oxidorredução observada (caso você acha que ocorra alguma). Explique.

Utilizando a tabela de potenciais padrão de redução, explique a ocorrência (ou não) de reação.



Respostas dos grupos de especialistas	Resposta esperada	Incorpora, tangencia ou distancia?
1) A tira de cobre corroeu e a solução de CuSO_4 ficou mais clara. $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$	O zinco metálico sofre desgaste, indicando que está sofrendo oxidação, de acordo com a reação de oxidorredução: $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ A reação ocorre, pois o zinco apresenta menor potencial de redução do que o cobre, presente na solução.	Tangencia
2) Não acontece nenhuma mudança. Não ocorre reação, pois	O cobre não sofre nenhum tipo de alteração, pois o potencial de redução dele é maior do que o potencial de	Incorpora

o potencial de oxidação do fio de zinco é maior que o do cobre.	redução do zinco. Não ocorre reação de oxidorredução. A reação não ocorre, pois o cobre apresenta maior potencial de redução do que o zinco. Assim, não é possível termos o processo de oxirredução.	
<p>2ª Etapa: Leitura do artigo “Pilhas de Cu/Mg construídas com materiais de fácil obtenção”</p> <p>Leia o artigo indicado abaixo. Explique o trecho extraído do artigo: “Deve-se lembrar que o funcionamento dos equipamentos depende da corrente e do potencial fornecido pela pilha. A maior ou menor importância de cada um destes fatores em cada equipamento constitui uma excelente oportunidade de interação com o professor da disciplina Física.”</p> <p style="text-align: center;">EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA</p> <div style="text-align: center;">  <h2 style="color: #00AEEF;">Pilhas de Cu/Mg</h2> <h3>Construídas com Materiais de Fácil Obtenção</h3> <p style="font-size: small;">Noboru Hioka, Ourides Santin Filho, Aparecido Junior de Menezes, Fernando Seiji Yonehara, Kleber Bergamaski e Robson Valentim Pereira</p> <p style="font-size: x-small;">Este artigo relata a construção de pilhas à base dos metais cobre e magnésio, para operar pequenos equipamentos eletrônicos, com vantajosa substituição da fita de magnésio por um bastão composto deste metal, utilizado em oficinas de conserto das chamadas “rodas de magnésio”. Diversos meios eletrolíticos são sugeridos, desde soluções de NaCl e HCl até sucos de fruta, ou mesmo a própria fruta. Os equipamentos operam por tempo suficiente para proporcionar boas apresentações e despertar bastante curiosidade nos alunos de ensino médio.</p> <p style="font-size: x-small;">► pilhas, cobre, magnésio, experimentação no ensino de química ◀</p> </div> <p>HIOKA, N. <i>et al.</i> Pilhas de Cu/Mg construídas com materiais de fácil obtenção Química Nova na Escola, São Paulo, n.11, p. 40-44, 2000. Disponível em <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a09.pdf>.</p>		
Respostas dos grupos de especialistas	Resposta esperada	Incorpora, tangencia ou distancia?
<p>Circuito em série é um circuito com duas ou mais cargas que estão sendo alimentadas em série uma com a outra, ligadas em sequência, havendo apenas um único caminho para a passagem de corrente elétrica.</p> <p>Circuito paralelo</p> <p>O circuito em paralelo também é composto por duas ou mais cargas, porém diferente do circuito em série, todas essas cargas possuem o mesmo ponto em comum, ou seja, há um ponto de derivação para todas elas, fazendo com que o fluxo da corrente elétrica, separe proporcionalmente para cada carga, de acordo com o valor de sua resistência.</p>	<p>A corrente elétrica está associada à quantidade de elétrons que passa através de um circuito e também com o desempenho que tem relação com a resistência ao longo desse percurso. Assim, a tensão elétrica e a intensidade da corrente elétrica estão ligadas à parte da Física Elétrica que é ensinada no 3º ano do Ensino Médio, estando os conteúdos de Eletroquímica (Pilhas) e de Física Elétrica intimamente relacionados.</p>	Incorpora

No *kit* experimental Nº. 3 e respectivo roteiro, para a 1ª Etapa tivemos na Questão 1 a classificação de “Tangencia”. O grupo respondeu de forma incorreta a primeira parte da questão, considerando que o cobre corroeu e a solução de sulfato de cobre ficou mais clara e, na segunda parte da resposta, foi colocada a reação global do processo, estando essa parte correta, pois foi considerado que o zinco oxidou e o cobre da solução sofreu redução.

Na Questão 2, tivemos a classificação da resposta como “Incorpora”, pois os alunos do grupo perceberam que não ocorreu mudança ao colocar o cobre sólido na solução de sulfato de zinco. A explicação baseada no potencial padrão também foi de encontro à resposta esperada.

Na 2ª Etapa, tivemos um trecho extraído do artigo “Pilhas de Cu/Mg construídas com materiais de fácil obtenção”. Os alunos, a partir da leitura desse trecho, elaboraram a explicação e a resposta foi classificada como “Incorpora”, demonstrando o entendimento do grupo em relação ao circuito em série e paralelo abordado no artigo.

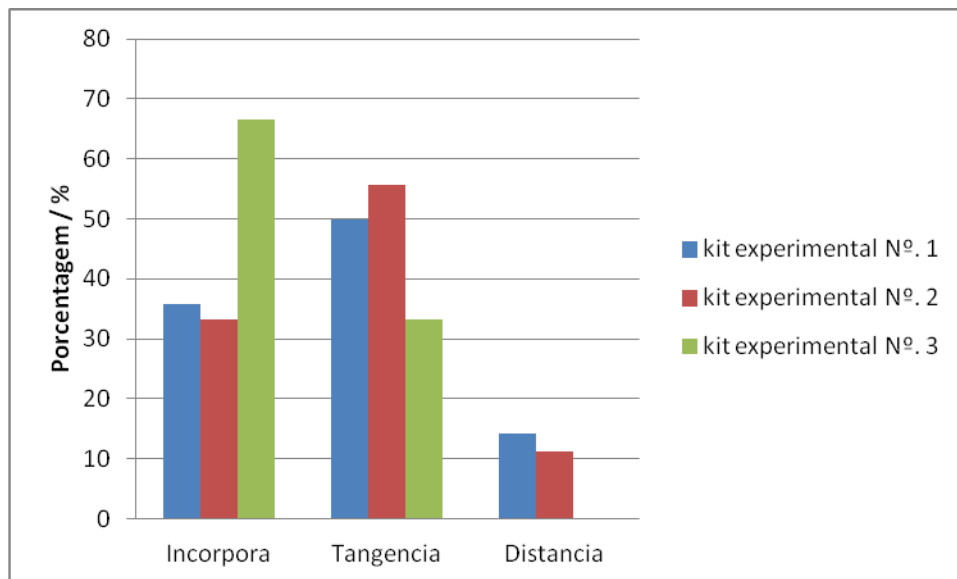
Sobre a questão colocada na 2ª Etapa, vale ressaltar que seria possível complementar a explicação para o trecho extraído do artigo, da seguinte forma: a maioria dos equipamentos elétricos ou eletrônicos que demanda diversas pilhas (= bateria) como fonte de alimentação, se utiliza da associação em série. Esse tipo de associação pode fornecer maior intensidade de corrente utilizando-se pilhas com resistência interna menor. Pilhas pequenas possuem maior resistência interna do que as pilhas grandes (ambas novas). A natureza da composição química também influencia no desempenho da pilha; uma pilha alcalina tem resistência interna menor do que uma pilha comum (de mesmo tamanho) (SILVEIRA; AXT, 2003).

A Figura 6 apresenta um consolidado do índice de respostas classificadas com “Incorpora”, “Tangencia” e “Distancia”, para as questões relacionadas aos *kits* experimentais Nºs. 1, 2 e 3, discutidos nos itens 7.3.1, 7.3.2 e 7.3.3, respectivamente.

A partir da Figura 6 podemos perceber que o grupo de especialistas que ficou com o *kit* experimental Nº. 1, teve 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 N^o. 3, tivemos 100% das respostas classificadas como “Incorpora” e “Tangencia”, refletindo um excelente aproveitamento dos conteúdos abordados nesse grupo.

Figura 6 – Índice de respostas classificadas como “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”, para os *kits* experimentais N^{os}. 1, 2 e 3, utilizados pelos grupos de especialistas.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

7.4 ATIVIDADES DOS GRUPOS DE BASE E CONSOLIDAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Os grupos de base contaram com a participação de 27 alunos. Os comentários dos 6 grupos de base sobre a aprendizagem dos três subtópicos foram reunidos no Quadro 8; tais comentários foram agrupados por *kit* experimental.

Quadro 8 – Produções textuais dos grupos de base sobre a aprendizagem a partir da utilização dos *kits* experimentais N^{os}. 1, 2 e 3.

kit experimental N^o. 1 – Entendendo o funcionamento das pilhas comerciais
 Conteúdos abordados pelo *kit*: medida do potencial a partir da secção transversal da pilha, a inversão dos cabos para determinação do novo potencial, identificação do cátodo e do ânodo da pilha, descrição dos materiais que compõem a pilha, detalhamento das reações de oxirredução na pilha comercial utilizada, explicação do que ocorre quando a pilha para de funcionar. Além disso, a medida do potencial dos sistemas de pilhas em duas configurações diferentes (série e paralelo), montagem de um sistema para acender o *led*, resolução de questão de Eletroquímica do ENEM

<p>2017 e Leitura do artigo “Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental”, construindo a partir dele um quadro com as informações classificação, tipo de bateria e breve histórico, potencial de circuito aberto/V, riscos aos consumidores e ao meio ambiente e reações.</p>		
<p>Produções textuais dos grupos de base*</p>	<p>Considerações do professor mediador sobre os comentários dos grupos de base</p>	<p>Incorpora, tangencia ou distancia?</p>
<p><i>Experimento bastante divertido e dinâmico, que nos proporcionou conhecimentos novos e bons momentos em grupo. Medição do potencial da pilha. GB1</i></p>	<p>As apresentações dos relatores foram filmadas. Em relações às observações e aos comentários sobre o kit experimental N^o. 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 e onde foram feitas considerações pelo professor, foram em relação à distinção entre circuito em série e em paralelo.</p>	<p>Distancia</p>
<p><i>Foram utilizadas duas pilhas, uma com o lado positivo para cima e a outra com o negativo para cima no qual são utilizadas para produzir energia elétrica com dois eletrodos e um eletrólito. Nesse experimento um ferro com duas pontas interligou as pilhas e conseqüentemente acendeu a luz de led e foi medido pelo voltímetro o potencial da pilha. GB2</i></p>		<p>Tangencia</p>
<p><i>Foi montado um circuito em série e um paralelo. No circuito em série foram usados quatro pilhas, duas em pé e duas deitadas. No circuito em paralelo foram usadas duas pilhas paralelas na vertical. Nos dois circuitos foi usado o voltímetro, no circuito em série a amperagem ficou maior que no paralelo, mas a voltagem ficou menor. GB3</i></p>		<p>Tangencia</p>
<p><i>Foram utilizadas duas pilhas, cátodo e ânodo foram as fontes para a criação da energia elétrica com 2 eletrodos e 1 eletrólito. Com o auxílio de um ferro que fizeram a conexão das pilhas e com isso acendeu a lâmpada de led que após o uso do voltímetro foi medido o potencial das pilhas. GB4</i></p>		<p>Tangencia</p>
<p><i>Haviam duas pilhas com pasta escura dentro formada pela mistura de cloreto de amônio e zinco. O cátodo da pilha é o bastão de grafite e o ânodo é o zinco metálico. As duas pilhas foram ligadas em paralelo para acender o Led. GB5</i></p>		<p>Tangencia</p>
<p><i>O experimento foi realizado em três fases, na primeira fase colocaram duas pilhas de forma paralela para que pudessem ascender o Led, neste modelo havia uma voltagem e uma capacidade de carga maior. Na segunda fase no sistema em série colocaram quatro pilhas todas elas viradas para o mesmo lado, ou</i></p>	<p>Incorpora</p>	

<p><i>seja, cada uma com dois polos um positivo e o outro negativo, para que pudessem ter uma voltagem menor e uma carga na bateria maior que no caso durasse mais tempo e na terceira fase, usaram voltímetro para saber se tinha uma voltagem maior ou menor. GB6</i></p>		
<p>kit experimental Nº. 2 – Entendendo o funcionamento das células galvânicas Conteúdos abordados pelo <i>kit</i>: o <i>kit</i> experimental trabalhou o funcionamento das células galvânicas. Leitura do artigo “O Bicentenário da Invenção da Pilha Elétrica”, com formulação de respostas sobre o artigo. Na 2ª Etapa foi medido o potencial de um circuito montado com configuração em série e paralelo a partir de 6 recipientes de plástico adaptados, inseridos em cada um material a base de zinco e cobre e no interior uma solução de água e cloreto de sódio. Foi feita a inversão na medição do potencial, identificação do cátodo e ânodo e explicação sobre a configuração do sistema. Na 3ª Etapa acendeu-se um <i>led</i> utilizando o sistema eletroquímico e resposta sobre se é possível acender o <i>led</i> em outra configuração, e na 4ª Etapa a resolução de questão de Eletroquímica do ENEM 2017.</p>		
<p>Produções textuais dos grupos de base</p>	<p>Considerações do professor mediador sobre os comentários dos grupos de base</p>	<p>Incorpora, tangencia ou distancia?</p>
<p><i>Entendimento da diferença entre tensão e corrente elétrica nos dois circuitos, o paralelo (mesma tensão e corrente variável) e o em série (mesma corrente e tensão variável). O circuito em paralelo, nas extremidades, fazem com que a corrente elétrica circule, intermediada pelo circuito em série. GB1</i></p>	<p>Nas apresentações sobre o <i>kit</i> experimental Nº. 2 percebemos 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 <i>kit</i> experimental Nº. 1. Foram feitas intervenções pelo professor sobre a diferença entre os dois tipos de circuitos.</p>	<p>Tangencia</p>
<p><i>Em seis recipientes foram adicionados água e sal dissolvidos contendo em seu interior uma lâmina de zinco e uma de cobre paralelamente. Com o voltímetro foi medido o potencial das pilhas posteriormente ligando os circuitos a lâmpada de led, acendendo-a. GB2</i></p>		<p>Tangencia</p>
<p><i>No nosso grupo, tínhamos 6 potes com terminais de cobre e zinco, com uma solução de água e sal dentro de cada pote. Medimos o potencial que foi 2,67 V, invertendo a posição das extremidades metálicas dos cabos, o potencial foi -2,70 V. O cátodo é o cobre e o ânodo é o zinco. Era formado por duas formas: circuito paralelo que tinha maior potencial e o circuito em série que tinha o menor potencial. As pilhas em paralelo nas extremidades fazem com que a corrente elétrica circule intermediada pelo circuito em série. Depois tentamos acender o led e conseguimos. GB3</i></p>		<p>Incorpora</p>
<p><i>Foi colocado uma solução de água e sal</i></p>		<p>Tangencia</p>

<i>dissolvido em um recipiente contendo uma lâmina de zinco e cobre paralelos com a ajuda do voltímetro o potencial da pilha foi medido e posteriormente a luz de led foi acendida. GB4</i>		
<i>Haviam seis pilhas com lâminas de cobre e zinco e uma mistura de água e sal. As pilhas tinham circuito em série e paralelo. Todas elas conectadas para acenderem o Led. O voltímetro foi usado no experimento para a medição do potencial das pilhas. GB5</i>		Tangencia
<i>Havia uma lâmina de zinco e cobre e um circuito em paralelo e em série. Foi colocada uma solução de água com sal, em contato com as lâminas. Um fio de cada foi conectado em cada polo da luz, que ligou. GB6</i>		Tangencia
kit experimental Nº. 3 – Verificando a ocorrência das reações de oxidorredução		
Conteúdos abordados pelo kit: verificação da ocorrência de reações de oxidorredução. Foram utilizados solução de sulfato de zinco, solução de sulfato de cobre e metais zinco e cobre, que mergulhados em cada solução apresentavam comportamento distintos. O zinco sofreu oxidação quando mergulhado na solução de sulfato de cobre e o cobre não apresentou nenhuma mudança quando mergulhado na solução de sulfato de zinco. As alterações no zinco ocorreram devido ao seu menor potencial de redução diante do cobre presente na solução, o que levou à oxidação e percepção do desgaste do zinco imerso na solução, com alteração de cor.		
Produções textuais dos grupos de base	Considerações do professor mediador sobre os comentários dos grupos de base	Incorpora, tangencia ou distancia?
<i>Observa-se o processo de oxirredução e a transferência de elétrons naturalmente. O potencial de oxidação de zinco é maior e, em contato com o cobre, oxida/deteriora. Já o cobre, em contato com a solução de zinco, permanece estável. GB1</i>	Três grupos de base apresentaram explicações que foram classificadas como “Incorpora”, demonstrando um bom entendimento sobre toda a experimentação e os conceitos relacionados.	Incorpora
<i>Uma peça de zinco foi mergulhada no sulfato de cobre e o cobre foi mergulhado no zinco. O zinco mergulhado no cobre foi corroído e o cobre mergulhado no zinco não aconteceu nada. GB2</i>	Também ocorreram erros, como considerar o experimento como pilha de Daniell ou tratar como alumínio o material utilizado, que no	Incorpora
<i>No grupo foi colocado uma solução de zinco e de cobre em copos separados, depois foi colocado uma lâmina de cobre na solução de zinco e uma lâmina de zinco na solução de cobre. Quando a lâmina de zinco entra em contato com o cobre a partir do circuito externo, o zinco oxida pois seu potencial de redução é menor que o potencial de redução do cobre. GB3</i>		

