



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
INSTITUTO DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA  
EM REDE NACIONAL



JOSÉ ALBERTO MELÃO DOS SANTOS

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DO *E-BOOK* “UMA PROPOSTA DE  
DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DA ELETRÓLISE  
DA ÁGUA”**

**Campo Grande – MS**

**2023**

JOSÉ ALBERTO MELÃO DOS SANTOS

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DO *E-BOOK* “UMA PROPOSTA DE  
DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DA ELETRÓLISE  
DA ÁGUA”**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), Instituto de Química, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química

**Orientador: Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira**  
**Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Gisele Afonso Bento Mello**

**Campo Grande – MS**

**2023**

JOSÉ ALBERTO MELÃO DOS SANTOS

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DO *E-BOOK* “UMA PROPOSTA DE DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DA ELETRÓLISE DA ÁGUA”**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), Instituto de Química, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química

**Orientador: Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira**  
**Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Gisele Afonso Bento Mello**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Daniele Correia  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

---

Prof. Dr. Jorge Luiz Raposo Júnior  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

---

Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pelas pessoas que irei agradecer nos próximos parágrafos.

A minha família, pelo incentivo, compreensão, paciência que tiveram neste percurso.

Ao meu orientador, professor Dr. Onofre Salgado Siqueira e coorientadora professora Dra. Gisele Afonso Bento Mello, por me acompanhar com dedicação e paciência, por me ensinar, aconselhar, e acreditar em mim e neste trabalho.

Aos professores e colegas de turma do PROFQUI/UFMS, pelos momentos de aprendizagem, trocas de conhecimentos e experiências.

A todos meus amigos, familiares e demais pessoas que torceram por mim e que de alguma forma contribuíram para a conclusão desta jornada.

“Volumi eguali di gas nelle stesse condizioni di temperatura  
e di pressione contengono lo stesso numero di molecole”

Amedeo Avogadro

## RESUMO

A pesquisa desenvolvida refere-se à elaboração, desenvolvimento e avaliação de um material didático (produto educacional) destinado para o ensino médio na disciplina de Química visando a determinação do valor numérico da constante de Avogadro empregando o processo de eletrólise com enlace no conteúdo de eletroquímica, abrangendo os conceitos básicos de eletricidade, quantidade de matéria e estado de oxidação. A proposta corresponde a um *e-book* onde apresenta um roteiro experimental para determinação do valor numérico da constante de Avogadro, juntamente com uma série de sugestões de artigos, páginas da *web*, experimentos auxiliares que destaca pontos importantes dos conteúdos em eletroquímica (células galvânicas e eletrolíticas), estado de oxidação e noções de eletricidade. Este *e-book* alinha-se aos princípios da aprendizagem significativa na visão de Ausubel e Novak sendo destinado a auxiliar os educadores (professores) que atuam na disciplina de Química, independentemente de sua formação acadêmica, atendendo também aos estudantes, pois além de apresentar o roteiro experimental conta-se com passo a passo para seu desenvolvimento. Como parte integrante da pesquisa qualitativa de caráter aplicado, o *e-book* foi avaliado por meio do instrumento avaliativo, este constituído de questões abertas que proporciona maior liberdade aos avaliadores. A avaliação ocorreu a partir dos apontamentos feitos pelos professores da rede estadual de educação de Mato Grosso do Sul que atuam na disciplina de Química, nossos consultores *Ah doc*, quanto à possível utilização do *e-book* como material didático. Os dados obtidos foram analisados através da análise de conteúdo seguindo as orientações Gil (2002), utilizando a *priori* a categorização “aspectos positivos”, “aspectos negativos” e “sugestões”. Com esta avaliação foi evidenciado que o produto apresenta potencial de material didático tanto pelo professor quanto pelo estudante, sendo destacado pelos consultadores como pontos positivos a linguagem simples e clara; a sugestão de vários conteúdos e como trabalhá-los, a inclusão e sugestão de vários recursos tecnológicos; os mapas conceituais, dentre outros. Mas carecendo de ajustes para a versão final. Espera-se que este *e-book* possa contribuir como recurso pedagógico ao educador

de forma a facilitar a aprendizagem do estudante nos conteúdos de eletroquímica, eletricidade e quantidade de matéria, evidenciando também as diversas aplicações da eletroquímica no cotidiano, motivando a reflexão sobre a aprendizagem significativa e as atividades experimentais em sala de aula como uma abordagem viável na prática de ensino.

**Palavras-chave:** aprendizagem significativa; eletroquímica; experimentos em sala de aula; formação continuada de professores; constante de Avogadro.