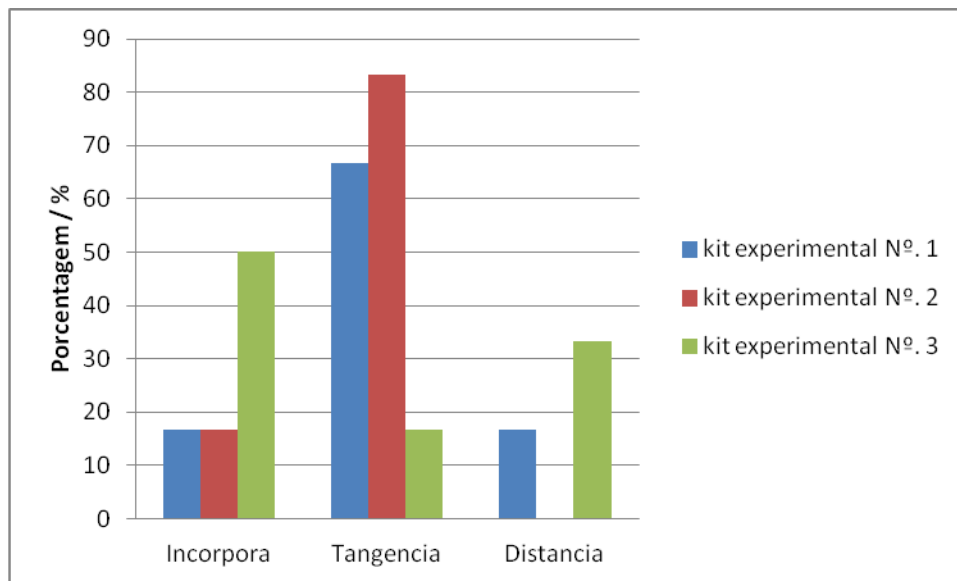
<i>Despejando sulfato de zinco no recipiente com auxílio do fio de cobre que não ocorreu nenhuma alteração, em outro recipiente colocou-se sulfato de cobre com o fio de zinco que corroeu e descoloriu. GB4</i>	caso foi o zinco. Essas explicações foram classificadas como “Distancia”, e durante a explicação dos relatores tivemos a intervenção do professor.	Tangencia
<i>A pilha de Daniell é construída colocando um eletrodo de zinco em uma solução de sulfato de cobre e um eletrodo de cobre em uma solução de zinco de cobre. Os dois eletrodos foram ligados a um voltímetro através de fios. A casca de zinco colocada na solução de cobre corroeu, já o fio de cobre não sofreu alteração. GB5</i>		Distancia
<i>Realizaram uma experiência onde os mesmos colocaram um fio de cobre em uma solução de alumínio e uma barra de alumínio em uma solução de cobre. A reação aconteceu com a barra de alumínio se degradando enquanto o fio de cobre permaneceu em seu estado inicial, pois o potencial de oxidação do alumínio é maior. GB6</i>		Distancia

*As letras GB indicam “Grupos de base”, e o número indica “o número do grupo”.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

A Figura 7 apresenta um consolidado do índice de “considerações” dos grupos de base classificado com “Incorpora”, “Tangencia” e “Distancia”, para os kits experimentais N^os. 1, 2 e 3. A partir da análise dos índices, percebemos que cerca de 17% das respostas para o kit experimental N^o. 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 N^o. 2 tivemos que cerca de 17% das respostas foram classificadas como “Incorpora” e 83% como “Tangencia”. Para o kit experimental N^o. 3 tivemos 50% das respostas classificadas como “Incorpora”, cerca de 17% como “Tangencia” e em torno de 33% como “Distancia”. Percebemos um alto nível de aproveitamento por parte dos integrantes dos grupos de base 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.

Figura 7 – Índice de consideração classificadas com “Incorpora”, “Tangencia” ou “Distancia”, para os *kits* experimentais N^os. 1, 2 e 3, utilizados pelos grupos de base.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Podemos evidenciar um bom aproveitamento dos tópicos abordados sobre Eletroquímica por parte dos integrantes dos grupos de base. Quando somamos os índices de respostas classificadas como “Incorpora” e “Tangencia”, obtidos por esses grupos, temos para o *kit* experimental N^o. 1 cerca de 83% das respostas, para o *kit* experimental N^o. 2, 100% das respostas e, para o *kit* experimental N^o. 3, 67% das respostas, demonstrando um alto nível de aprendizado e interação dos alunos, que absorveram o conhecimento a partir dos especialistas, agora presentes nos grupos de base, que compartilharam seus conhecimentos.

Ao estabelecermos uma comparação entre o nível de aproveitamento dos grupos de especialistas e grupos de base (Figuras 6 e 7), observamos que para os *kits* experimentais N^os. 1 e 2, tivemos ótimos resultados nos grupos de base, levando a concluir que o conteúdo de cada *kit* experimental foi bem explorado e garantiu bom entendimento no compartilhamento dos especialistas dentro dos grupos de base. Tivemos para o *kit* experimental N^o. 1 uma diferença para menos de apenas 3% em relação ao índice obtido no grupo de especialistas, levando ao resultado de 83% no grupo de base e, para o *kit* experimental N^o. 2 uma melhora de 11%, levando ao resultado de 100% no grupo de base. Em relação ao *kit* experimental N^o. 3 tivemos uma redução no rendimento do grupo de base, saindo de 100% no grupo de especialistas e indo para 67% no grupo de base. Essa redução

pode ser efeito de um compartilhamento superficial das informações dentro do grupo de base por parte dos especialistas, que estavam com o *kit* experimental Nº. 3.

As atividades desenvolvidas nos grupos de base e anteriormente, nos grupos de especialistas, proporcionaram várias respostas em relação aos questionamentos estabelecidos no APÊNDICE B. Essas situações permitem inferir que a estratégia de ensino estabelecida permitiu criar condições de independência pelos alunos e diminuiu, por parte deles, o medo de errar, garantindo um maior nível de tranquilidade ao responder. Esses fatores acabam por estimular os alunos em participar de aulas que sejam associadas à experimentação e metodologias ativas de aprendizagem.

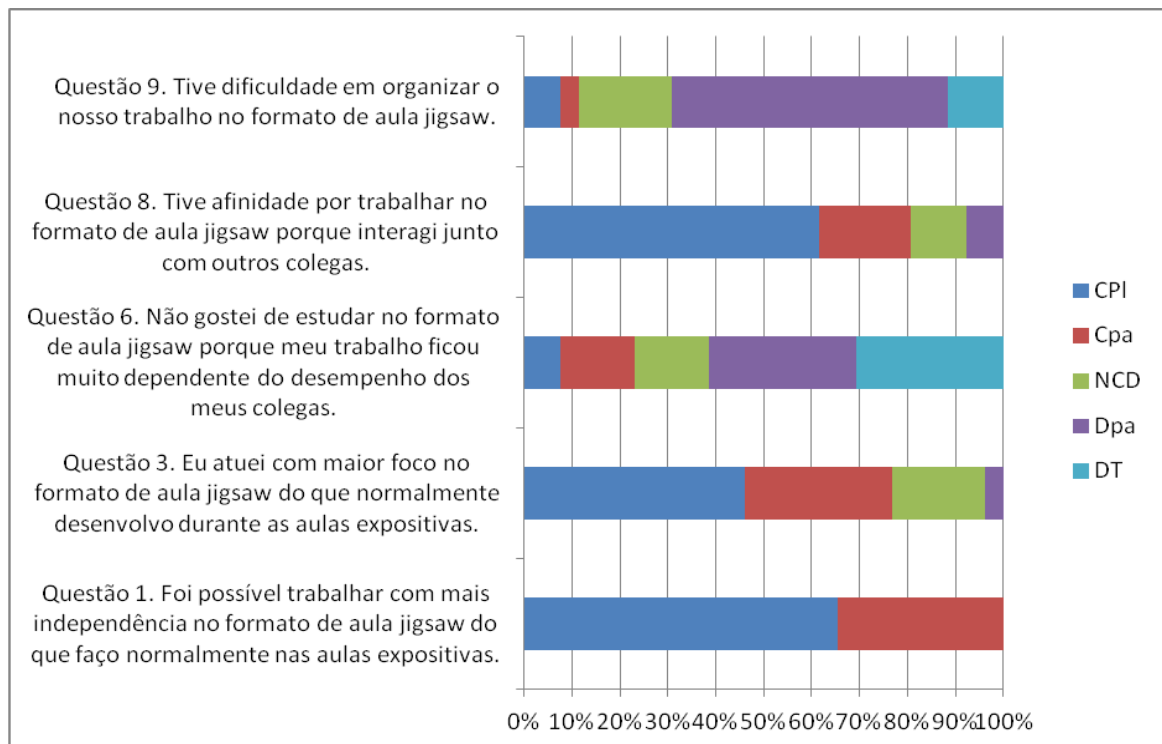
7.5 AVALIAÇÃO DO MÉTODO *JIGSAW* PELOS ALUNOS

O questionário do APÊNDICE C, contendo 14 afirmativas, foi aplicado visando à avaliação do método *jigsaw* e contou com a participação de 26 alunos. As respostas dos alunos às afirmativas foram organizadas em seis categorias, e são apresentadas nas Figuras 8, 9 e 10.

As Afirmativas 1, 3, 6, 8 e 9 foram enquadradas na categoria “**opinião dos alunos com relação a sua conduta durante a realização da estratégia**”. Na Questão 1, 100% dos alunos concordaram plenamente ou parcialmente que o formato de aula *jigsaw* permitiu trabalhar com maior independência. O comentário do aluno A6 sobre essa questão corrobora esse resultado:

“Tínhamos mais espaço e liberdade com o professor mais afastado”. A6

Figura 8 - Índice de respostas na escala *Likert* de cinco pontos para as Afirmativas 1, 3, 6, 8 e 9 do questionário de avaliação da estratégia pelos alunos.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Na Questão 3, tivemos 76,92% concordando plenamente ou parcialmente que o formato das aulas *jigsaw* permitiu atuar com maior foco do que nas aulas expositivas, 19,23% não concordaram e nem discordaram e 3,85% discordaram parcialmente da questão. Os comentários dos alunos A5, A6, A11 e A13 sobre essa questão corroboram esse resultado:

“Me deixou mais focado”. **A5**

“As outras aulas eram cansativas e expositivas e eu não entendia muita coisa”. **A6**

“Porque a aula no formato jigsaw é mais atrativa e não cansativa”. **A11**

“Aulas dinâmicas são sempre melhores”. **A13**

Índices semelhantes aos nossos (84% e 96%: somatório das respostas concordo plenamente e parcialmente) foram obtidos por Fatareli *et al.* (2010, p. 165) para as Questões 1 e 3:

Os resultados foram positivos com relação a tais afirmações, uma vez que a grande maioria dos alunos afirma ter trabalhado com maior independência (84,0%; somatório das respostas CF e C) e intensidade (96,0%; somatório das respostas CF e C) durante a realização da atividade. Barbosa e Jófili

(2004) alcançaram resultados semelhantes ao fazerem uso do método *Jigsaw* com alunos de ensino fundamental e relataram que a motivação dos alunos da sala cooperativa foi claramente percebida no decorrer do trabalho, na qual alunos considerados desinteressados em outras aulas participaram ativamente das atividades. (FATARELI *et al.*, 2010).

Eilks (2005) obteve índices de ~90% e ~78% (somatório das respostas concordo plenamente e parcialmente), para as Afirmativas 1 e 3, respectivamente, sugerindo que em todos os três casos a abordagem pedagógica proposta culminou em resultados positivos.

A Questão de número 6 colocou se o aluno não gostou de estudar no formato de aula *jigsaw*, porque seu trabalho ficou muito dependente do desempenho dos colegas, 23,08% dos alunos concordaram plenamente ou parcialmente, 15,39% não concordaram e nem discordaram e 61,54% discordaram parcialmente ou totalmente, indicando que gostaram de estudar no formato de aula *jigsaw*. Os comentários dos alunos A6, A11, A12, A13 e A17 sobre essa questão corroboram esse resultado:

“O trabalho foi dinâmico e de nenhum modo ruim”. **A6**

“Eu adorei trabalhar junto com meus colegas”. **A11**

“Cada integrante do grupo contribuiu com alguma forma de conhecimento”.
A12

“Para realização e bom desempenho do trabalho é preciso que todos se esforcem”. **A13**

“O nosso formato de estudo foi interessante e inovador”. **A17**

No entanto, apesar de minoria, alguns comentários ilustram a insatisfação de alguns alunos (A3 e A9) com o método porque nem todos os alunos do grupo fizeram a sua parte como deveriam:

“Alguns ajudaram no trabalho e outros não”. **A3**

“O trabalho todo acabou sendo feito por somente alguns alunos”. **A9**

Coerentemente com a aceitação do método obtida pela maioria na Questão 6, na Questão 8, quando questionado se o aluno teve afinidade de trabalhar com o método *jigsaw* porque interagiu junto com outros colegas, 80,77% concordaram plenamente ou parcialmente, 11,54% não concordaram e nem discordaram e 7,69% discordaram parcialmente da situação apresentada pela questão. Os comentários dos alunos A7 e A16 ilustram o resultado obtido:

“Pois nos ajuda a aprender mais”. **A7**

“Esse método foi muito interessante porque através da interação com os colegas contribuiu para aprender ainda mais”. A16

Alguns comentários negativos sobre essa questão, elaborados pelos alunos A1, A9 e A13 apontam algumas dificuldades com o método, devido à sua dificuldade de interação com colegas e ao fato dos grupos apresentarem muitos integrantes:

“Não gosto muito de interagir”. A1

“Os grupos tinham muitos alunos e isso facilitou a dispersão”. A9

“Tive afinidade, porém, não interagi muito com os colegas”. A13

Na Questão 9, foi questionado 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*. Os comentários dos alunos A6 e A10 ilustram o resultado obtido:

“No começo foi complicado entender como fazia a experiência mas depois que entendemos foi fácil”. A10

O comentário feito pelo aluno A6 ilustra a minoria de alunos que declarou que teve alguma dificuldade, muito embora tenha achado o método divertido:

“Apesar de algumas dificuldades, foi divertido tentar de modo diferente”. A6

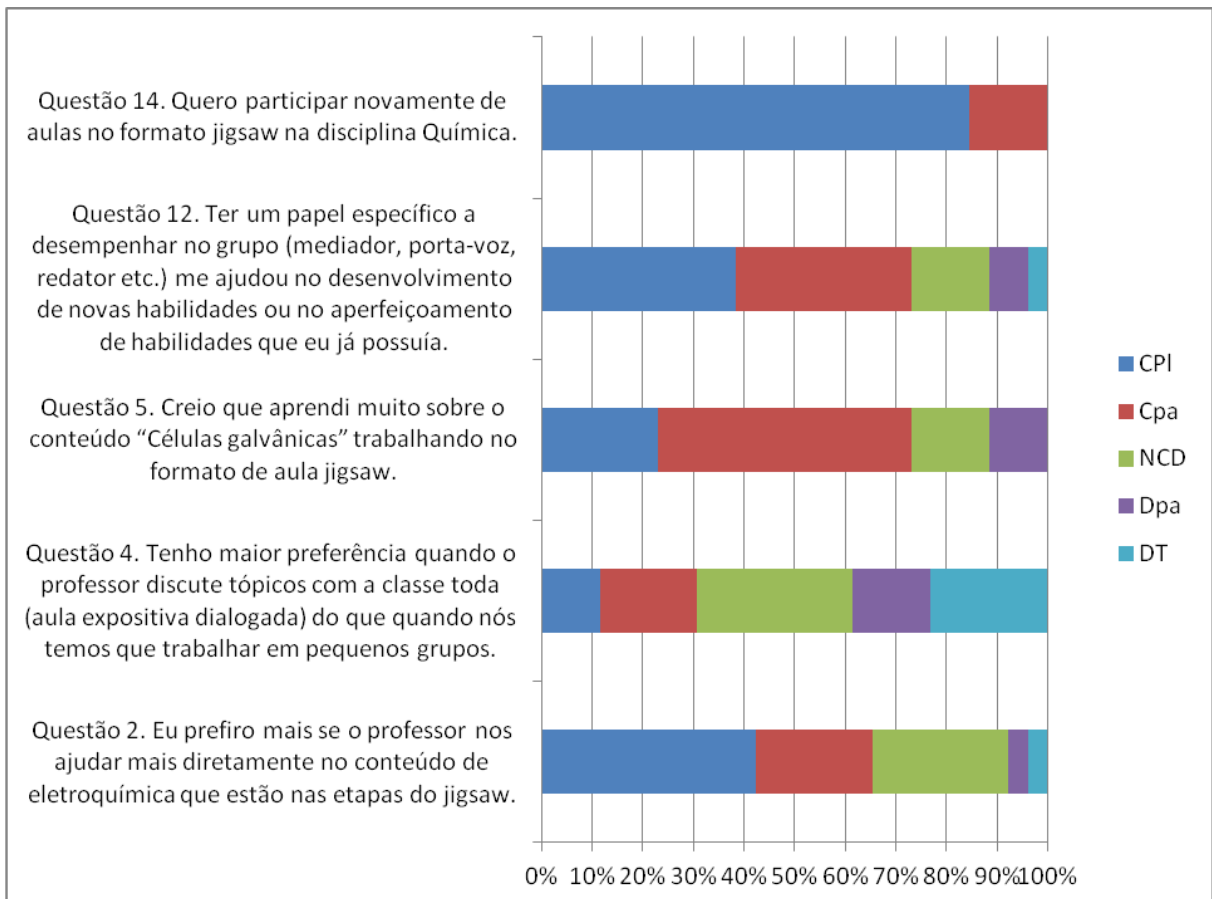
Nessa questão, chama a atenção a porcentagem de alunos que ficou indeciso ao responder essa questão (19,23%). Índice semelhante (24,0%) foi obtido por Fatareli *et al.* (2010) para essa opção dessa mesma questão. Segundo Fatareli *et al.*, (2010, p. 165):

De fato, um dos objetivos básicos do trabalho cooperativo é favorecer a responsabilidade individual, no qual cada um tem um papel a desempenhar e precisa estar consciente de que os resultados só são positivos se sua participação for efetiva. Portanto, não consideramos surpreendente a ocorrência dessas opiniões, tendo em vista as dificuldades iniciais de alguns em arcar com tais responsabilidades, uma vez que estão habituados a situações de ensino nas quais são meros receptores de informações fornecidas pelo professor. Hagen (2000), ao obter resultados semelhantes, procura justificar o fato afirmando que, do ponto de vista dos alunos, ensinar é algo que só os professores podem fazer e é mais confortável para eles um estilo de ensino baseado exclusivamente na exposição do docente. Assim, concordamos com Barbosa e Jófili (2004) ao entendermos que a

cooperação entre os pares ainda não está presente de forma sistemática nas escolas. É uma característica que precisa ser incentivada e, para isso, são necessárias intervenções para desenvolver nos alunos o sentimento da importância dessa cooperação. (FATARELI *et al.*, 2010).

As Afirmativas 2, 4, 5, 12 e 14, foram enquadradas nas seguintes categorias: “contribuições da estratégia para o aprendizado dos conteúdos estudados”, para “o desenvolvimento de habilidades relevantes à sua formação”, “o interesse em participar de atividades baseadas no método *jigsaw* novamente” e “a conduta do professor”.

Figura 9 - Índice de respostas em escala *Likert* de cinco pontos para as Afirmativas 2, 4, 5, 12 e 14 do questionário de avaliação da estratégia pelos alunos.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Na Questão 5, 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 N^{os}. 1, 2 e 3 (ver item 7.3). Os trabalhos de Eilks (2005) e Fatareli *et al.* (2010) também mostraram altos índices de concordância com essa questão: ~81% e 95,8%, respectivamente. Os comentários dos alunos A2, A6 e A12 corroboram com o elevado índice de alunos que considerou que aprendeu o conteúdo por meio da proposta didática utilizada; percebe-se, nos comentários sobre o método, uma ênfase positiva na atividade experimental associada ao mesmo:

“De forma prática o entendimento é mais fácil”. **A2**

“Consegui aprender mais do que com as aulas comuns”. **A6**

“O experimento ajuda no entendimento e real compreensão do assunto”.

A12

O comentário do aluno A15 é condizente com o método *jigsaw*, inserido nas metodologias ativas de aprendizagem, o qual demonstra que o aluno compreendeu que ele pode exercer um papel importante na busca pelo seu aprendizado:

“Fiquei com algumas dúvidas, mas irei pesquisar mais, já que a experimentação incita curiosidade”. **A15**

Na Questão 12, foi avaliado se ter 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. Os comentários dos alunos A13 e A15 são condizentes com o alto índice de alunos que considerou que a estratégia possibilitou o desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento de habilidades não cognitivas:

“Conheci melhor cada um, como mediador”. **A13**

“Saber se relacionar em grupo e desempenhar funções em conjunto é essencial para a formação de caráter de um líder e a manutenção dos relacionamentos”. **A15**

Nosso resultado é coerente com o índice de 88,0% (somatório das respostas concordo plenamente e parcialmente), obtido por Fatareli *et al.* (2010), que dizem que:

De fato, Silva (2007) observou em seu trabalho evidências de uma melhor aceitação na negociação de significados ao usar a aprendizagem cooperativa se comparada à aprendizagem tradicional. Isso implica a aquisição de competências sociais como o desenvolvimento social, afetivo, motivacional, cognitivo e de relações cooperativas. (FATARELI *et al.*, 2010).

Na Questão 14, foi colocado se os alunos queriam participar novamente de aulas no formato *jigsaw* na disciplina Química, tendo 100% dos alunos concordado plenamente ou parcialmente; índice idêntico foi obtido por Fatareli *et al.* (2010) para essa mesma afirmativa. Os comentários de vários alunos a essa questão, A1, A6, A11, A13, A15 e A17, confirmam o interesse e a satisfação dos alunos pelas aulas de química no formato *jigsaw* (FATARELI *et al.*, 2010):

“Com certeza, porém em dupla ou individual se possível”. A1

“As aulas foram muito divertidas e dinâmicas e espero mais aulas assim”.

A6

*“Gostei muito das aulas no formato *jigsaw* e senti que tive mais facilidade em aprender”. A11*

“Desta vez de uma forma mais organizada e coerente”. A13

“Foram amplas, interativas e me ajudaram bastante no aprimoramento das funções práticas da disciplina”. A15

“Acho que mais aulas assim possibilitam maior chance de aprendizagem”.

A17

O comentário do aluno A1 novamente evidencia que os grupos deveriam ser menos numerosos, como colocado pelo aluno A9, no caso da Questão 8. No entanto, a menção de que o trabalho deveria ser individual não tem sentido, já que a essência dos métodos cooperativos de aprendizagem, como é o caso do método *jigsaw*, envolve o trabalho de alunos em pequenos grupos, oportunizando-os a participarem da tarefa coletiva designada (BARBOSA; JÓFILI, 2004).

As Questões 2 e 4, com relação a conduta do professor, apresentaram para a Questão 2 que 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. Os comentários dos alunos A9 e A15 são coerentes com o alto índice de alunos que prefere que o professor deva ajudar mais diretamente no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo ministrado:

“Como no grupo misturamos pessoas com facilidade e com dificuldade, acredito que seria mais positivo se o professor ajudasse para que todos entendam completamente”. A9

“O professor poderia auxiliar mais e ajudar mais nas explicações, de forma ampla. É melhor para assimilar o conteúdo”. A15

Em contraponto, o comentário do aluno A6 se insere na menor parcela (7,7%) que concordou totalmente ou parcialmente com o papel do professor, de atuar apenas como mediador:

“Quando facilitado a ajuda é boa, mas o espaço dado para os alunos é bem divertido”. A6

A postura do professor de não auxiliar os alunos durante a realização dos experimentos e discussões, visou com que os mesmos realmente assumissem a centralidade no desenvolvimento das atividades e na resolução dos problemas propostos, sendo o professor o mediador.

Na Questão 4, 30,77% concordaram plenamente ou parcialmente que preferem aulas expositivas ou dialogadas em relação ao método *jigsaw*, 30,77% não concordaram e nem discordaram e 38,45% discordaram parcialmente ou totalmente. O comentário do aluno A9 ilustra a parcela de alunos que se mostrou favorável às aulas expositivas dialogadas:

“Se o professor explicasse todas as experiências para a sala seria mais fácil”. A9

Em contraponto, os comentários dos alunos A9, A7, A12 e A13 ilustram o índice de alunos que prefere aulas em pequenos grupos, em detrimento às aulas expositivas:

“Trabalhar com os amigos é mais interessante”. A6

“Trabalhar em pequenos grupos é melhor, pois não é cansativo e aprendemos uns com os outros”. A7

“Apesar de gostar de aulas expositivas, gosto de tudo relacionado ao grupo”. A12

“Prefiro aulas em pequenos grupos”. A13

Nossos resultados indicam que a maioria dos alunos prefere que o professor ajude mais nas atividades; também, chamou a atenção ao 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 dão 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). É interessante confrontar os nossos resultados com aqueles obtidos por Fatareli *et al.* (2010), onde um ponto em comum reside no alto índice de indecisos quanto à Questão 2 (28,0%). De acordo com esses autores (FATARELI *et al.*, 2010):

No entanto, houve um número considerável de indecisos (28,0%) com relação à primeira assertiva, o que comprova as conjeturas feitas anteriormente sobre a dificuldade deles em adotar uma postura independente em relação ao professor. Segundo Cochito (2004), na aprendizagem cooperativa, o papel do docente ganha novas dimensões, pois quanto mais bem-sucedido for este, maior será a transferência de 'poder' para os alunos, assim eles se tornarão mais autônomos, responsáveis e capazes de se auto-organizarem. (FATARELI *et al.*, 2010).

No entanto, os resultados de Fatareli *et al.* (2010) para essas duas questões foram contrários aos nossos, pois a maioria dos alunos discordou que o professor devesse ter ajudado mais diretamente e que as aulas tivessem sido conduzidas de forma expositiva:

No que diz respeito às afirmações relacionadas à conduta do professor, é possível verificar resultados favoráveis à sua postura durante a aula no formato *jigsaw*. A maioria dos alunos discorda do fato de que teria sido melhor se o professor tivesse ajudado mais diretamente no entendimento dos conceitos trabalhados na aula (60,0%, somatório das respostas D e DF) e discutido tópicos com a classe toda numa aula expositiva dialogada em detrimento do trabalho em pequenos grupos (80,0%, somatório das respostas D e DF). (FATARELI *et al.*, 2010).

Os resultados de Eilks (2005) foram mais parecidos com aqueles de Fatareli *et al.* (2010) do que com os nossos, muito embora os índices de respostas (discordo totalmente e parcialmente), para as Questões 2 e 4 tenham sido menos expressivos: ~51% e ~60%, respectivamente.

As Afirmativas 7, 10, 11 e 13, foram enquadradas nas seguintes categorias: "impressões dos alunos sobre a atividade", que consistiu na aplicação do método *jigsaw*, "na distribuição de papéis" e "no processamento grupal".

Na Questão 7, que pergunta 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. Os comentários dos alunos A5, A8, A11 e A17 confirmam o resultado expresso pela maioria:

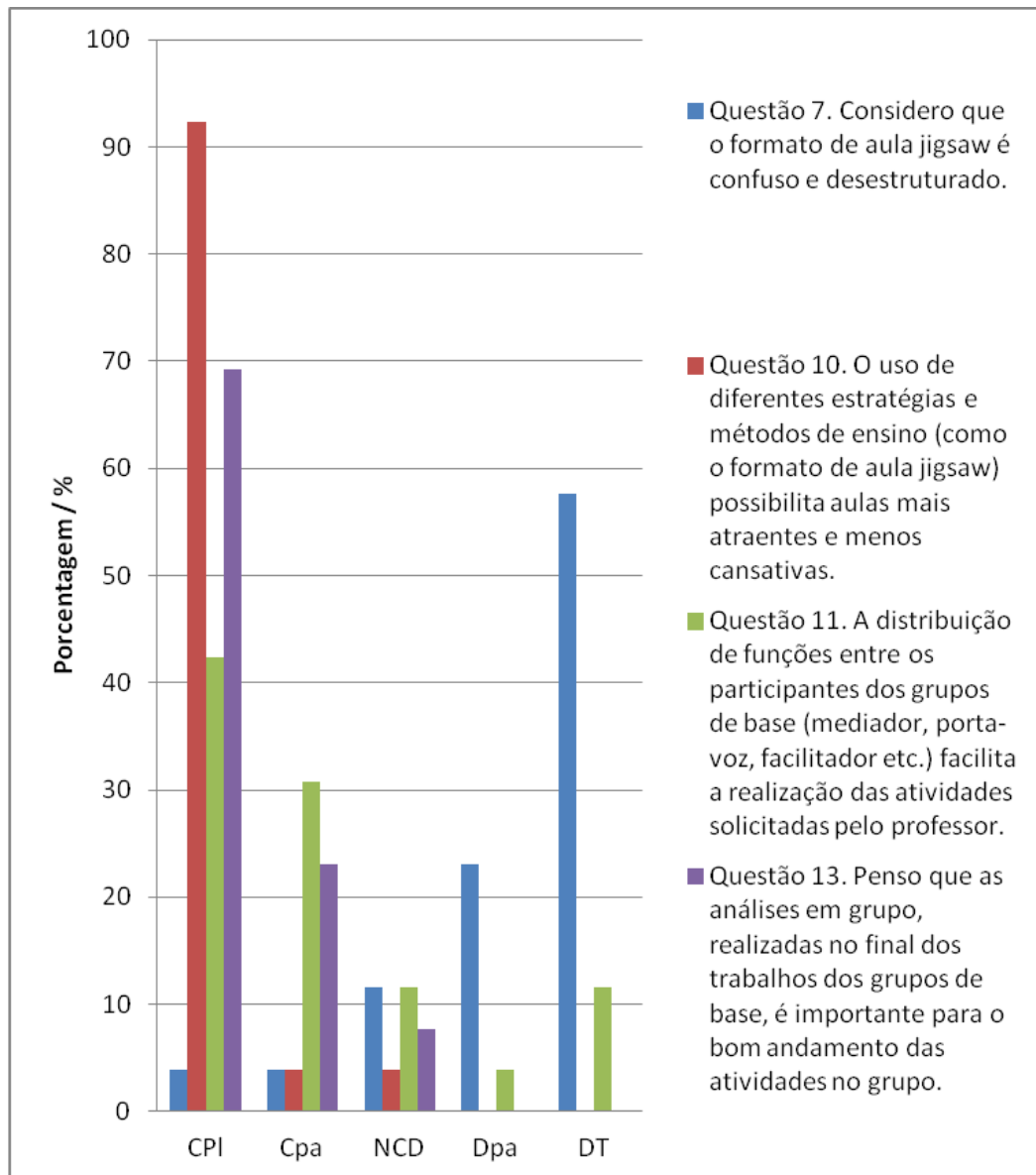
“Muito bem organizado”. **A5**

“Muito bem organizado”. **A8**

“Pelo contrário, o formato de aula *jigsaw* é muito bem elaborado, estruturado e facilita o aprendizado e conhecimento dos alunos”. **A11**

“O método é ótimo e organizado”. **A17**

Figura 10 - Índice de respostas em escala *Likert* de cinco pontos para as Afirmativas 7, 10, 11 e 13 do questionário de avaliação da estratégia pelos alunos.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Na Questão número 10, foi indagado se o o uso de diferentes estratégias e métodos de ensino (como o formato de aula *jigsaw*) possibilita aulas mais atraentes e menos cansativas. Nessa questão, 96,15% dos alunos concordaram plenamente ou parcialmente e 3,85% não concordaram ou discordaram, demonstrando assim

que as aulas no formato *jigsaw* foram atraentes e dinâmicas. Os comentários dos alunos A1, A6, A10, A11 e A13 corroboram esse resultado:

“Com certeza, a aula fica mais dinâmica e é mais fácil aprender”. **A1**

“Por mais aulas assim”. **A6**

“Sair do modo tradicional foi bem legal”. **A10**

*“Quando os alunos estão interessados nas aulas, como no formato *jigsaw*, eles tem um maior rendimento e aprendizado nas aulas”.* **A11**

“Além de facilitar a aprendizagem”. **A13**

Com relação à essas duas afirmações, os nossos altos índices de respostas favoráveis ao método cooperativo estão de acordo com aqueles obtidos por Eilks (2005) e por Fatareli *et al.* (2010).

Um alto nível de satisfação, com relação às aulas no formato *jigsaw*, também foi verificado por Fatareli *et al.* (2010). A totalidade dos alunos avaliados no trabalho (100%) discordou do fato de que o formato de aula *jigsaw* tenha sido confuso e desestruturado e concordou que o mesmo método tornou a aula mais divertida e menos cansativa. Tais resultados demonstram que eles não tiveram grandes dificuldades para compreender a sistemática de trabalho, descartando a hipótese de que o método tenha sido confuso para eles e de difícil aplicação para o professor. Esses resultados enfatizam a importância do método no sentido de aumentar a motivação dos alunos em sala de aula, favorecendo o desenvolvimento de habilidades interpessoais e cognitivas (FATARELI *et al.*, 2010).

Ressaltamos que os índices obtidos por nós se aproximam mais daqueles obtidos por Eilks (2005) para as Questões 7 e 10, os quais foram ~70% e ~90%, respectivamente (somatório das respostas concordo plenamente e parcialmente). Os nossos índices foram de 80,76% e 96,15% para as Questões 7 e 10, respectivamente (somatório das respostas concordo plenamente e parcialmente).