## ABSTRACT

The research carried out refers to the elaboration, development, and evaluation of a teaching material (educational product) intended for secondary education in the discipline of Chemistry, aiming to determine the numerical value of Avogadro's constant using the electrolysis process linked to the content of electrochemistry, covering the basic concepts of electricity, quantity of matter and oxidation state. The proposal corresponds to an e-book which presents an experimental script for determining the numerical value of Avogadro's constant, together with a series of suggestions for articles, web pages, auxiliary experiments that highlights important points of the content in electrochemistry (galvanic cells and electrolytics), oxidation state and notions of electricity. This e-book aligns with the principles of meaningful learning in the view of Ausubel and Novak and is intended to help educators (teachers) who work in the discipline of Chemistry, regardless of their academic background, also serving students, as in addition to presenting The experimental script includes a step-by-step guide for its development. As an integral part of qualitative research of an applied nature, the e-book was evaluated using the evaluation instrument, which consists of open questions that provide greater freedom to evaluators. The evaluation took place based on notes made by teachers from the state education network of Mato Grosso do Sul who work in the Chemistry discipline, our Ah doc consultants, regarding the possible use of the e-book as teaching material. The data obtained was analyzed through content analysis following Gil (2002) guidelines, using the a priori categorization "positive aspects", "negative aspects" and "suggestions". This evaluation showed that the product has potential as teaching material for both teachers and students, with the consultants highlighting simple and clear language as positive points; the suggestion of various contents and how to work with them, the inclusion and suggestion of various technological resources; conceptual maps, among others. But lacking adjustments for the final version. It is hoped that this e-book can contribute as a pedagogical resource to educators to facilitate student learning in the contents of electrochemistry, electricity and quantity of matter, also highlighting the various applications of electrochemistry

in everyday life, motivating reflection on learning meaningful and experimental activities in the classroom as a viable approach in teaching practice.

**Keywords:** meaningful learning; electrochemistry; classroom experiments; continuing education of teachers; Avogadro's constant.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1-Diagrama simplificado da aprendizagem significativa na visão de Ausubel e Novak .....	23
Figura 2-Esquema básico do mapa conceitual.....	25
Figura 3-Interação entre a diferenciação progressiva e reconciliação integradora ...	25
Figura 4-Sugestões de aplicações de mapas conceituais.....	26
Figura 5-Quantitativo por agrupamentos dos artigos entre 2010 e 2012* .....	29
Figura 6-Principais itens de abordagem presentes nos artigos entre 2010 e 2012* ..	29
Figura 7-Distribuição observada nas produções do PROFQUI entre 2017 e 2022* ..	31
Figura 8-Relação entre os três níveis de representação do conhecimento químico ..	33
Figura 9-Ordem de descarga de íons.....	47
Figura 10-Esquema simplificado ligações elétricas e aparato experimental montado .....	55

### QUADROS

Quadro 1-Formas de aprendizagem significativa .....	21
Quadro 2-Total de trabalhos publicados nos periódicos entre 2010 a 2022* .....	28
Quadro 3-Produções relacionadas a Eletroquímica do PROFQUI entre 2017 e 2022* .....	30
Quadro 4-Resumos dos aspectos positivos e negativos referente aos E-books.....	40
Quadro 5-Determinação da prioridade dos cátions em solução eletrolítica.....	48
Quadro 6-Itens substituído no experimento de referência.....	51
Quadro 7-Equação dos Gases ideais e relação com os dados experimentais.....	56
Quadro 8-Resultados obtidos de carga elétrica e valor da constante de Avogadro por meios diversos. ....	60
Quadro 9-Duração média dos ensaios do experimento .....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Valores da constante de Avogadro, $N_A$ : 1ª e 9ª edições de “Les Atomes”	.45
Tabela 2-Tabela 2-Valores do potencial de redução padrão (algumas reações) .....	48
Tabela 3 Resultados obtidos nos experimentos, $N_A \times 10^{-23}$ (mol <sup>-1</sup> ).....	58

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIações E SINÔNIMOS

APM – Associação de Pais e Metres

ASR -Aprendizagem Significativa em Revista

BNCC -Base Nacional Comum Curricular

CAPES -Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CBEF -Caderno Brasileiro de ensino de Física

CNT -Ciências da natureza e suas tecnologias

COVID 19 -Doença infecciosa causada pelo vírus SARS-CoV-2

EDUCAPES -Portal de objetos educacionais abertos

*ePUB* -Eletronic Publication

*IHMC* - Instituto de Cognição Humana e de Máquina, do inglês “Institute for Human & Machine Cognition”

ISBN - Número Padrão Internacional de Livro, do inglês “International Standard Book Number”

*IUPAC* - União Internacional de Química Pura e Aplicada, do inglês “*International Union of Pure and Applied Chemistry*”

LDM- Laboratório Móvel didático

MS -Mato Grosso do Sul

$N_A$  -Valor numérico da constante de Avogadro

*PDF* - Formato de Documento Portátil, do inglês “*Portable document format*”

PF -Polícia Federal

PROFQUI -Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional

QNesc -Química Nova na Escola

QR code - Código de resposta rápida, do inglês “Quick Response code”

RBEF -Revista Brasileira de Ensino de Física

REDEQUIM -Revista Debates em ensino de química

SI – Sistema Internacional de Medidas

TDICs -Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

TICs -Tecnologias da Informação e Comunicação

UFMS -Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>27</b>
3.1. PESQUISA: ELETROQUÍMICA .....	27
3.2. A ELETROQUÍMICA E O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO .....	32
3.3. EXPERIMENTO DE DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO ....	43
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>50</b>
4.1. DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL DIDÁTICO .....	50
4.2. AVALIAÇÃO DO <i>E-BOOK</i> .....	53
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>55</b>
5.1. DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO .....	55
5.2. AVALIAÇÃO DOS CONSULTORES <i>AD HOC</i> .....	62
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>71</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>73</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>77</b>
APÊNDICE A - RESUMO DOS DADOS DOS ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO.....	77
APÊNDICE B - CARTA CONVITE (E-MAIL) AOS CONSULTORES <i>AD HOC</i> .....	78
APÊNDICE C - INSTRUMENTO AVALIATIVO DO <i>E-BOOK</i> .....	79
APÊNDICE D - <i>E-BOOK</i> - DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DA ELETRÓLISE DA ÁGUA: uma abordagem experimental para o ensino de química no ensino médio”.....	80
<b>ANEXOS</b> .....	<b>185</b>
ANEXO A- PROPOSTA TÉCNICA DO MULTÍMETRO DIGITAL UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS .....	185
ANEXO B- LISTA DE LOCALIZAÇÃO DE ALGUNS MATERIAIS – LDM .....	186

## APRESENTAÇÃO

Inicialmente me apresento, José Alberto Melão dos Santos, natural de Três Lagoas, residente em Bandeirantes -MS, licenciado em Química (2000), bacharel (2010) e especialista em educação ambiental (2017) pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). E especialista em Educação a Distância (2014) pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB)

Neste momento atuando no Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), no controle de qualidade desta autarquia municipal. E professor efetivo da rede estadual de ensino na Escola Estadual Ernesto Solon Borges ambos no município de Bandeirantes -MS.

No início do processo de reflexão sobre o tema da pesquisa me questionava das dificuldades e desafios no ensino do conteúdo de eletroquímica e sobre a questão atividade experimental, pouco explorada em virtude da disponibilidade de espaço físico adequado, da falta de materiais (consumo ou permanente) nas unidades escolares, dentre outras. Além disso os materiais didáticos na maioria das vezes indicarem apenas experimentos relacionados a montagem de pilhas com poucas informações sobre a execução, e ainda não oferecendo outras possibilidades de atividades que associem a experimentação em eletroquímica com outras áreas da Química.

Durante a reflexão considerou-se a relevância da pesquisa para o ensino de Química, sendo assim o conteúdo a ser considerado importante para o ensino médio apresenta há necessidade de que *i) seja* um conteúdo de importância para a Química, que é a nossa Ciência de referência, *ii) que seja* um conteúdo que amplie a visão dos alunos com relação aos conhecimentos dos materiais e suas transformações principalmente no que concerne ao entendimento desses processos quando necessário no seu viver cotidiano.

Assim vislumbramos a possibilidade de abordar a Constante de Avogadro e determiná-la através do processo de eletrólise, envolvendo o conteúdo de eletroquímica, estado de oxidação, quantidade de matéria e associar os princípios básicos de eletricidade.

## 1. INTRODUÇÃO

No início do ano letivo, nas primeiras aulas da disciplina de Química é comum apresentar temas que serão estudados no primeiro bimestre, como será o sistema de avaliação e a elaboração dos “combinados de sala”, que contribuem para o desenvolvimento das atividades propostas em sala de aula, além de motivar o senso de responsabilidade e o protagonismo dos estudantes.

Neste momento alguns questionamentos sobre como serão as aulas da disciplina, principalmente das turmas iniciais, primeiro ano do ensino médio, sendo recorrente perguntas sobre o laboratório e as atividades experimentais, alguns alunos apresentam sugestões de experimentos. Embora a maioria sejam indicações de vídeos disponíveis na web que possuem apenas caráter exibicionista, sem qualquer papel didático.

Além disto para nós educadores, este é momento de refletirmos também sobre situações inerentes ao ambiente escolar, como por exemplo:

- ✓ Como lidar com as impressões negativas que uma parcela dos estudantes carrega consigo sobre a aplicação da Química na sociedade, bem como sobre como enaltecer a importância dos conteúdos de Química como disciplina;
- ✓ A grande heterogeneidade com relação ao nível de maturidade escolar e de conhecimento dos alunos que é observada geralmente nas escolas, faz com que haja diferenças entre turmas do mesmo ano escolar e entre os diferentes turnos na unidade escolar;
- ✓ As características socioeconômicas da comunidade escolar, uma vez que podem contribuir para as desigualdades na aprendizagem, conforme foi evidenciado no período pandêmico ocasionado pelo vírus SARS-CoV-2 (Covid-19), quando estudantes em vulnerabilidade econômica enfrentaram grandes dificuldades em obter o acesso a equipamentos de informática e conexão com a internet para as aulas remotas. Além disto, em períodos “normais”, a oferta ou não dos kits de material e uniformes escolares pelas redes públicas de ensino e sua entrega no período correto também influenciam diretamente as condições de ensino. Fatos corriqueiros como a aquisição de uma folha de cartolina para a elaboração de um trabalho, por exemplo, também influenciam diretamente neste processo de ensino-

aprendizagem, pois dependendo da situação econômica da família do estudante, este pode não conseguir fazer a atividade por questões financeiras em adquirir um determinado material necessário para desenvolver a tarefa escolar.