Em relação à Questão 11, que avaliou se a distribuição de funções entre os participantes do grupo de base facilitou a realização de atividades solicitadas pelo professor, tivemos 73,08% dos alunos que concordaram plenamente ou parcialmente, 11,54% não concordaram e nem discordaram e 15,39% discordaram parcialmente ou totalmente da proposição. O comentário do aluno A6 ilustra a concordância da maioria com relação a essa afirmativa:

“Cada participante do grupo pode atuar nas áreas que tinha mais facilidade”. **A6**

No entanto, alguns aspectos negativos por parte dos alunos A9 e A13, relativos ao trabalho em grupo apareceram novamente, a exemplo do que ocorreu na Questão 8:

“Somente alguns alunos tomavam a iniciativa”. **A9**

“Algumas pessoas ficam mais prejudicados e sobrecarregados”. **A13**

Fatareli *et al.* (2010) obtiveram um resultando bastante positivo para essa questão, o qual é discutido da seguinte maneira:

Com relação às afirmações concernentes às impressões dos alunos sobre a distribuição de papéis entre os participantes dos grupos de base, verificamos que esse aspecto foi encarado de maneira positiva, pois todos eles (100,0%, somatório das respostas CF e C, para as duas afirmações) concordaram que a distribuição de papéis facilitou a realização das atividades solicitadas pelo professor. Para Barbosa e Jófili (2004), quando os alunos têm claras as tarefas a serem desempenhadas por cada membro do grupo e percebem que estas são essenciais para seu bom funcionamento, compreendem a importância de seu papel e tentam cumpri-lo de forma mais responsável para não comprometerem a aprendizagem geral. Ademais, segundo Johnson e cols. (1999), ao sentir-se apreciado e respeitado, o aluno constrói um compromisso maior com a aprendizagem. (FATARELI *et al.*, 2010).

Na Questão 13, foi verificado se o aluno pensa que as análises em grupo, realizadas no final dos trabalhos dos grupos de base, foram importantes para o bom andamento das atividades no grupo. A maioria dos alunos, 92,31%, concordou plenamente e parcialmente e 7,69% não concordaram e nem discordaram da questão. Os comentários dos alunos A6, A10 e A13 subsidiam a satisfação dos alunos quanto ao processamento grupal realizado no final dos trabalhos referentes à aplicação do método *jigsaw*:

“Assim podíamos ter uma análise mais aprofundada dos trabalhos dos outros grupos”. **A6**

“Cada um tinha que explicar o seu experimento, o que fez cada um se esforçar e saber o que realmente estava fazendo”. **A10**

“Importante para compreensão”. **A13**

O alto índice obtido por nós para essa afirmativa (92,31% concordaram plenamente e parcialmente), se aproxima daquele obtido por Fatareli *et al.* (2010), o qual dizem que:

Foi possível constatar também que 100,0% dos alunos (somatório das respostas CF e C) perceberam a importância do processamento grupal. Nas respostas ao questionário do processamento grupal, as atitudes destacadas por eles como favoráveis ao trabalho em grupo correspondem àquelas comumente reportadas na literatura (Silva, 2007): a integração e cooperação entre os componentes; a participação ativa destes; o interesse em atingir um objetivo comum; o fato de uns ensinarem aos outros; e a forma de organização dos grupos. (FATARELI *et al.*, 2010).

Entre as atitudes mencionadas pelos alunos que poderiam ser aperfeiçoadas, destacam-se a inibição de alguns membros do grupo durante as discussões, conversas não relacionadas à atividade e dificuldades com relação à execução de alguns experimentos. Tais obstáculos, no entanto, são comuns em ambientes de ensino e em quaisquer tipos de abordagens. Acreditamos que o fato de esses obstáculos terem sido apontados pelos próprios alunos confere legitimidade à estratégia, pois, a partir da reflexão com os colegas sobre o trabalho no grupo, os alunos puderam avaliar a sua atuação e buscar formas de minimizar os problemas. (FATARELI *et al.*, 2010).

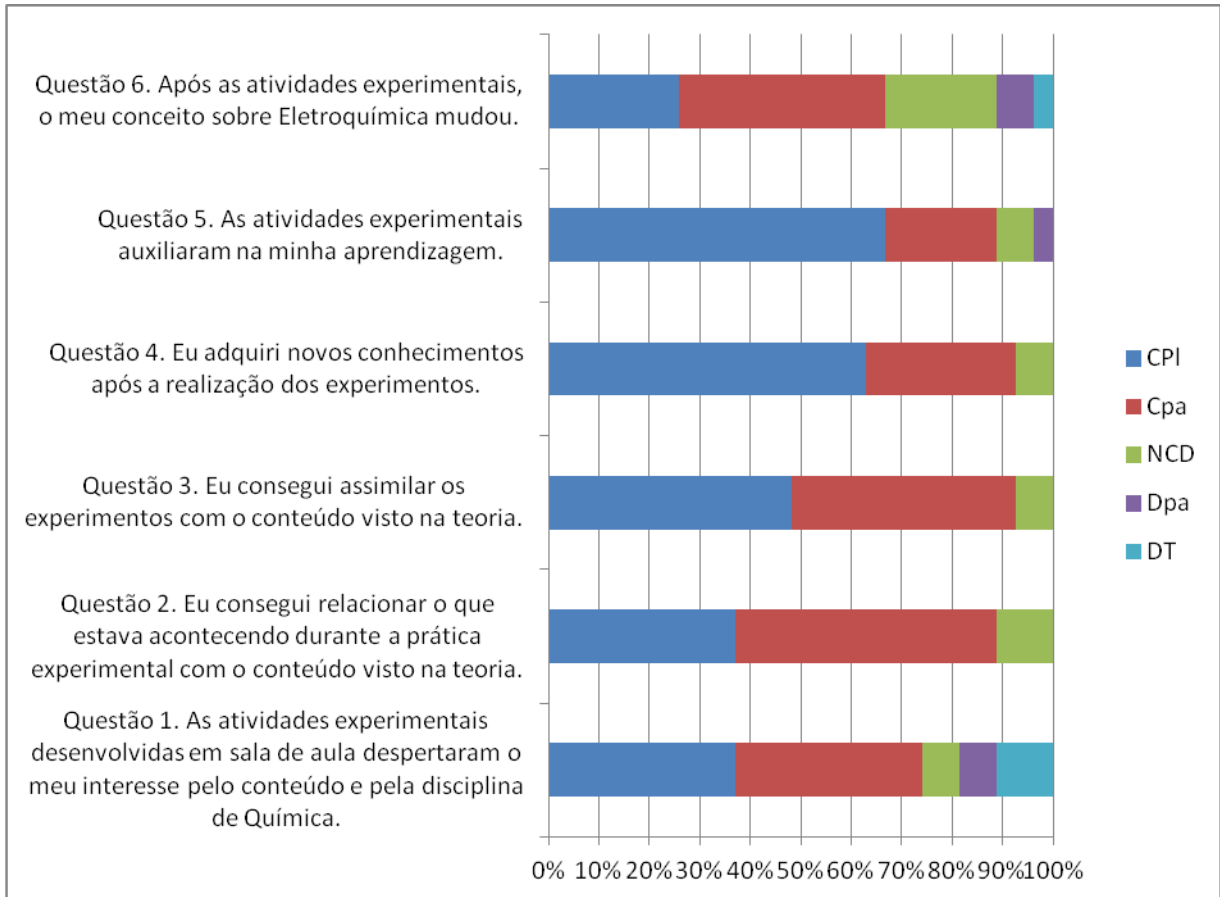
7.6 AVALIAÇÃO PELOS ALUNOS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS REALIZADAS

Para o Apêndice D tivemos a participação de 27 alunos que responderam a um questionário contendo 6 questões objetivas, cada uma contendo um espaço destinado a comentários (opcional). As respostas dos alunos às afirmativas são apresentadas na Figura 11.

Na Questão 1, que abordou se as atividades experimentais desenvolvidas em sala de aula despertaram o interesse pelo conteúdo e pela disciplina de Química, tivemos 74,08% concordando plenamente ou parcialmente, 7,4% não concordaram e nem discordaram e 18,52% discordaram parcialmente ou totalmente. A partir dessa questão percebemos um interesse dos alunos por atividades experimentais, relacionadas ao conteúdo da disciplina de Química.

Em relação à Questão 2, que questionou se o aluno conseguiu relacionar o que estava acontecendo durante a prática experimental com o conteúdo visto na teoria, 88,62% concordaram plenamente ou parcialmente, e 11,11% não concordaram e nem discordaram, demonstrando, assim como ocorreu na Questão 1, um alto índice de alunos aprendendo o conteúdo a partir da relação entre teoria e prática.

Figura 11 - Índice de respostas em escala *Likert* de cinco pontos para as Afirmativas 1 a 6 do questionário de avaliação pelos alunos das atividades experimentais realizadas.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Na Questão 3, que abordou se o aluno conseguiu assimilar os experimentos com o conteúdo visto na teoria, 92,6% concordaram plenamente ou parcialmente e 7,4% não concordaram e nem discordaram da situação abordada na questão. Da mesma forma que ocorreu na Questão 3, tivemos para a Questão 4 que abordou se o aluno adquiriu novos conhecimentos após a realização dos experimentos, 92,6% concordando plenamente ou parcialmente e 7,4% não concordando e nem discordando da situação proposta na questão.

A Questão 5, abordou se as atividades experimentais auxiliaram na aprendizagem dos alunos, 88,9% dos alunos concordaram plenamente ou parcialmente, 7,4% não concordaram e nem discordaram, e 3,7% discordaram parcialmente da questão.

Na Questão 6, que apontou se após as atividades experimentais, o conceito sobre Eletroquímica mudou, 66,67% dos alunos concordaram plenamente ou

parcialmente, 22,23% não concordaram e nem discordaram e 11,1% discordaram parcialmente ou totalmente da questão.

Podemos observar na parte objetiva das 6 questões que constituíram o Apêndice D, uma média superior a 60% de respostas que concordaram plenamente ou parcialmente com a proposição apresentada sobre as atividades experimentais desenvolvidas ao longo da pesquisa, demonstrando a importância do trabalho realizado frente aos alunos.

Além da aprendizagem dos conteúdos específicos, a escola tem a função pela formação plena dos alunos, contemplando questões éticas e outros aspectos. Assim, o desafio que é apresentado à escola é promover a seus alunos, também, o desenvolvimento de atitudes e competências que garantam a sua intervenção e transformação na sociedade da qual fazem parte (FREIRE, 1991). Dessa forma, o método *jigsaw*, associado às atividades experimentais vão de encontro a essa expectativa, pois o aluno passa a trabalhar em grupo e realizar abordagens práticas que permitem pensar diferente e estimular a dinâmica social que encontramos em nosso cotidiano.

Os comentários dos alunos foram agrupados em 3 categorias, **“Interesse dos alunos pela Química após a realização da estratégia”**, **“Opinião dos alunos sobre a aprendizagem em si”** e **“Opinião dos alunos sobre os impactos da atividade prática na aprendizagem”** (ver Quadro 9). Em cada categoria, os comentários foram agrupados em “Comentários positivos e “Comentários negativos”. A frequência de comentários positivos foi nitidamente maior nas duas últimas categorias, indicando que os alunos consideraram que houve aprendizado da matéria e que a atividade experimental realizada foi importante para esse aprendizado, o que corrobora o alto índice de respostas “Concordo plenamente” e “Concordo parcialmente” nas Questões 2 a 5 (principalmente nas Questões 4 e 5).

Quanto ao interesse pela (Eletro)Química após a realização das atividades, os índices de respostas “Concordo plenamente” e “Concordo parcialmente”, nas Questões 1 e 6, foram bem mais discretos quando comparados aos índices obtidos nas Questões 2 a 5, o que é sustentado pelos comentários dos alunos. Verifica-se que alguns alunos já tinham um pré-conceito sobre a disciplina, e isso não foi mudado após a realização da estratégia didática.

Quadro 9 – Comentários dos alunos para as Afirmativas 1 a 6 do questionário de avaliação pelos alunos das atividades experimentais realizadas.

Interesse dos alunos pela Química após a realização da estratégia	
Comentários positivos	Comentários negativos
<p><i>“Quando entendemos algo ficamos mais curiosos para aprender mais”. B2</i></p> <p><i>“Por não ser uma aula cansativa, ela interessa os alunos a aprender, despertando o interesse na matéria dos mesmos”. B5</i></p> <p><i>“Aulas dialogadas apenas são cansativas”. B12</i></p> <p><i>“Acho que a matéria é mais interessante agora”. B4</i></p> <p><i>“Passei a gostar da matéria”. B9</i></p>	<p><i>“É interessante trabalhar química com experimentos mas continuo achando a matéria de química levemente desagradável”. B1</i></p> <p><i>“Mesmo as aulas tendo sido interessantes, continuo não gostando de Química”. B4</i></p> <p><i>“A matéria é muito interessante mas não ao ponto que eu goste mais de Química”. B14</i></p> <p><i>“A matéria é boa, porém Química não”. B16</i></p>
Opinião dos alunos sobre a aprendizagem em si*	
Comentários positivos	Comentários negativos
<p><i>“Tive um pouco de dificuldades, mas por fim entendo o conteúdo”. B3</i></p> <p><i>“Se eu não entender, não conseguirei realizar o restante do trabalho”. B17</i></p> <p><i>“Tive dificuldade, pois tenho dificuldade em Química, mas o professor ajudou a assimilar a matéria”. B3</i></p> <p><i>“O modelo do trabalho facilitou”. B17</i></p> <p><i>“Consegui aprender mais sobre a matéria”. B4</i></p> <p><i>“Eu consegui aprender mais o do meu grupo sobre pilhas comuns”. B6</i></p> <p><i>“Aprendi circuito em série e paralelo”. B10/B11/B15</i></p> <p><i>“Com elas, pude aprender melhor a matéria que estudamos, assim despertando o meu interesse no conhecimento durante as aulas”. B5</i></p> <p><i>“Eu não sabia eletroquímica antes das atividades”. B1</i></p> <p><i>“Com aulas mais dinâmicas é sempre melhor”. B17</i></p> <p><i>“Eu consegui assimilar melhor a matéria”. B12</i></p> <p><i>“Se tornou uma matéria mais simples e interessante”. B14</i></p> <p><i>“Ficou mais fácil de entender como funciona, antes pensei que não fosse conseguir entender”. B7</i></p>	<p><i>“Eu consegui parcialmente”. B1</i></p> <p><i>“Na minha experiência sim, na dos outros grupos não”. B2</i></p> <p><i>“Pois eu entendi um pouco e uma parte não entendi totalmente”. B6</i></p> <p><i>“Mais ou menos...”. B17</i></p>
Opinião dos alunos sobre os impactos da atividade prática na aprendizagem	
Comentários positivos	Comentário negativo
<p><i>“Pelo fato de terem experimento facilita a matéria”. B13</i></p> <p><i>“Pela prática é mais interessante aprender”.</i></p>	<p><i>“Na verdade, nem sei”. B17</i></p>

<p>B10 <i>“Aprender pela prática é mais interessante”.</i> B11 <i>“Apreendi melhor com a prática”.</i> B14 <i>“Continuo achando um conteúdo difícil mas agora sei pelo menos o conceito geral e na prática”.</i> B3 <i>“Porque me ajuda a entender o que foi feito”.</i> B6 <i>“Devido as experiências desperta a curiosidade”.</i> B9 <i>“Foi bem amplo e divertido”.</i> B8</p>	
--	--

*Os alunos que realizaram comentários no APÊNDICE D foram identificados com a letra B e um número. Os comentários eram opcionais.
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

7.7 QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DE ELETROQUÍMICA

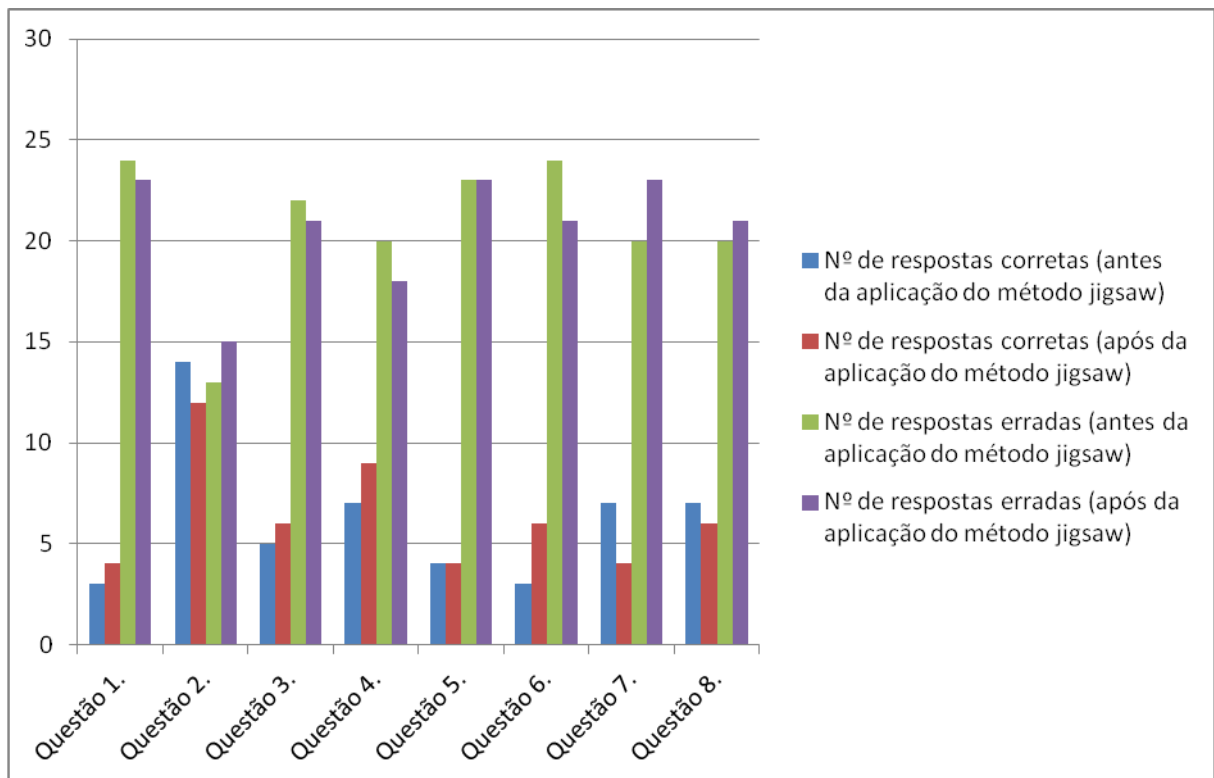
O APÊNDICE E correspondeu a um questionário contendo 8 questões do ENEM, envolvendo conceitos de células galvânicas. Essa atividade contou com a participação de 27 alunos e foi realizada antes do início das atividades experimentais no formato *jigsaw* (Atividade 3 do Quadro 2) e após as atividades (Atividade 9 do Quadro 2), com o objetivo de verificar se houve alguma melhora significativa na aprendizagem dos conceitos de células galvânicas.