- ✓ A estrutura nas unidades escolares, que algumas vezes não possuem salas de aula com iluminação, ventilação e mobiliários adequados, além de algumas turmas serem superlotadas, o que dificulta o desenvolvimento adequado de atividades propostas pelos educadores. Esta preocupação também é comum aos laboratórios que atendem as disciplinas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) quanto para as salas de recursos tecnológicos;
- ✓ A implantação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com novo ensino médio com seus desafios e contradições, como a carga horária das disciplinas e os itinerários formativos que geram questionamentos tanto aos professores quanto aos estudantes sobre a importância e eficácia delas.

Diante destas indagações iniciamos cada ano letivo sabendo dos desafios e das dificuldades, mas tendo sempre como meta a aprendizagem dos estudantes. E para alcançar os objetivos precisamos contornar as situações já comentadas e outras específicas de cada unidade escolar, e cobrar acerca da necessidade de investimento contínuo na melhoria da qualidade de ensino.

Cientes desses desafios, os elaboradores do Plano Nacional de Educação, Lei nº 13.005 datada de 25 de junho de 2014, indicaram haver necessidade da formação continuada dos professores, que articulada com a formação inicial e as condições de trabalho (salário, carreira e outras) para que se atinja a qualidade de ensino que se deseja a sociedade brasileira.

Nesse contexto, foi criado o Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), um programa de pós-graduação semipresencial, *stricto sensu*, na modalidade mestrado profissional na área de Química. Esse Programa é formado por uma rede de Instituições de Ensino Superior, coordenado pelo Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro com a cogestão da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) e o apoio das Instituições Associadas. Em Mato Grosso do Sul, o Instituto de Química da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul é a Instituição Associada ao PROFQUI.

Assim, considerando-se a nossa necessidade de aprofundar os conhecimentos de Química de modo a incrementarmos a nossa docência. E a importância dos conteúdos de Eletroquímica e da Constante de Avogadro, recordamos que a Química como Ciência nasce com Lavoisier deve-se ao uso intensivo da balança, isto é, a inclusão dos aspectos quantitativos em um conhecimento até então eminentemente qualitativo e classificado mais como arte que como ciência. Assim, as descobertas das leis ponderais e das leis volumétricas que se seguiram à conservação das massas, conduziram ao primeiro modelo atômico científico, o Modelo Atômico de Dalton, estabelecendo essas partículas como os constituintes fundamentais da matéria.

Uma vez estabelecida a natureza particular da matéria, a questão do número de partículas com as quais se está trabalhando se torna um imperativo lógico, mesmo considerando que, na prática, os químicos trabalhem com massas ou com o mol, unidade internacional de quantidade de substância.

Algumas críticas que se fazem ao ensino desse conceito no ensino médio é que esse conceito é usado só para resolver problemas por meio de regras de três, onde se obtêm números sem qualquer significado.

Embora concordando parcialmente com essa crítica é pertinente, consideramos que trabalhar o significado desse número é fundamental, inclusive do ponto de vista prático e da formação para a cidadania pois, por exemplo, a explicação do porquê quantidades de massa muito pequenas de contaminantes, como ppm ou ppb, podem ter efeitos tóxicos que, inclusive, podem levar à morte. Assim, julgamos que o experimento traz aos alunos várias ações que levem à constante de Avogadro, podem contribuir para uma aprendizagem que faça sentido para eles.

Neste sentido o presente trabalho buscou responder à seguinte questão:

Quais as contribuições do produto educacional (*e-book*) para aprendizagem da determinação da constante de Avogadro por meio da eletrólise da água, elaborado segundo o referencial teórico de Ausubel e Novak, na avaliação de professores do ensino médio?

Assim, com intuito de atender a questão proposta, temos como objetivo geral contribuir para o incremento constante do Ensino da Química no ensino médio da Educação Nacional por meio do desenvolvimento de materiais didáticos que serão

disponibilizados gratuitamente para alunos e professores. Neste sentido propomos desenvolver e avaliar um produto educacional, abrangendo os conteúdos de eletricidade, eletroquímica, quantidade de matéria (mol) e constante de Avogadro envolvendo roteiros experimentais na perspectiva da aprendizagem significativa.

E temos como objetivos específicos:

- ✓ Elaboração e o desenvolvimento do *e-book* intitulado “Determinação da constante de Avogadro por meio da eletrólise da água: uma abordagem experimental para o ensino de química no ensino médio”, tendo como referencial teórico o modelo de Ausubel complementado pela visão humanista de Novak;
- ✓ Apresentar o *e-book* aos professores de química do ensino médio da educação básica para sua avaliação.

Desse modo, tivemos como hipóteses de trabalho as seguintes afirmações em relação a proposta do *e-book*:

- ✓ Ao apresentar as atividades experimentais com caráter multidisciplinar pode motivar os estudantes e favorecer no desenvolvimento de habilidades que contribuam na aprendizagem dos conteúdos de eletricidade, eletroquímica, quantidade de matéria (mol) e a constante de Avogadro;
- ✓ Ao considerar o que o “aprendiz já sabe” pode propiciar o envolvimento dos estudantes por meio de ações e um envolvimento emocional positivo, pode contribuir para a aprendizagem significativa dos conteúdos bem como a ampliação da “visão de mundo” dos estudantes;
- ✓ Ao apresentar diversas sugestões de materiais de apoio ao professor desde mapas conceituais a roteiros que favoreça a dinâmica do educador no preparo de suas atividades pedagógicas podendo assim ser avaliado com satisfatório.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nosso trabalho tem como referencial teórico a aprendizagem significativa proposta por David Ausubel e complementada com a visão humanista de Joseph Novak

### APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

David Paul Ausubel (1918-2008), filho de imigrantes judeus, cresceu insatisfeito com sistema educacional vigente que empregava castigos e humilhações. Após obter formação acadêmica em Psicologia e Medicina, doutorou-se em Psicologia do Desenvolvimento na Universidade de Columbia dedicando-se ao desenvolvimento de uma visão cognitiva à Psicologia Educacional, propondo a teoria da Aprendizagem Significativa fundamentada na visão cognitivista (MOREIRA, 2010).

A aprendizagem significativa segundo Ausubel corresponde ao processo no qual um novo conhecimento (informação) interage com outro conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, a aprendizagem ocorrerá de forma significativa quando o novo conhecimento estiver fortemente integrado ao conhecimento prévio. Sendo assim o conhecimento novo deve estar fixado (ancorado) no conhecimento prévio, o subsunçor (MOREIRA e MASINI, 2006).

Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. (Moreira, 2010, p.2).

Portanto, segundo Ausubel, a aprendizagem significativa será eficaz, ou seja, terá significado, quando ocorrer a interação (ancoragem) entre o conhecimento novo recebido (“os conceitos, as ideias, as proposições”) e os conhecimentos prévios (subsunçores) do aprendiz, pois assim este novo conhecimento estará integrado à estrutura cognitiva, e não será apenas um fato ou uma informação isolada, mas estará associado a “subsunçores preexistentes” que o aluno já sabe (MOREIRA, 1999, p. 13).

Assim a aprendizagem significativa deve considerar a história do aluno, sua vivência de vida e saberes. Já o educador é o mediador do processo, ele apresenta

as proposições de situações que favoreçam a aprendizagem, buscando sempre relacionar o novo conhecimento com o já conhecido, e promove situações que motivem a interação do aluno. Mas o estudante deve estar disposto a relacionar o material de maneira consistente e não de forma arbitrária e estar disposto a relacionar (interpretar) a informação (FERNANDES, 2011).

Ausubel também define a aprendizagem mecânica como processo em que os conhecimentos (informações) são apreendidos sem interação com os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, de modo que não ocorre uma ancoragem com os subsunçores, ou seja, neste tipo de aprendizagem “não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada”, podendo ser considerada apenas memorização do conhecimento. Muitas vezes esta é a definição utilizada para referenciar ao ensino tradicional, de forma a facilitar o estudo e a comparação entre ambas as metodologias de ensino, tradicional e a aprendizagem significativa (MOREIRA e MASINI, 2006, p. 19).

Para ocorrer a aprendizagem significativa, segundo Ausubel o material didático deve ser planejado no intuito de atender duas condições essenciais: *i)* deverá ser elaborado de forma que seja possível relacionar os conceitos de forma lógica, permitindo a interação de maneira “substantiva e não arbitrária”, com propostas relevantes e que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender; *ii)* deverá levar em consideração a natureza cognitiva do aprendiz e a presença dos subsunçores necessários para a possível ancoragem dos conhecimentos, ou seja, deve indicar quais os conhecimentos prévios aos quais o material poderá se relacionar para que aprendizagem ocorra de forma significativa (MOREIRA, 1999, p. 21).

Estes organizadores podem ser classificados como *i)* comparativos ou *ii)* expositivos, os organizadores comparativos são aqueles materiais com os quais o aprendiz possui familiaridade, e, por haver uma estrutura cognitiva existente, consegue integrar e discriminar os novos conhecimentos (informações e conceitos novos) e as ideias similares. Já em situações em que o aprendiz não possui subsunçor necessário para a ancoragem do novo conhecimento é necessário utilizar os organizadores expositivos, que são materiais que, embora o aprendiz não possua familiaridade, permite que o conceito novo lhe seja apresentado (MOREIRA, 2008).

Portanto, vimos que a aprendizagem é um processo que envolve a aquisição, a organização de conceitos e ideias junto à estrutura cognitiva do aprendiz, e que para ter significado, deve haver uma relação entre o novo conhecimento adquirido com um subsunçor existente. Este processo de aprendizagem é denominado teoria ou princípio da assimilação, que como descrito por MOREIRA e MASINI (2006, p. 25), a assimilação é um “processo que ocorre quando uma ideia ou um conceito potencialmente significativo é assimilado a um subsunçor cognitivo do aprendiz” e passam a interagir, de modo que o conceito, tanto do conhecimento novo como do subsunçor, são modificados pela interação e este é o real produto e característica da aprendizagem significativa. A aprendizagem significativa proporcionada pela assimilação pode ocorrer em três formas: *i*) subordinada, *ii*) superordenada e *iii*) combinatória, conforme indicado no Quadro 1.