Tivemos na aplicação das questões correspondentes à Atividade 3, uma média geral de 1,85 acertos em 8 questões (50 acertos num total de 27 alunos), o que corresponde à uma média de 23,15% de acertos/aluno. Na aplicação das questões correspondentes à Atividade 9, tivemos uma média de 1,89 de acertos nas mesmas 8 questões (51 acertos num total de 27 alunos), o que corresponde à uma média de 23,62% de acertos/aluno. A partir dos resultados percebemos uma pequena melhora nos valores da média geral de acertos ou na 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 N^{os}. 1 e 2, que resultou em dificuldade para a sua resolução pelos alunos da presente pesquisa, assim como para os alunos que fizeram a prova do ENEM 2017, onde o índice de acertos foi menos que 20%.

Apesar dos dados dessa pesquisa terem indicado que as aulas utilizando as atividades experimentais a partir do método *jigsaw* permitiram um bom entendimento dos tópicos abordados pelos alunos, e foram muito bem aceitas pela maioria desses, acreditamos que, para termos 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. A Figura 12 apresenta o número de respostas corretas e erradas, por questão do ENEM, antes e após a aplicação do método *jigsaw*.

Figura 12 - Número de respostas corretas e erradas, antes e após a aplicação do método *jigsaw*, em função de cada questão do ENEM.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

Observamos uma melhora do número de acertos para as Questões 1, 3, 4 e 6, após a realização do método *jigsaw*. Na Questão 5 tivemos o mesmo número de acertos antes e depois da realização do método, e nas Questões 2, 7 e 8 tivemos uma diminuição do número de acertos após a realização do método.

Podemos fazer várias deduções sobre a diminuição no número de acertos das questões, mas o mais provável é que os alunos tenham tido dificuldade na interpretação ou confundiram com algum dos pontos trabalhados ao longo da pesquisa.

Para as questões que apresentaram melhora no número de acertos, podemos inferir que a experimentação utilizando o método *jigsaw*, envolvendo a dinâmica dos grupos de especialistas e grupos de base, proporcionou aos alunos maior capacidade de resolução de questões, que antes traziam maior dificuldade do que após a participação na pesquisa.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A presente pesquisa 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. Percebemos que os alunos interagiram bem a experimentação e reagiram positivamente ao método *jigsaw*, aumentando seu nível de confiança ao responder sobre o tópico abordado e seus subtópicos.

- A utilização do produto educacional desenvolvido, na forma de *kits* experimentais, facilitou, de forma geral, o ensino de células galvânicas. As células galvânicas, construídas com materiais de fácil acesso e de baixo custo, associadas à aprendizagem cooperativa por meio do método *jigsaw*, possibilitou ensinar conceitos referentes ao referido tópico da Eletroquímica. Os alunos no início apresentavam dificuldades com os *kits* experimentais, mas ao longo das etapas do trabalho passaram a ter domínio sobre grande parte do que foi explorado no material.

- Os alunos tiveram a oportunidade de ensinar e aprender uns com os outros, conduzindo e explicando os experimentos para os colegas (grupos de especialistas e grupos de base), 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 precisamos 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.

- 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 minha visão sobre a aprendizagem e aumentou minha preocupação com a prática docente. Esse aspecto é muito importante, porque a partir desse trabalho terei maior cuidado com minha prática e irei desenvolver atividades experimentais aliadas ao método *jigsaw* e a outros métodos cooperativos, no sentido de melhorar o nível de aprendizagem de meus alunos e a relação entre eles na escola e fora dela.

- Na avaliação dos alunos, a proposta didática foi muito bem aceita, mas, ao mesmo tempo, os resultados não mostraram diferenças significativas entre os índices de alunos que preferem aulas no formato *jigsaw* ou expositivas. 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.
- A proposta didática auxiliou a aprendizagem dos estudantes proporcionando bons resultados, que consolidam a utilização do método *jigsaw*, associado a atividades experimentais, no ensino de Eletroquímica (células galvânicas). Por meio da experimentação os alunos tiveram dificuldades iniciais, mas à medida que o trabalho foi sendo realizado, a maior parte delas foi desaparecendo. O significado disso é uma assimilação do conteúdo de forma mais segura e eficiente.
- Considera-se os *kits* experimentais de Eletroquímica:
 - úteis para explicação dos conceitos de Eletroquímica (células galvânicas), especialmente porque elucidam sobre pilhas comerciais e células galvânicas de Cu/Zn confeccionadas com materiais de fácil acesso, com ênfase nas associações em série e em paralelo, comprovadas pelas medições dos valores de potencial de célula.
 - ferramentas facilitadoras do processo de ensino-aprendizagem de conceitos relacionados com células galvânicas, os quais possibilitaram a elucidação do funcionamento de pilhas comerciais e a comparação com células galvânicas de Cu/Zn confeccionadas com materiais de fácil acesso e baixo custo.

REFERÊNCIAS

- ADÚRIZ-BRAVO, A.; AYMERICH, M. I. Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autônoma. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 1, n. 3, 2002.
- ARONSON, E.; BLANEY, N.; STEPHIN, C.; SIKES, J.; SNAPP, M. **The Jigsaw Classroom**. Sage Publishing Company: Beverly Hills, CA, 1978.
- BACHELARD, G. **A Formação do espírito científico**. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARBOSA, R. M. N. ; JOFILI, Z. M. S. Aprendizagem cooperativa e ensino de química: parceria que dá certo. **Ciência & Educação**. (Bauru), Bauru , v. 10, n. 1, p. 55-61, 2004. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132004000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 jan. 2019.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132004000100004>.
- BATANERO, C.; ESTEPA, A.; GODINO, J. **Análisis exploratório de datos: sus posibilidades en la enseñanza secundaria**. Granada, 1991. Suma, n.9, p.25-31.
- BENITE, 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**, Belo Horizonte, v. 9, n. 3, p. 1-21, 2009. Disponível em:
<<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/viewFile/26/23>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- BOCANEGRA, C. H. **Aspectos Conceituais e Epistemológicos do tema Eletroquímica nos Livros Didáticos de Química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio -PNLEM (2007)**. 2010. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação) UNESP: Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho. 137f.
- BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C. ; BIAGGIO, S. R.. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.11, p. 3-9, 2000. BRASIL, 1999. Disponível em:
<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2017.
- BRASIL, 2000. Disponível em:
http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/14_24.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2017.
- BRASIL, 2006. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria de Educação Básica. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2).
- BRASIL. **Conselho Nacional de Saúde**. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília: Diário Oficial da União, 2013. Disponível em:

<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html>. Acesso em: 08 abr. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília, MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/bncc-20dez-site.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

CAAMAÑO, A. **La enseñanza y el aprendizaje de la química**. In: JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (Coord.) *et al.* Enseñar Ciencias. Barcelona: GRAÓ, p. 95-118, 2007.

CACHAPUZ, 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**, v. 14, n. 1, p. 155-195, 2001.

CARNEIRO, E. B.; LOPES, M. C. **Aprendizagem Cooperativa no Ensino de Química**: aplicação na disciplina de Química Geral. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ), 2008. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/microdados>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

Disponível em: <<https://blogdoenem.com.br/questoes-mais-dificeis-do-enem-2017/>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/educacao/enem-2017-professores-elegem-as-questoes-mais-dificeis-do-2o-dia/>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/microdados>> Acesso em: 25 jul. 2018.

Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 21 maio 2019.

DOYMUS, K.; KARACOP, A.; SIMSEK, U. Effects of jigsaw and animation techniques on students' understanding of concepts and subjects in electrochemistry. **Education Tech Research**, v. 58, p. 671-691, 2010.

EILKS, I. Experiences and Reflections about Teaching Atomic Structure in a Jigsaw Classroom in Lower Secondary School Chemistry Lessons. **Journal of Chemical Education**, v. 82, n. 2, p. 313, 2005.

FATARELI, E. F., FERREIRA, L. N. A., FERREIRA, J. Q. e QUEIROZ, S. L. Método Cooperativo de Aprendizagem *Jigsaw* no Ensino de Cinética Química. **Química Nova na Escola**, n. 32, p.161-168, 2010.

FERNÁNDEZ, A. **A inteligência aprisionada**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1991. 261p.

FREIRE, P. **A educação na cidade**. São Paulo: Cortez, 1991.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P.. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química, **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.

GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J.M.B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M.L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivo das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIORDAN, M.. O papel da experimentação no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. Rio de Janeiro: Record, 1999.

GOMES, E. **Contribuições do Método Jigsaw de Aprendizagem Cooperativa para a mobilização dos Estilos de Pensamento Matemático por estudantes de Engenharia**. 2015. 176 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2015.

GONÇALVES, F. P. **O texto de experimentação na educação em química**: discursos pedagógicos e epistemológicos. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, 2005.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**. n. 3, v. 31, p.198-202, 2009.

HIOKA, N. FILHO, O. S.; 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**, n.11, p. 40-44, 2000.

HODSON, D. Experiments in Science and Science Teaching. Educational. **Philosophy and Theory**. v. 20, p. 53-66, 1988.

JOHNSON, D.W., JOHNSON, R., 1999. **The three Cs of classroom and school management**. In H. Freiberg (Ed.), *Beyond behaviorism: Changing the classroom management paradigm*. Boston: Allyn & Bacon.

KEMPA, R. Students learning difficulties in science: causes and possible remedies. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 2, p.119-128, 1991.

LEITE, I. S., LOURENÇO, A. B., LICIO, J. G., HERNANDES, A. C. Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, p. 1-7, 2013.

LISBÔA, J. C. F. QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, n. 2, p. 198-202, 2015.

MIRANDA, D. G. P.; COSTA, N. S. **Professor de Química: Formação, competências/habilidades e posturas**, 2007. Disponível em <<http://www.ufpa.br/eduquim/formdoc.html>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

MIZUKAMI, M. da G. N. Escola e desenvolvimento profissional da docência. In: GATTI, B. A. *et al.* **Por uma política nacional de formação de professores**. São Paulo: UNESP, 2013.

NEVES, J. L. **Pesquisa Qualitativa – Características, Usos e Possibilidades**. Caderno de Pesquisas em Administrações, São Paulo, v.1, n.3, 1996.

NIJAZ, M.; CHACÓN, E. A. Conceptual Change Teaching Strategy to Facilitate High School Students' Understanding of Electrochemistry. **Journal of Science Education and Technology**, v. 12, n. 2, p. 129-134, 2003.

OGUDE, N.A.; BRADLEY J. D. Electrode Processes and Aspects Relating to Cell EMF, Current, and Cell Components in Operating Electrochemical Cells. **Journal of Chemical Education**. v.73, n. 12, p. 1145-1149, 1996.

OLIVEIRA, J. R. S. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010.

PINTO, A. S. S.; BUENO, M. R. P.; SILVA, M. A. F. A.; SELLMAN, M. Z.; KOEHLER, S. M. F. Inovação Didática -Projeto de Reflexão e Aplicação de Metodologias Ativas de Aprendizagem no Ensino Superior: uma experiência com "peerinstruction". **Janus**. n. 15, p.75-87, 2012.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

POZO, 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**. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia: C.I.D.E., 1991.

SANTOS, M. C. S. C. **Aprendizagem Cooperativa em Matemática: um estudo longitudinal com uma turma experimental do Novo Programa de Matemática do 2º ciclo do Ensino Básico**. 617 f. Tese (Doutor em Ciências da Educação) – Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Universidade do Algarve, 2011.

SANTOS, W.;SCHNETZLER, R.P. **Educação em Química**: Compromisso com a cidadania. 3ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

SANJUAN, M, E, C.; SANTOS, C. V.; MAIA, J. O.; SILVA, A. F. A; WARTHA, E. J. W. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p.190-197, 2009.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C.; CRUZ, M. C. P. Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de eletroquímica. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 4, p. 258-266, 2018.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, Supl. 1, p. 14-24, 2002.

SCHWAHN, M. C. A., OAIGEN, E. R., **Objetivos para o uso da experimentação no ensino de química**: A visão de um grupo de licenciandos. Disponível em: <www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/933.pdf>. Acesso em: 10 ago.2018.

SILVA, J. F. S.; SANTOS, J. C. O.; GOMES, M. E. M.; SANTOS, A. F. A **Importância de Aulas Experimentais Para a Aprendizagem dos Alunos do Ensino Médio**: Um Estudo de Caso. Simpequi. Salvador-BA 2009. P1-3. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/simpequi/2009/trabalhos/39-5994.htm>>. Acesso em: 20 de ago. de 2018.

SILVEIRA, F. L. da; AXT, R. Associação de pilhas em paralelo: onde e quando a usamos? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 3, p. 391-399, 2003.

SOBRAL, F. R.; CAMPOS,C. J. G. **Utilização de metodologia ativa no ensino e assistência de enfermagem na produção nacional**: revisão integrativa. Rev. esc. enferm. USP, São Paulo, v.46, n.1, Feb. 2012, pp.208-218.

SOCIAL PSYCHOLOGY NETWORK. **The jigsaw classroom**. 2000-2018. Disponível em: <<http://www.jigsaw.org>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

TEIXEIRA JÚNIOR, W. J. **Aproximação do método jigsaw de aprendizagem cooperativa para o ensino de eletroquímica no ensino médio**. Rio de Janeiro: UFRJ/IQ, 2016. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Química) UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro. 185 f.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 2 ed. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1986. Livro virtual. Download disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAtt0AJ/metodologia-pesquisa-acao>

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R..O Bicentenário da invenção da pilha elétrica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.11, p. 35-39, 2000.

VELLECA, R. F.; IGNE, M. C. I.; LATTARI JÚNIOR, J. C.; CAMPANERUT, F. Z.; HADDAD, E. B.; ALARIO, A. F. **Investigando as Concepções Alternativas dos**

estudantes sobre Eletroquímica. In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Nº 5. Bauru. p. 1-11. 2005.

VIEIRA, S. L.. **Escola – função social, gestão e política educacional.** In: FERREIRA, Naura Syria C.; A GUIAR, Márcia Ângela das (Orgs.). Gestão da educação: impasses, perspectivas e compromissos. São Paulo: Cortez, 2000. p. 129-145.

ZULIANI, S. R. Q. A.; ÂNGELO, A. C. D. **A utilização de metodologias alternativas:** o método investigativo e a aprendizagem de química. In: Educação em Ciências da pesquisa à prática docente. Ed. Escrituras: Autores Associados, p. 69-80, 2001.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO CONTENDO INFORMAÇÕES GERAIS DOS ESTUDANTES SOBRE QUÍMICA

Quanto você concorda ou discorda das Afirmações 1 a 4, sobre a disciplina de Química? Marque apenas uma alternativa.

1. A disciplina de Química é importante para a minha vida.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

2. Eu gosto da disciplina de Química.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

3. Eu tenho dificuldades na disciplina de Química.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Cite as dificuldades encontradas, se for o caso: _____

4. Atividades práticas são desenvolvidas durante as minhas aulas de Química.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Cite as atividades práticas desenvolvidas, se for o caso: _____

APÊNDICE B – TRÊS *KITS* EXPERIMENTAIS E RESPECTIVOS ROTEIROS, ASSOCIADOS AOS TRÊS SUBTÓPICOS SOBRE CÉLULAS GALVÂNICAS

Kit experimental Nº. 1 + roteiro do subtópico 1 – Entendendo o funcionamento das pilhas comerciais

1ª Etapa: Medida do potencial a partir da secção transversal da pilha

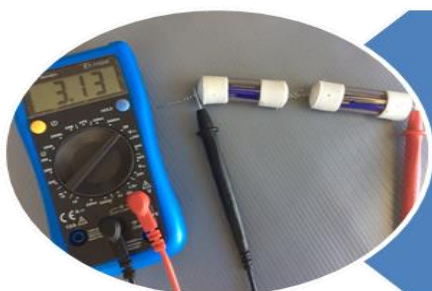
Usando uma das metades da pilha, ligue o multímetro e coloque na escala de 20 Volts. Encaixe as extremidades metálicas dos cabos do multímetro em cada um dos pólos da seguinte maneira: a extremidade metálica da ponta vermelha na pasta preta ou então no tubo central e a da preta na parte metálica conforme indicado na fotografia.

- 1) Qual foi o potencial medido?
- 2) Inverta a posição das extremidades metálicas dos cabos do multímetro e meça o potencial? Qual foi o potencial medido? Explique.
- 3) Identifique o cátodo e o ânodo da pilha, bem como o tipo de material a partir do qual é constituído cada um deles.
- 4) Qual a composição química da pasta escura e qual o seu papel no funcionamento da pilha?
- 5) Escreva a reação anódica, a reação catódica e a reação global que ocorre na pilha comercial utilizada.
- 6) Quando uma pilha comum, como essa que você utilizou, para de funcionar? Explique.