**Quadro 1-**Formas de aprendizagem significativa

Aprendizagem subordinada	Ocorre quando o novo conhecimento aprendido se encontra hierarquicamente subordinado ao conhecimento preexistente.
Aprendizagem superordenada	Ocorre quando o novo conhecimento condicionará o surgimento de novos, ou seja, um conceito ou proposição mais geral do que conhecimentos já estabelecidos na estrutura cognitiva do estudante
Aprendizagem combinatória	Ocorre quando o novo conhecimento não apresenta relação subordinada nem superordenada com conhecimento relevantes já adquiridos anteriormente na estrutura cognitiva do aprendiz

Fonte: PIVATTO (2014, p. 7- 8) - Adaptação

Os novos conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em função das sucessivas alterações e/ou interações ocasionados pela aquisição do novo conhecimento. Podemos desenvolver estes novos conceitos de duas formas: pela *i*) diferenciação progressiva ou pela *ii*) reconciliação integrativa. Quando partimos de ideias e conceitos mais gerais e inclusivos para ideias e conceitos menos inclusivos e diferenciados estamos gradativamente conduzindo a diferenciação progressiva. Por aumentarmos gradualmente a complexidade dos conceitos, esta forma de trabalharmos os diferentes conceitos a serem estudados facilitam o processo de ensino-aprendizagem. Uma vez estabelecida a complexidade gradual dos conceitos, é necessário conectá-los e compará-los com base em diferenças, similaridades e reconciliar suas inconsistências reais ou aparentes, processo em que é conduzida a reconciliação integrativa(MOREIRA, 1999).

Ao fazer o uso de momentos de diferenciação progressiva associado ao uso de momentos de reconciliação integrativa, é que se obtém bons resultados, seja no que diz respeito a abordagem do educador como também do material produzido para os estudantes (MOREIRA e MASINI, 2006). Em outras palavras, o material didático deve fazer a ponte entre o novo conhecimento com os conhecimentos prévios (subsunções) do aprendiz, pois assim fará sentido para o estudante. Neste processo de ensino, a abordagem dos conteúdos deve possibilitar a interação com a realidade, e não apenas uma memorização que não infere qualquer sentido ou correlação com a sociedade.

Neste sentido, para obtermos resultados satisfatórios na aprendizagem significativa destaca-se a importância do planejamento das aulas e do preparo das atividades a serem desenvolvidas em sala de aula, em laboratório e em outras dependências da unidade escolar, observando questões como o material de introdução as atividades e a organização das etapas das atividades (PRAIA, 2000).

Joseph Donald Novak, contribuiu para divulgação da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, colaborando no refinamento e testagem, de forma que, devido às suas contribuições, especialmente as observações sobre as questões afetivas para a aprendizagem, sendo assim a teoria de aprendizagem significativa poderia ser chamada de teoria de Ausubel e Novak (MOREIRA, 2011).

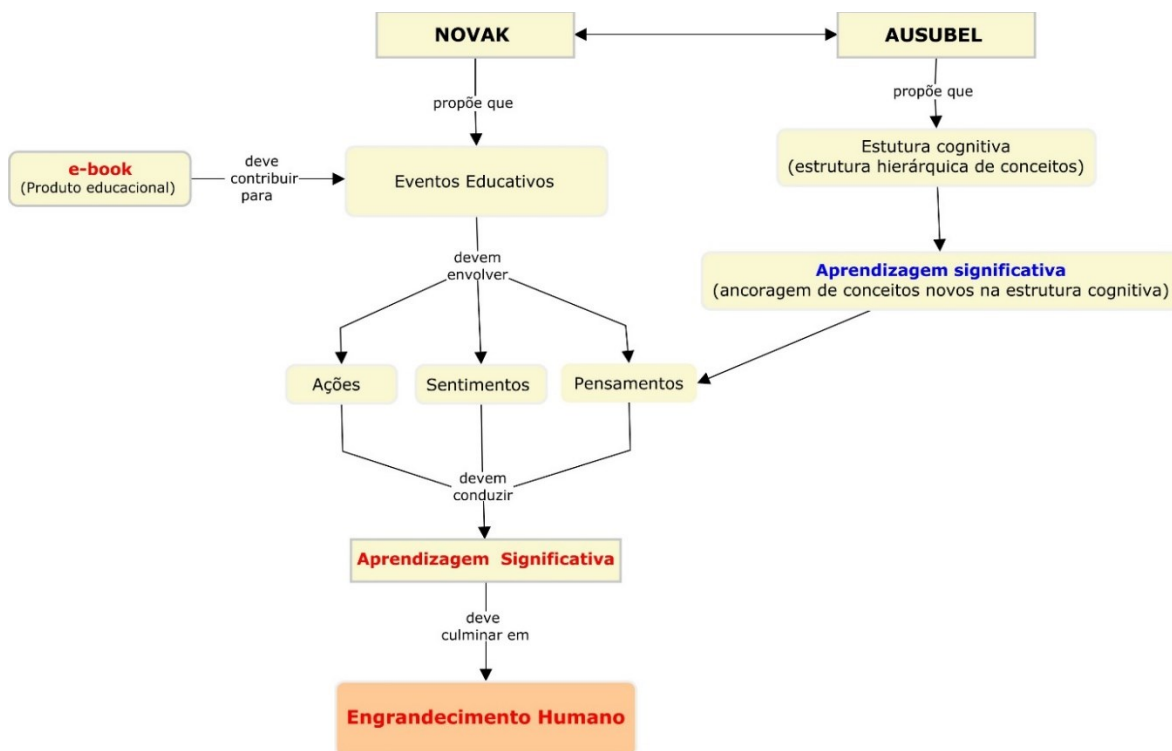
Joseph Donald Novak, nasceu em 1932 destacou-se como empresário e educador. Graduou-se em Ciências e Matemática em 1952 e pós-graduação na Universidade de Minnesota em 1957. Foi pesquisador sênior do Institute for Human & Machine Cognition (IHMC) professor emérito da Cornell University, onde sua pesquisa se concentrou na aprendizagem humana, estudos educacionais, criação e representação de conhecimento.

Para Novak a aprendizagem significativa pode ser entendida a partir de como nós pensamos, sentimos e agimos, de forma que um “evento educativo é uma ação para trocar significados e sentimentos entre aprendiz e professor”. Este evento é um momento acompanhado de experiência afetiva, que pode ser de caráter positivo e construtivo, que ocorre quando há a compreensão do novo conhecimento. Caso contrário, a experiência gera sentimentos negativos de não estar adquirindo um novo conhecimento (não consegue compreender o novo conhecimento), favorecendo o sentimento de frustração ou da angústia. Portanto o processo de

aprendizagem significativa requererem “predisposição para aprender, e, ao mesmo tempo, gera uma experiência afetiva” (MOREIRA, 2011, p. 36).

Situações evidenciadas no cotidiano escolar, quando a experiência é positiva, observamos a motivação e o interesse do estudante pelo conteúdo. Já quando negativas é comum ouvirmos a expressão “não consigo entender nada”, “a matéria de muito difícil”. As vezes estas afirmações não correspondem apenas as dificuldades na compreensão ou no entendimento, mas também há fatos ocorridos que ocasionaram sentimentos negativos sobre a disciplina. Por vezes uma expressão verbal ou visual utilizada pelo professor junto ao estudante em sala, situação corriqueira e sem importância para o educador pode gerar sentimento adversos (conforme o momento vivido pelo estudante). Assim a preparação da aula, a escolha ou produção do material didático e a conduta do professor no ambiente escolar são pontos importantes nos eventos educativos, já que estes eventos associam ações, sentimentos e pensamentos que contribuem no processo de aprendizagem significativa, logo contribuindo para o engrandecimento humano. Estes pontos destacados em relação aprendizagem significativa na visão de Novak são representadas na Figura 1 (MOREIRA, 1999).

**Figura 1**-Diagrama simplificado da aprendizagem significativa na visão de Ausubel e Novak



Fonte: O autor (2023) Adaptação - Onofre Salgado Siqueira: notas de aula

Ao destacar o engrandecimento humano nos referimos ao crescimento pessoal que o conhecimento adquirido promove na vida do estudante tanto em aspectos pessoais quanto profissional. Neste sentido, podemos citar diversas situações, como a emoção do estudante no ensino de jovens e adultos a começar a ler, fato destacado eventualmente pelos meios de comunicação, a experiência vivenciada pelo jovem quando observa que conteúdo visto em sala de aula torna-se útil em sua prática profissional. Assim o engrandecimento humano indica que o conhecimento fora assimilado e está contribuindo diretamente ou indiretamente na vida deste aprendiz, fugindo do questionamento comum em qualquer disciplina “Onde vou usar isto ou para que me serve saber isso?”.

Novak, além de abordar o conceito da aprendizagem significativa em sua teoria, propõe ainda meios para facilitar a aprendizagem através de estratégias instrucionais, como o mapa conceitual por ele concebido, destaca-se também o Vê de Gowin (V epistemológico) proposto por Dixie Bob Gowin, ambos decorrentes diretamente da teoria original de Ausubel.

A utilização do mapa conceitual vem-se mostrando “útil na prática para facilitar a aprendizagem significativa”, sendo empregado como frequência no ensino médio. Os mapas conceituais são “representações gráficas semelhantes a diagramas, que indicam relações entre conceitos mais abrangentes até os menos inclusivos”, e auxiliam na organização, ordenação e sequenciamento dos conteúdos, proporcionando estímulos “positivos” ao aprendiz e facilitando a aprendizagem significativa (SILVA; CLARO; MENDES, 2017, p. 22699).

No geral um mapa conceitual apresenta uma estrutura hierárquica de conceitos, partindo de conceitos mais gerais passando a conceitos intermediários e depois a conceitos específicos, que aparecem em caixas de texto, partindo da região superior para a inferior do mapa, respectivamente. A conexão entre os conceitos é estabelecida por linhas de ligação que relacionam os conceitos por meio de verbos ou expressões dando sentido a conexão entre os conceitos (MANRIQUE e FERRÃO, 2014), conforme ilustrado na Figura 2.