Fonte: Do Autor, 2018.

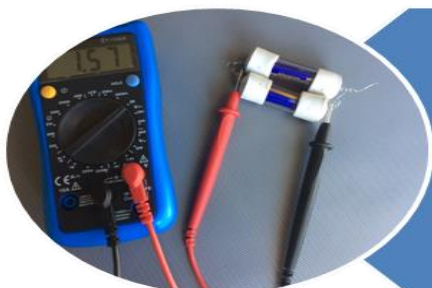
2ª Etapa: Medida do potencial dos sistemas de pilhas em duas configurações diferentes



Usando os 2 sistemas de pilhas montados na 2ª etapa, conecte-os de acordo com a foto ao lado. O pólo positivo de um sistema deve ser conectado ao pólo negativo de outro.

Ligue o multímetro e coloque na escala de 20 Volts. Encaixe as extremidades metálicas dos cabos do multímetro em cada um dos pólos: a extremidade metálica da ponta vermelha no pólo positivo e a da preta no pólo negativo.

- 1) Qual foi o potencial medido?
- 2) Esse potencial é maior ou menor do que o de uma única pilha? Explique.



Usando os 2 sistemas de pilhas montados na 2ª etapa, conecte-os de acordo com a foto ao lado. O pólo positivo de um sistema deve ser conectado ao pólo positivo de outro. O mesmo vale para o pólo negativo.

Ligue o multímetro e coloque na escala de 20 Volts. Encaixe as extremidades metálicas dos cabos do multímetro em cada um dos pólos da seguinte maneira: a extremidade metálica da ponta vermelha no pólo positivo e a da preta no pólo negativo.

- 1) Qual foi o potencial medido?
- 2) Esse potencial é maior ou menor do que o de uma única pilha? Explique.
- 3) Esse potencial é diferente do potencial medido usando a outra configuração de pilhas? Explique.

Fonte: Do Autor, 2018.

3ª Etapa: Montagem do sistema para acender o led

- 1) Use o sistema de pilhas montado em série para tentar acender o led, conforme mostrado na fotografia.
- 2) Use o sistema de pilha montado em paralelo para tentar acender o led, conforme mostrado na fotografia.
- 3) Você conseguiu acender o led com as duas configurações de sistemas de pilhas (série e paralelo)? Explique.



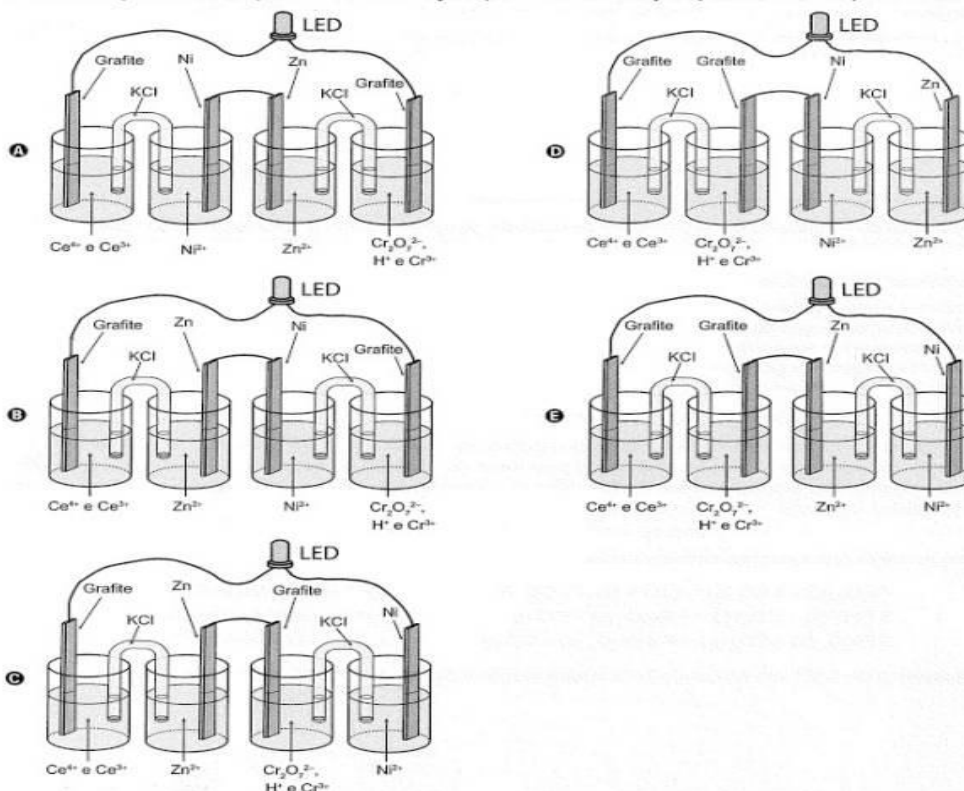
Fonte: Do Autor, 2018.

4ª Etapa: Resolução de questão de Eletroquímica do ENEM 2017

A invenção do LED azul, que permite a geração de outras cores para compor a luz branca, permitiu a construção de lâmpadas energeticamente mais eficientes e mais duráveis do que as incandescentes e fluorescentes. Em um experimento de laboratório, pretende-se associar duas pilhas em série para acender um LED azul que requer 3,6 volts para o seu funcionamento. Considere as semirreações de redução e seus respectivos potenciais mostrados no quadro.

Semirreação de redução	E° (V)
$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	+1,61
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14 \text{H}^+(\text{aq}) + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,33
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0,25
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,76

Qual associação em série de pilhas fornece diferença de potencial, nas condições-padrão, suficiente para acender o LED azul?



5ª Etapa: Leitura do artigo “Pilhas e Baterias: Funcionamento e Impacto Ambiental”

Leia o artigo indicado abaixo. Complete o quadro com as informações que se pede.

Classificação	Tipo de Bateria / Breve histórico	Potencial de circuito aberto / V	Riscos aos consumidores e ao meio ambiente	Reações
---------------	-----------------------------------	----------------------------------	--	---------

BOCCHI, N.;
FERRACIN, L. C. ;
BIAGGIO, S. R. .
**Pilhas e baterias:
funcionamento e
impacto ambiental.**
Química Nova na
Escola, São Paulo,
n.11, p. 3-9, 2000.
Disponível em
<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>>.



Kit experimental Nº. 2 + roteiro do subtópico 2 – Entendendo o funcionamento das células galvânicas

1ª Etapa: Leitura do artigo “O Bicentenário da Invenção da Pilha Elétrica”

- 1) Quem inventou a pilha elétrica?
- 2) Como ela era constituída?
- 3) Explique a controvérsia de Volta e Galvani.

Discuta e faça registros.



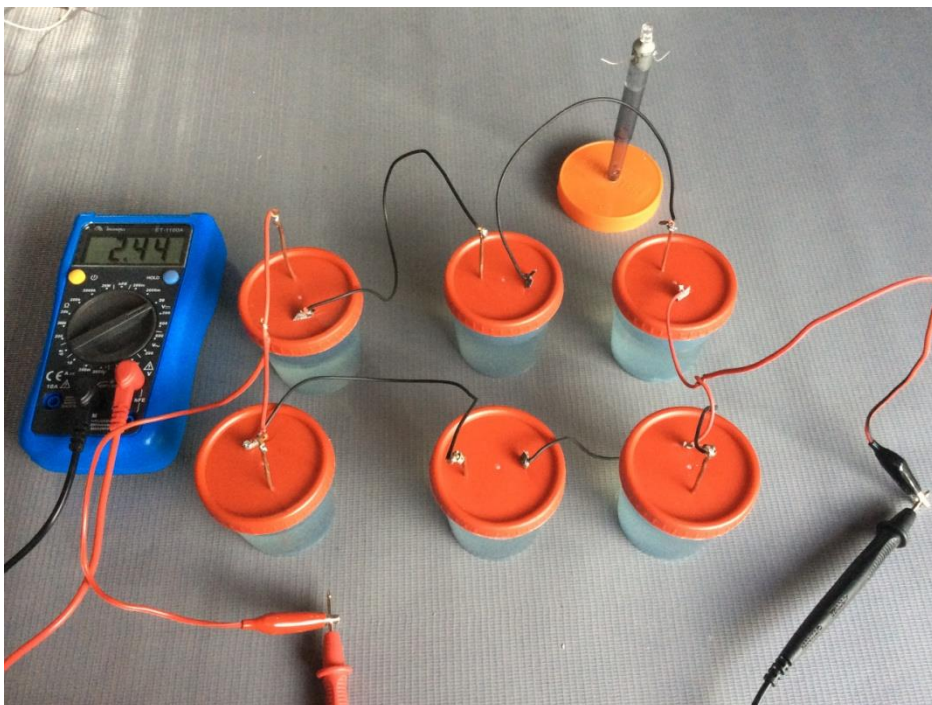
Mario Tolentino e Romeu C. Rocha-Filho

Este artigo apresenta o contexto da invenção da pilha elétrica no final do século 18 por Alessandro Volta, incluindo a sua célebre controvérsia com Luigi Galvani.

► Alessandro Volta, pilha elétrica, Luigi Galvani, eletricidade animal ◀

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R..O Bicentenário da invenção da pilha elétrica. Química **Nova na Escola**, São Paulo, n.11, p. 35-39, 2000. Disponível em <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a08.pdf>>.

2ª Etapa: Medida do potencial de um sistema eletroquímico

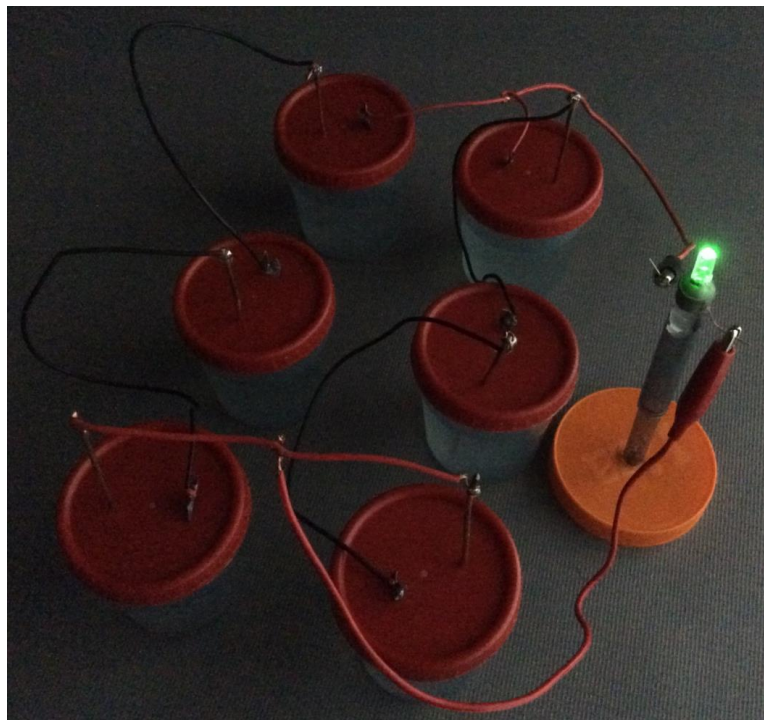


Fonte: Do Autor, 2018.

- ✓ Encaixe as tampas de plástico nos frascos conforme indicado na fotografia.
- ✓ Ligue o multímetro e coloque na escala de 20 Volts.
- ✓ Conecte as extremidades metálicas dos cabos do multímetro em cada um dos pólos da seguinte maneira: a extremidade metálica da ponta vermelha nos terminais do cobre e a extremidade metálica da ponta preta nos terminais do zinco, conforme indicado na fotografia.

- 1) Qual foi o potencial medido?
- 2) Inverta a posição das extremidades metálicas dos cabos do multímetro e meça o potencial? Qual foi o potencial medido? Explique.
- 3) Identifique o cátodo e o ânodo da pilha.
- 4) Explique a configuração do sistema de pilhas (identifique quais pilhas estão em série e quais estão em paralelo). Faça medições de outras configurações possíveis para responder essa pergunta.

3ª Etapa: Acendendo um *led* usando o sistema eletroquímico



Fonte: Do Autor, 2018.

Use o sistema de pilhas montado de acordo com a configuração da 1ª etapa para acender o *led*, conforme mostrado na fotografia.

1) Você acha que é possível acender o *led* usando outra configuração?

Tente.

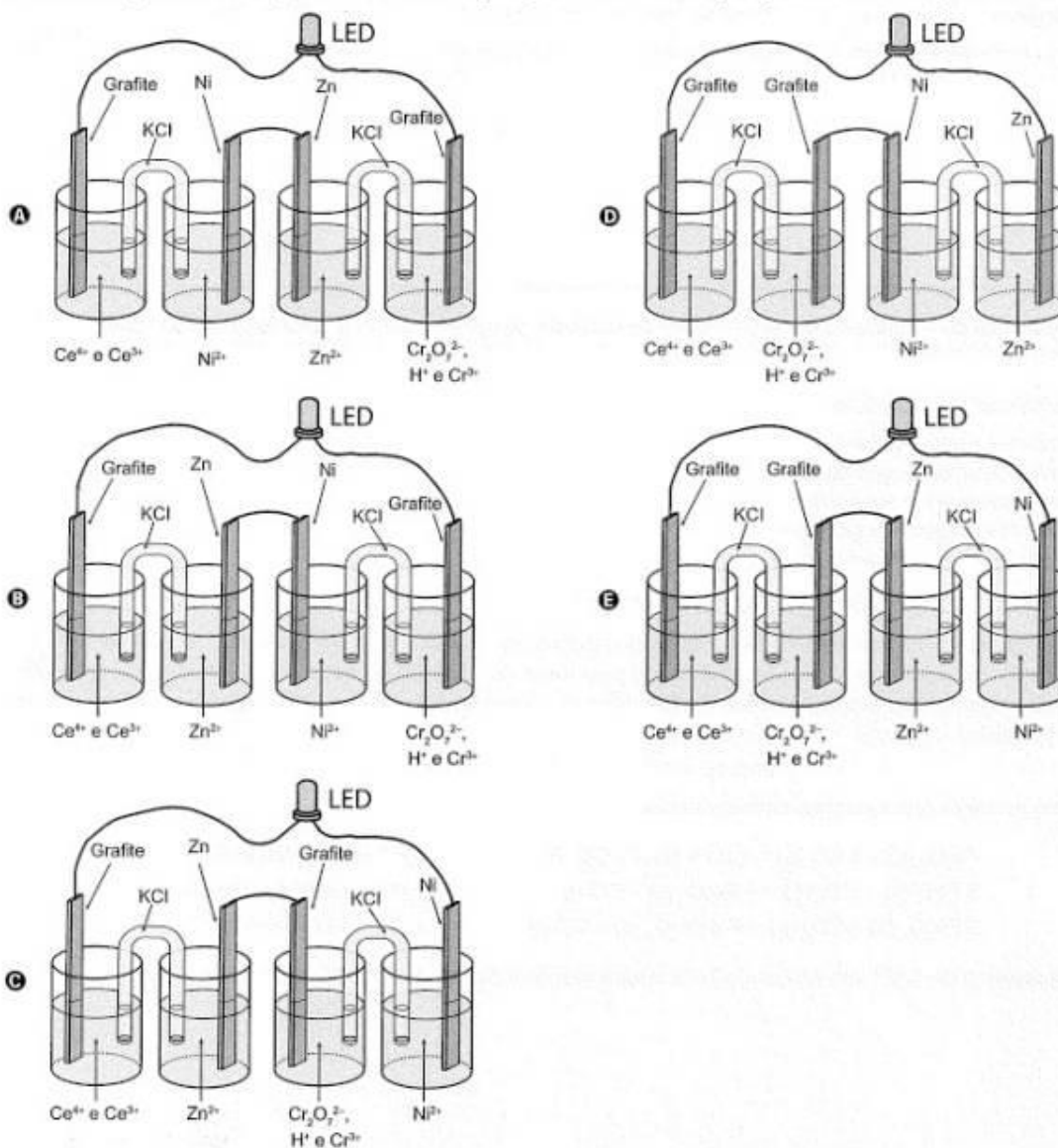
Explique.

4ª Etapa: Resolução de questão de Eletroquímica do ENEM 2017

A invenção do LED azul, que permite a geração de outras cores para compor a luz branca, permitiu a construção de lâmpadas energeticamente mais eficientes e mais duráveis do que as incandescentes e fluorescentes. Em um experimento de laboratório, pretende-se associar duas pilhas em série para acender um LED azul que requer 3,6 volts para o seu funcionamento. Considere as semirreações de redução e seus respectivos potenciais mostrados no quadro.

Semirreação de redução	E° (V)
$\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$	+1,61
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14 \text{H}^+(\text{aq}) + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,33
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0,25
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,76

Qual associação em série de pilhas fornece diferença de potencial, nas condições-padrão, suficiente para acender o LED azul?



Kit experimental Nº. 3 + roteiro do subtópico 3 – Verificando a ocorrência das reações de oxidorredução



Fonte: Do Autor, 2018.



Fonte: Do Autor, 2018.

Solução azul (sulfato de cobre II), solução incolor (sulfato de zinco). Metais: zinco retirado de pilha exaurida e fio de cobre.

Como fonte de dados, sugere-se que seja utilizado uma tabela de potenciais padrão de redução.

1ª Etapa: Coloque um pouco de solução de sulfato de cobre num frasco e um pouco de solução de sulfato de zinco no outro, e mergulhe os metais zinco e cobre nas soluções de sulfato de cobre e zinco, respectivamente.

1) Mergulhe a tira de zinco na solução de sulfato de cobre. O que você observa? Escreva a reação de oxidorredução observada (caso você acha que ocorra alguma). Utilizando a tabela de potenciais padrão de redução, explique a ocorrência (ou não) de reação.

2) Mergulhe o fio de cobre na solução de sulfato de zinco. O que você observa? Escreva a reação de oxidorredução observada (caso você acha que ocorra alguma). Explique.

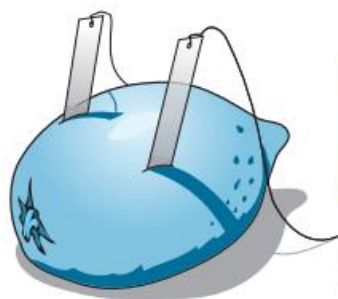
Utilizando a tabela de potenciais padrão de redução, explique a ocorrência (ou não) de reação.

2ª Etapa: Leitura do artigo “Pilhas de Cu/Mg construídas com materiais de fácil obtenção”

Leia o artigo indicado abaixo. Explique o trecho extraído do artigo:

“Deve-se lembrar que o funcionamento dos equipamentos depende da corrente e do potencial fornecido pela pilha. A maior ou menor importância de cada um destes fatores em cada equipamento constitui uma excelente oportunidade de interação com o professor da disciplina Física.”

EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA



Pilhas de Cu/Mg

Construídas com Materiais de Fácil Obtenção

Noboru Hioka, Ourides Santin Filho, Aparecido Junior de Menezes, Fernando Seiji Yonehara, Kleber Bergamaski e Robson Valentim Pereira

Este artigo relata a construção de pilhas à base dos metais cobre e magnésio, para operar pequenos equipamentos eletrônicos, com vantajosa substituição da fita de magnésio por um bastão composto deste metal, utilizado em oficinas de conserto das chamadas “rodas de magnésio”.

Diversos meios eletrolíticos são sugeridos, desde soluções de NaCl e HCl até sucos de fruta, ou mesmo a própria fruta.

Os equipamentos operam por tempo suficiente para proporcionar boas apresentações e despertar bastante curiosidade nos alunos de ensino médio.

► pilhas, cobre, magnésio, experimentação no ensino de química ◀

HIOKA, N. *et al.* Pilhas de Cu/Mg construídas com materiais de fácil obtenção. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.11, p. 40-44, 2000. Disponível em <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a09.pdf>>.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DO MÉTODO *JIGSAW* PELOS ALUNOS

Quanto você concorda ou discorda das Afirmações 1 a 14, sobre o método *jigsaw* realizado na disciplina de Química para Ensino de Eletroquímica? Marque apenas uma alternativa.

1. Foi possível trabalhar com mais independência no formato de aula *jigsaw* do que faço normalmente nas aulas expositivas.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

2. Eu prefiro mais se o professor nos ajudar mais diretamente no conteúdo de Eletroquímica que estão nas etapas do *jigsaw*.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

3. Eu atuei com maior foco no formato de aula *jigsaw* do que normalmente desenvolvo durante as aulas expositivas.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

4. Tenho maior preferência quando o professor discute tópicos com a classe toda (aula expositiva dialogada) do que quando nós temos que trabalhar em pequenos grupos.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

5. Creio que aprendi muito sobre o conteúdo “Células galvânicas” trabalhando no formato de aula *jigsaw*.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

6. Não gostei de estudar no formato de aula *jigsaw* porque meu trabalho ficou muito dependente do desempenho dos meus colegas.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

7. Considero que o formato de aula *jigsaw* é confuso e desestruturado.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

8. Tive afinidade por trabalhar no formato de aula *jigsaw* porque interagi junto com outros colegas.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

9. Tive dificuldade em organizar o nosso trabalho no formato de aula *jigsaw*.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

10. O uso de diferentes estratégias e métodos de ensino (como o formato de aula *jigsaw*) possibilita aulas mais atraentes e menos cansativas.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

11. A distribuição de funções entre os participantes dos grupos de base (mediador, porta-voz, facilitador etc.) facilita a realização das atividades solicitadas pelo professor.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

12. Ter um papel específico a desempenhar no grupo (mediador, porta-voz, redator etc.) me ajudou no desenvolvimento de novas habilidades ou no aperfeiçoamento de habilidades que eu já possuía.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

13. Penso que as análises em grupo, realizadas no final dos trabalhos dos grupos de base, é importante para o bom andamento das atividades no grupo.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

14. Quero participar novamente de aulas no formato *jigsaw* na disciplina Química

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO PELOS ALUNOS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS REALIZADAS

Quanto você concorda ou discorda das Afirmações 1 a 6, sobre as atividades experimentais realizadas na disciplina de Química? Marque apenas uma alternativa.

1. As atividades experimentais desenvolvidas em sala de aula despertaram o meu interesse pelo conteúdo e pela disciplina de Química.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

2. Eu consegui relacionar o que estava acontecendo durante a prática experimental com o conteúdo visto na teoria.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

3. Eu consegui assimilar os experimentos com o conteúdo visto na teoria.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Esse espaço é livre, caso deseje escrever algo: _____

4. Eu adquiri novos conhecimentos após a realização dos experimentos.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Cite quais conhecimentos você adquiriu, se for o caso: _____

5. As atividades experimentais auxiliaram na minha aprendizagem.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Cite como as atividades experimentais foram úteis na sua aprendizagem, se for o caso: _____

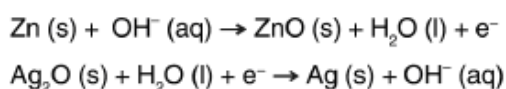
6. Após as atividades experimentais, o meu conceito sobre Eletroquímica mudou.

1. Concordo plenamente	2. Concordo parcialmente	3. Não concordo nem discordo	4. Discordo parcialmente	5. Discordo totalmente
------------------------	--------------------------	------------------------------	--------------------------	------------------------

Cite o que mudou, se for o caso: _____

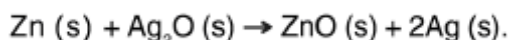
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DE ELETROQUÍMICA

1) (ENEM 2009) Pilhas e baterias são dispositivos tão comuns em nossa sociedade que, sem percebermos, carregamos vários deles junto ao nosso corpo; elas estão presentes em aparelhos de MP3, relógios, rádios, celulares etc. As semi-reações descritas a seguir ilustram o que ocorre em uma pilha de óxido de prata.



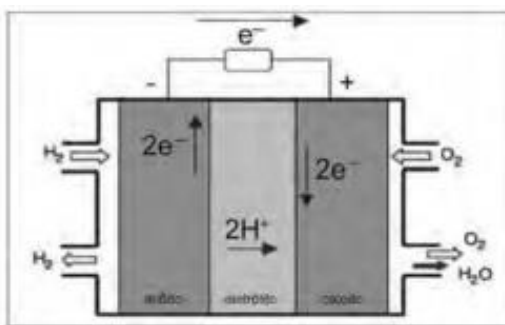
Pode-se afirmar que esta pilha

- (A) é uma pilha ácida.
- (B) apresenta o óxido de prata como o ânodo.
- (C) apresenta o zinco como o agente oxidante.
- (D) tem como reação da célula a seguinte reação:



- (E) apresenta fluxo de elétrons na pilha do eletrodo de Ag_2O para o Zn.

2) (ENEM 2010) O crescimento da produção de energia elétrica ao longo do tempo tem influenciado decisivamente o progresso da humanidade, mas também tem criado uma séria preocupação: o prejuízo ao meio ambiente. Nos próximos anos, uma nova tecnologia de geração de energia elétrica deverá ganhar espaço: as células a combustível hidrogênio/oxigênio.



VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R. Química Nova Na Escola. Nº15, maio 2002.

Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio diferencia-se dos processos convencionais porque:

- (A) transforma energia química em energia elétrica, sem causar danos ao meio ambiente, porque o principal subproduto formado é a água.
- (B) converte a energia química contida nas moléculas dos componentes em energia térmica, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.
- (C) transforma energia química em energia elétrica, porém emite gases poluentes da mesma forma que a produção de energia a partir dos combustíveis fósseis.
- (D) converte energia elétrica proveniente dos combustíveis fósseis em energia química, retendo os gases poluentes produzidos no processo sem alterar a

qualidade do meio ambiente.

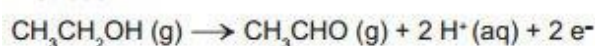
(E) converte a energia potencial acumulada nas moléculas de água contidas no sistema em energia química, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

3) (ENEM 2011) Iniciativas do poder público para prevenir o uso de bebidas alcoólicas por motoristas, causa de muitos acidentes nas estradas do país, trouxeram à ordem do dia, não sem suscitar polêmica, o instrumento popularmente conhecido como bafômetro. Do ponto de vista de detecção e medição, os instrumentos normalmente usados pelas polícias rodoviárias do Brasil e de outros países utilizam o ar que os “suspeitos” sopram para dentro do aparelho, através de um tubo descartável, para promover a oxidação do etanol a etanal. O método baseia-se no princípio da pilha de combustível: o etanol é oxidado em meio ácido sobre um disco plástico poroso coberto com pó de platina (catalisador) e umedecido com ácido sulfúrico, sendo um eletrodo conectado a cada lado desse disco poroso. A corrente elétrica produzida, proporcional à concentração de álcool no ar expirado dos pulmões da pessoa testada, é lida numa escala que é proporcional ao teor de álcool no sangue. O esquema de funcionamento desse detector de etanol pode ser visto na figura.

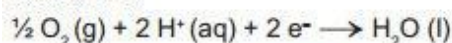


As reações eletroquímicas envolvidas no processo são:

Eletrodo A:



Eletrodo B:



BRAATHEN, P. C. Hálito culpado: o princípio químico do bafômetro. Química nova na escola. São Paulo, nº 5, maio 1997 (adaptado).

No estudo das pilhas, empregam-se códigos e nomenclaturas próprias da Química, visando caracterizar os materiais, as reações e os processos envolvidos.

Nesse contexto, a pilha que compõe o bafômetro apresenta o:

- (A) eletrodo A como cátodo.
- (B) etanol como agente oxidante.
- (C) eletrodo B como polo positivo.
- (D) gás oxigênio como agente redutor.
- (E) fluxo de elétrons do eletrodo B para o eletrodo A.

4) (ENEM 2012) O boato de que os lacres das latas de alumínio teriam um alto valor comercial levou muitas pessoas a juntarem esse material na expectativa de ganhar dinheiro com sua venda. As empresas fabricantes de alumínio esclarecem que isso não passa de uma “lenda urbana”, pois ao retirar o anel da lata, dificultase a reciclagem do alumínio. Como a liga do qual é feito o anel contém alto

teor de magnésio, se ele não estiver junto com a lata, fica mais fácil ocorrer a oxidação do alumínio no forno. A tabela apresenta as semirreações e os valores de potencial padrão de redução de alguns metais:

Semirreação	Potencial Padrão de Redução (V)
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{K}$	-2,93
$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,36
$\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34

Disponível em: www.sucatas.com. Acesso em: 28 fev. 2012 (adaptado).

Com base no texto e na tabela, que metais poderiam entrar na composição do anel das latas com a mesma função do magnésio, ou seja, proteger o alumínio da oxidação nos fornos e não deixar diminuir o rendimento da sua reciclagem?

- (A) Somente o lítio, pois ele possui o menor potencial de redução.
- (B) Somente o cobre, pois ele possui o maior potencial de redução.
- (C) Somente o potássio, pois ele possui potencial de redução mais próximo do magnésio.
- (D) Somente o cobre e o zinco, pois eles sofrem oxidação mais facilmente que o alumínio.
- (E) Somente o lítio e o potássio, pois seus potenciais de redução são menores do que o do alumínio.

5) (ENEM 2015) A calda bordalesa é uma alternativa empregada no combate a doenças que afetam folhas de plantas. Sua produção consiste na mistura de uma solução aquosa de sulfato de cobre (II), CuSO_4 , com óxido de cálcio, CaO , e sua aplicação só deve ser realizada se estiver levemente básica. A avaliação rudimentar da basicidade dessa solução é realizada pela adição de três gotas sobre uma faca de ferro limpa. Após três minutos, caso surja uma mancha avermelhada no local da aplicação, afirma-se que a calda bordalesa ainda não está com a basicidade necessária. O quadro apresenta os valores de potenciais padrão de redução (E^0) para algumas semirreações de redução.

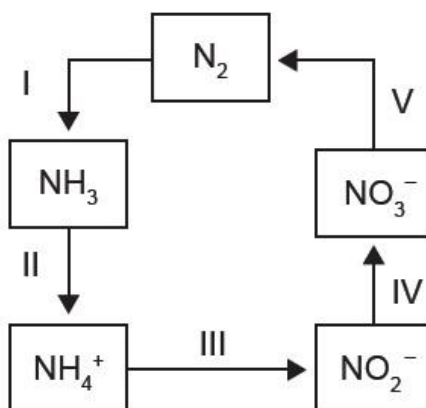
Semirreação de redução	E° (V)
$\text{Ca}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Ca}$	-2,87
$\text{Fe}^{3+} + 3 e^- \rightarrow \text{Fe}$	-0,04
$\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Cu}^+ + e^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,52
$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0,77

MOTTA, I. S. *Calda bordalesa: utilidades e preparo*. Dourados: Embrapa, 2008 (adaptado).

A equação química que representa a reação de formação da mancha avermelhada é:

- (A) $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Cu}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Ca}_{(\text{s})} + 2 \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$
 (B) $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Ca}_{(\text{s})} + 2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$
 (C) $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})} + 2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$
 (D) $3 \text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Fe}_{(\text{s})} \rightarrow 3 \text{Ca}_{(\text{s})} + 2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$
 (E) $3 \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Fe}_{(\text{s})} \rightarrow 3 \text{Cu}_{(\text{s})} + 2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$

6) (ENEM 2014) A aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados na agricultura pode acarretar alterações no solo e na água pelo acúmulo de compostos nitrogenados, principalmente a forma mais oxidada, favorecendo a proliferação de algas e plantas aquáticas e alterando o ciclo do nitrogênio, representado no esquema. A espécie nitrogenada mais oxidada tem sua quantidade controlada por ação de microrganismos que promovem a reação de redução dessa espécie, no processo denominado desnitrificação.



O processo citado está representado na etapa:

- (A) I.
 (B) II.
 (C) III.
 (D) IV.
 (E) V.

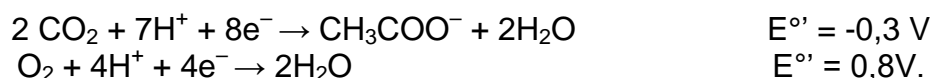
7) TEXTO I

Biocélulas combustíveis são uma alternativa tecnológica para substituição das baterias convencionais. Em uma biocélula microbiológica, bactérias catalisam reações de oxidação de substratos orgânicos. Liberam elétrons produzidos na respiração celular para um eletrodo, onde fluem por um circuito externo até o cátodo do sistema, produzindo corrente elétrica. Uma reação típica que ocorre em biocélulas microbiológicas utiliza o acetato como substrato.

AQUINO NETO, S. *Preparação e caracterização de bioanodos para biocélula e combustível etanol/O₂*. Disponível em: www.teses.usp.br. Acesso em: 23 jun. 2015 (adaptado)

TEXTO II

Em sistemas bioeletroquímicos, os potenciais padrão (E°) apresentam valores característicos. Para as biocélulas de acetato, considere as seguintes semirreações de redução e seus respectivos potenciais:



SCOTT, K; YU, E. H. *Microbial electrochemical and fuel cells: fundamentals and applications*. Woodhead Publishing Series in Energy, n. 88, 2016 (adaptado)

Nessas condições, qual é o número mínimo de biocélulas de acetato, ligadas em série, necessárias para se obter uma diferença de potencial de 4,4 V?

- (A) 3
- (B) 4
- (C) 6
- (D) 9
- (E) 15

8) (ENEM 2014) A revelação das chapas de raios X gera uma solução que contém íons prata na forma de $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$. Para evitar a descarga desse metal no ambiente, a recuperação de prata metálica pode ser feita tratando eletroquimicamente essa solução com uma espécie adequada. O quadro apresenta semirreações de redução de alguns íons metálicos

Semirreação de redução	E° (V)
$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s}) + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq})$	+0,02
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+0,34
$\text{Pt}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pt}(\text{s})$	+1,20
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	-1,66
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	-0,76

BENDASSOLLI, J. A. et al. *Procedimentos para a recuperação de Ag de resíduos líquidos e sólidos*. Química Nova, v. 26, n. 4, 2003 (adaptado).

Das espécies apresentadas, a adequada para essa recuperação é

- (A) $\text{Cu}_{(\text{s})}$.
- (B) $\text{Pt}_{(\text{s})}$.
- (C) $\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})}$.
- (D) $\text{Sn}_{(\text{s})}$.
- (E) $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$.

APÊNDICE F – PRODUTO DA PESQUISA, PUBLICADO NA REVISTA QUÍMICA
NOVA NA ESCOLA



SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA

QUÍMICA NOVA NA ESCOLA

ISSN 2175-2899 (on-line) / ISSN 0104-8899 (impresso)

Revista da Sociedade Brasileira de Química
IQ-USP, Av. Prof. Lineu Prestes, 748, Bloco 3 s, sala 371, 05508-000 São Paulo – SP
Fone: (11) 3032-2299 - fax (11) 3814-3602 - e-mail: qneso@sbq.org.br
<http://qnesc.sbq.org.br>

Atesto para os devidos fins que o artigo "*Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio*", de autoria de Bruno Pereira Diniz, Alice Sousa Alves, Leandro Cruvinel Lemes, Luís Antônio da Silva e Valéria Almeida Alves, foi aceito para publicação na revista *Química Nova na Escola* (QNEsc).

Submetido em 09/10/2018, aceito em 12/02/2019.

São Paulo, 24 de abril de 2019

Telma Ducati
(Assistente editorial de QNEsc)

Informamos que o artigo envolve o desenvolvimento e a utilização dos *kits* experimentais do APÊNDICE B da dissertação.

**APÊNDICE G – PRODUÇÕES: RESUMOS PUBLICADOS EM ANAIS DE
CONGRESSOS / TRABALHOS APRESENTADOS**

1. SILVA, Luís Antônio da; **DINIZ, B. P.**; ALVES, A. S.; LEMES, L. C.; Alves, V. A. Experimentação no ensino de células galvânicas para o ensino médio In: 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2019, JOINVILLE.
Anais da 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2019.

2. **DINIZ, B. P.**; BRITO, E. C. P.; MADALENA, L. S.; SILVA, Luís Antônio da; Alves, V. A. Atividade experimental de eletroquímica: contribuição ao processo ensino-aprendizagem In: I Congresso Integrado de Química, 2018, UBERABA.
Anais do I Congresso Integrado de Química, 2018.

3. ALVES, V. A.; **DINIZ, B. P.**; OLIVEIRA, C. O.; RESENDE, M. C. S.; CRUZ, F. M.; SILVA, Luís Antônio da; DEGIOVANI, H. C.; SEABRA, G. O. *Kit* experimental para elucidar conceitos fundamentais envolvidos numa questão de eletroquímica do ENEM 2017 In: XVI Encontro de Educação em Química - XVI EVEQ, 2018, Araraquara - SP.
Anais do XVI Encontro de Educação em Química - XVI EVEQ, 2018.

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Universidade Federal do Triângulo Mineiro
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E EDUCAÇÃO
Departamento de Química
Av. Dr. Randolpho Borges Júnior, 1400 – Univerdecidade, Uberaba - MG, 38.064-200
Fone: (34) 3331-3144 – e-mail: sec.quimica@uftm.edu.br

TERMO DE ESCLARECIMENTO – PARTICIPANTE

TÍTULO DA PESQUISA: Experimentação no Ensino de Eletroquímica utilizando o método *jigsaw*

Convidamos você a participar da pesquisa: Experimentação no Ensino de Eletroquímica utilizando o método *jigsaw*. O objetivo desta pesquisa é utilizar a experimentação no ensino de Eletroquímica, utilizando um método cooperativo de aprendizagem. Além disso, gerar um produto educacional, uma célula eletroquímica confeccionada com materiais alternativos e de fácil acesso, que poderá ser construída pelos professores da Educação Básica, para auxiliá-los na abordagem do tema Eletroquímica em suas aulas. Sua participação é importante, pois nos ajudará a obter subsídios sobre como metodologias de aprendizagem cooperativas, como o caso do método *jigsaw*, podem criar condições para um melhor ensino de conteúdos de química, contribuir para a formação de uma cidadania consciente e estimular atitudes cooperativas na escola e no ambiente social. Além disso, também permitirá avaliar sobre a realização de atividades práticas, como uma ferramenta, na tentativa de minimizar o problema de desinteresse dos alunos e potencializar o processo de ensino-aprendizagem.

Caso você aceite participar desta pesquisa será necessário responder um questionário sócio-econômico e cultural, realizar experimentos de Eletroquímica, responder testes sobre a realização de aulas experimentais e sobre o método de aprendizagem cooperativa utilizado, bem como responder questionários envolvendo o conteúdo de Eletroquímica; as atividades serão realizadas em sala de aula, com tempo estimado de 13 (treze) aulas de 50 (cinquenta) minutos, no terceiro bimestre do corrente ano letivo. Durante a realização da pesquisa precisaremos fotografar você; pode ser que apareçam partes do seu corpo como braços e rosto, para ilustração da publicação dos resultados. Contudo, somente utilizaremos a sua imagem se você nos autorizar, assinalando “Concordo” no local especificado no consentimento, na página final deste documento, caso você não queira que sua imagem seja utilizada você deverá marcar a opção “Não concordo”.

Os riscos desta pesquisa são mínimos, uma vez que não vem a desenvolver procedimentos que sujeitem os participantes a maiores riscos do que os encontrados na realização de suas atividades cotidianas; para minimizar os riscos serão tomadas as seguintes providências: os pesquisadores ficarão atentos a qualquer manifestação dos participantes ao longo do estudo, preocupando-se com a identificação de sentimentos e percepções de constrangimento, frustrações e perseguições, que mesmo não previstos como risco possam ser deflagrados pelos participantes, tomando as medidas necessárias. Sendo assim, os

pesquisadores assumem cumprir todos os requisitos éticos para a execução de estudo com seres humanos.

Espera-se que de sua participação na pesquisa resulte na aprendizagem significativa de conhecimentos básicos relacionados à Eletroquímica, por meio de um método de ensino cooperativo; assim como uma contribuição com a diminuição das dificuldades encontradas no Ensino de Eletroquímica, na Educação Básica. Que o trabalho sirva de fomento para o ensino de Eletroquímica e os demais conteúdos da química nas escolas da rede pública e rede particular existentes no país.

Você poderá obter quaisquer informações relacionadas a sua participação nesta pesquisa, a qualquer momento que desejar, por meio dos pesquisadores do estudo. Sua participação é voluntária, e em decorrência dela você não receberá qualquer valor em dinheiro. Você não terá nenhum gasto por participar nesse estudo, pois qualquer gasto que você tenha por causa dessa pesquisa lhe será ressarcido. Você poderá não participar do estudo, ou se retirar a qualquer momento, sem que haja qualquer constrangimento junto aos pesquisadores, ou prejuízo quanto ao atendimento na escola, bastando você dizer ao pesquisador que lhe entregou este documento. Você não será identificado neste estudo, pois a sua identidade será de conhecimento apenas dos pesquisadores da pesquisa, sendo garantido o seu sigilo e privacidade. Você tem direito a requerer indenização diante de eventuais danos que você sofra em decorrência dessa pesquisa.

Rubrica do participante	Data	Rubrica do pesquisador	Data

Este documento deverá ser emitido em duas vias, uma para o participante e outra para o pesquisador.



Universidade Federal do Triângulo Mineiro
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E EDUCAÇÃO
Departamento de Química
Av. Dr. Randolpho Borges Júnior, 1400 – Univerdecidade, Uberaba - MG, 38.064-200
Fone: (34) 3331-3144 – e-mail: sec.quimica@uftm.edu.br

TERMO DE ESCLARECIMENTO – RESPONSÁVEL LEGAL

TÍTULO DA PESQUISA: Experimentação no Ensino de Eletroquímica utilizando o método *jigsaw*

Convidamos o indivíduo sob sua responsabilidade a participar da pesquisa: Experimentação no Ensino de Eletroquímica utilizando o método *jigsaw*. O objetivo desta pesquisa é utilizar a experimentação no ensino de Eletroquímica, utilizando um método cooperativo de aprendizagem. Além disso, gerar um produto educacional, uma célula eletroquímica confeccionada com materiais alternativos e de fácil acesso, que poderá ser construída pelos professores da Educação Básica, para auxiliá-los na abordagem do tema Eletroquímica em suas aulas. Sua participação é importante, pois nos ajudará a obter subsídios sobre como metodologias de aprendizagem cooperativas, como o caso do método *Jigsaw*, podem criar condições para um melhor ensino de conteúdos de química, contribuir para a formação de uma cidadania consciente e estimular atitudes cooperativas na escola e no ambiente social. Além disso, também permitirá avaliar sobre a realização de atividades práticas, como uma ferramenta, na tentativa de minimizar o problema de desinteresse dos alunos e potencializar o processo de ensino-aprendizagem.

Caso você aceite que ela(e) participe desta pesquisa será necessário que ela(e) responda um questionário sócio-econômico e cultural, realize experimentos de Eletroquímica, responda testes sobre a realização de aulas experimentais e sobre o método de aprendizagem cooperativa utilizado, bem como responda questionários envolvendo o conteúdo de Eletroquímica; as atividades serão realizadas em sala de aula, com tempo estimado de 13 (treze) aulas de 50 (cinquenta) minutos, no terceiro bimestre do corrente ano letivo. Durante a realização da pesquisa precisaremos fotografar o indivíduo sob sua responsabilidade; pode ser que apareçam partes do seu corpo como braços e rosto, para ilustração da publicação dos resultados. Contudo, somente utilizaremos a imagem do indivíduo sob sua responsabilidade se você nos autorizar, assinalando “Concordo” no local especificado no consentimento, na página final deste documento, caso você não queira que sua imagem seja utilizada você deverá marcar a opção “Não concordo”.

Os riscos desta pesquisa são mínimos, uma vez que não vem a desenvolver procedimentos que sujeitem os participantes a maiores riscos do que os encontrados na realização de suas atividades cotidianas; para minimizar os riscos serão tomadas as seguintes medidas: os pesquisadores ficarão atentos a qualquer manifestação dos participantes ao longo do estudo, preocupando-se com a identificação de sentimentos e percepções de constrangimento, frustrações e perseguições, que mesmo não previstos como risco possam ser deflagrados pelos participantes, tomando as medidas necessárias. Sendo assim, os pesquisadores assumem cumprir todos os requisitos éticos para a execução de estudo com seres humanos.

Espera-se que da participação do indivíduo sob sua responsabilidade na pesquisa resultará para ela(e) aprendizagem significativa de conhecimentos básicos relacionados à Eletroquímica, por meio de um método de ensino cooperativo; assim como uma contribuição com a diminuição das dificuldades encontradas no Ensino de Eletroquímica, na Educação Básica. Que o trabalho sirva de fomento para o ensino de Eletroquímica e os demais conteúdos da química nas escolas da rede pública e rede particular existentes no país.

Você e o indivíduo sob sua responsabilidade poderá obter quaisquer informações relacionadas a participação dela(e) sua participação nesta pesquisa, a qualquer momento que desejar, por meio dos pesquisadores do estudo. Sua participação é voluntária, e em decorrência dela você não receberá qualquer valor em dinheiro. Você não terá nenhum gasto por participar nesse estudo, pois qualquer gasto que você tenha por causa dessa pesquisa lhe será ressarcido. Você poderá não participar do estudo, ou se retirar a qualquer momento, sem que haja qualquer constrangimento junto aos pesquisadores, ou prejuízo quanto ao atendimento na escola, bastando você dizer ao pesquisador que lhe entregou este documento. Você não será identificado neste estudo, pois a sua identidade será de conhecimento apenas dos pesquisadores da pesquisa, sendo garantido o seu sigilo e privacidade. Você tem direito a requerer indenização diante de eventuais danos que você sofra em decorrência dessa pesquisa.

Contato dos pesquisadores:

Nome: Bruno Pereira Diniz

E-mail: brunopereiradiniz@yahoo.com.br

Telefone: (34) 9 8700-9755

Endereço: Centro Universitário do Cerrado Patrocínio-MG (Unicerp) – Avenida Líria Terezinha Lassi Capuano, 466 – Patrocínio-MG, 38.747-792.

Formação/Ocupação: Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas/ Licenciado em Química/ Pós-graduação *lato sensu* em Gestão Escolar e Organização da Escola e Biologia Molecular.

Nome: Luís Antônio da Silva

E-mail: luis.silva@uftm.edu.br

Telefone: (34) 3332-2326

Endereço: Av. Dr. Randolpho Borges Júnior, 1400 – Univerdecidade, Uberaba - MG, 38.064-200

Formação/Ocupação: Licenciado/Mestre/Doutor/Pós-Doutor em Química/Professor Titular da UFTM, na área de Química

Nome: Valéria Almeida Alves

E-mail: valeria.alves@uftm.edu.br

Telefone: (34) 3332-2326

Endereço: Av. Dr. Randolpho Borges Júnior, 1400 – Univerdecidade, Uberaba - MG, 38.064-200

Formação/Ocupação: Bacharel/Mestre/Doutora/Pós-Doutora em Química/Professora Titular da UFTM, na área de Química

Rubrica do participante	Data	Rubrica do pesquisador	Data

Este documento deverá ser emitido em duas vias, uma para o participante e outra para o pesquisador.



Universidade Federal do Triângulo Mineiro
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E EDUCAÇÃO
 Departamento de Química
 Av. Dr. Randolfo Borges Júnior, 1400 – Univerdecidade, Uberaba - MG, 38.064-200
 Fone: (34) 3331-3144 – e-mail: sec.quimica@uftm.edu.br

TERMO DE ASSENTIMENTO E CONSENTIMENTO LIVRES, APÓS ESCLARECIMENTO

TÍTULO DA PESQUISA: Experimentação no Ensino de Eletroquímica utilizando o método *Jigsaw*

Eu, _____, e o indivíduo sob minha responsabilidade voluntário a participar dessa pesquisa, lemos e/ou ouvimos o esclarecimento acima e compreendemos para que serve o estudo e a quais procedimentos o indivíduo sob minha responsabilidade será submetido. A explicação que recebemos esclarece os riscos e benefícios do estudo. Nós entendemos que somos livres para interromper a participação dela(e) a qualquer momento, sem precisar justificar nossa decisão e que isso não afetará o atendimento na escola que ela(e) recebe. Concordamos que utilizem a imagem dela(e), desde que essa seja utilizada nos limites propostos no esclarecimento acima descrito.

- () Concordamos com a utilização da imagem.
 () Não concordamos com a utilização da imagem.

Sei que o nome dela(e) não será divulgado, que não teremos despesas e não receberemos dinheiro para participar do estudo. Concordamos juntos que ela(a) participe do estudo, “Experimentação no Ensino de Eletroquímica utilizando o método *Jigsaw*”, e receberemos uma via assinada (e rubricada em todas as páginas) deste documento.

Patrocínio,//2018

 Assinatura do voluntário (representado)

 Assinatura do responsável (representante)

 Assinatura da pesquisadora responsável

Telefones de contato dos pesquisadores:

Pesquisador: Bruno Pereira Diniz/Luís Antônio da Silva/Valéria Almeida Alves

Telefones: (34) 9 8700-9755/(34) 3332-2326

E-mail: brunopereiradiniz@yahoo.com.br/luis.silva@uftm.edu.br/valeria.alves@uftm.edu.br

Rubrica do participante	Data	Rubrica do pesquisador	Data

Este documento deverá ser emitido em duas vias, uma para o participante e outra para o pesquisador.

ANEXO B – PEDIDO DE AUTORIZAÇÃO PARA ACESSO A DADOS



Universidade Federal do Triângulo Mineiro
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E EDUCAÇÃO
 Departamento de Química
 Av. Dr. Randolpho Borges Júnior, 1400 – Univerdecidade, Uberaba - MG, 38.064-200
 Fone: (34) 3331-3144 – e-mail: sec.quimica@uftm.edu.br

Uberaba, 26 de junho de 2018

Assunto: Pedido de autorização para acesso a dados

1. Solicitamos, respeitosamente, autorização para coleta de dados nesta unidade escolar como parte do projeto de dissertação de mestrado intitulado “Experimentação no Ensino de Eletroquímica utilizando o método *Jigsaw*”, desenvolvido por Bruno Pereira Diniz, mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI/UFTM, e sob a minha orientação. O objetivo dessa pesquisa é proporcionar aos alunos do Ensino Médio a aprendizagem de conhecimentos básicos relacionados à eletroquímica, permitindo-os o desenvolvimento de sua autonomia real, e a construção de novos aspectos relacionados ao saber; para atingirmos os resultados dessa pesquisa necessitaremos dos dados coletados juntos aos alunos do 2º ano do Ensino Médio, por meio da aplicação de questionário sócio-econômico e cultural, realização de experimentos de eletroquímica, aplicação de testes sobre a realização de aulas experimentais e sobre o método de aprendizagem cooperativa utilizado, bem como aplicação de questionários envolvendo o conteúdo de eletroquímica. As atividades serão realizadas em sala de aula, no terceiro bimestre do corrente ano letivo, com uma carga horária prevista de 13 aulas, como parte da metodologia proposta para alcance dos objetivos propostos no projeto da pesquisa.

2. Salientamos que esta autorização é indispensável para a submissão do projeto junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFTM, órgão responsável pela apreciação ética em pesquisa com seres humanos. E conforme prevê a Resolução 466/12 CNS, a pesquisa somente será iniciada a partir da aprovação do referido comitê.

3. Sem mais para o momento, agradecemos a atenção e nos colocamos a disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,

Profª. Drª. Valéria Almeida Alves

Departamento de Química – ICENE/UFTM - (34) 3332-2326 – valeria.alves@uftm.edu.br
 Docente do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional –
 PROFQUI/UFTM

De acordo com a realização da pesquisa:

- deferido
 indeferido



Assinatura/carimbo do Responsável da instituição

Patrocínio/MG, 26/06/2018