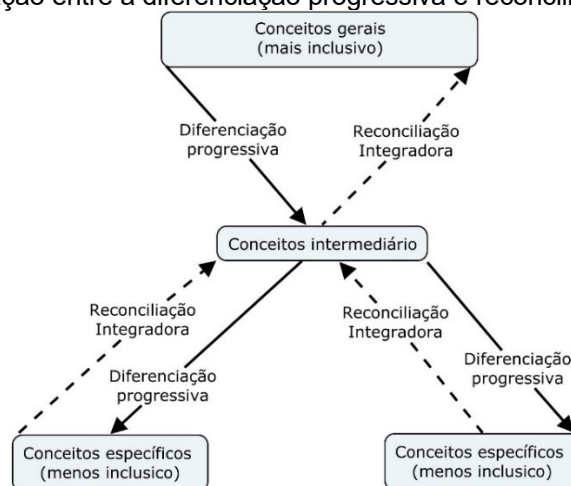
**Figura 2**-Esquema básico do mapa conceitual



Fonte: MOREIRA (2006, p. 47) -Adaptação

Ainda segundo Novak, além da relação entre os conceitos, o mapa conceitual possibilita a interação entre a diferenciação progressiva e reconciliação integradora (integrativa) promovendo interação entre os conceitos, ou seja, “subir e descer” entre as hierarquias dos conceitos, explorando as relações (Figura 3). É importante reforçar que a diferenciação progressiva se refere à apresentação das ideias gerais e inclusivas que são gradativamente diferenciadas ao específico. Já a reconciliação integradora explora as relações entre as ideias, “apontando similaridades e diferenças importantes, e reconciliando, as discrepâncias reais e aparentes”, processos fundamentais para a aprendizagem significativa (MOREIRA, 1983, p. 63; MOREIRA; MASINI, 2006, p. 56).

**Figura 3**-Interação entre a diferenciação progressiva e reconciliação integradora

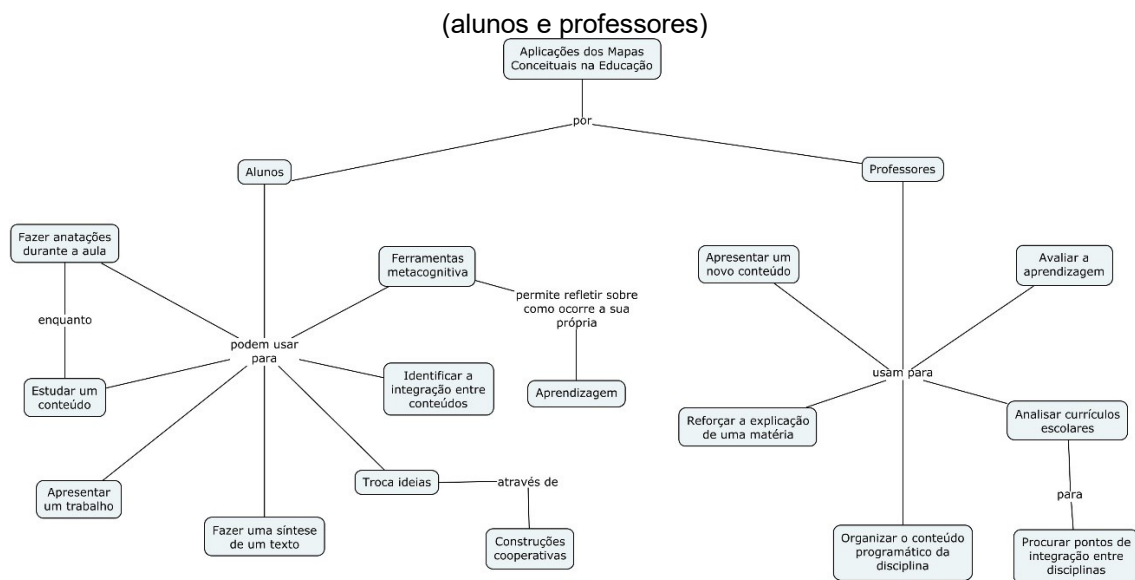


Fonte: MOREIRA (1983 p.65) – Adaptação

Os mapas conceituais apresentam vantagens e desafios juntos aos estudantes. Como vantagens, destacamos a ênfase da estrutura conceitual do

tema em estudo, com a apresentação do grau de inclusividade e generalidade em ordem hierárquica, que facilita a aprendizagem. Dentre algumas aplicações de mapas conceituais, citamos para a introdução ou apresentação de conteúdos, para o estudo de conceitos, síntese de conteúdos e para avaliação de aprendizagem, por exemplo. Na Figura 4 são apresentadas algumas sugestões de aplicações dos mapas conceituais elencadas por Silva, Claro e Mendes (2017). Entretanto, elaborar um mapa conceitual não é tarefa fácil, pois o mapa deve ter significado para o estudante e deve ser estruturado de modo a facilitar a leitura e o entendimento do conteúdo, seja quando se tratar de assuntos simples, como aqueles complexos ou confusos (MOREIRA e MASINI, 2006).

**Figura 4-**Sugestões de aplicações de mapas conceituais



Fonte: SILVA; CLARO; MENDES (2017, p. 22702) – Adaptação

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1. PESQUISA: ELETROQUÍMICA

No intuito de conhecer as atividades de pesquisas que envolvem a temática ensino de eletroquímica, objetivou-se buscar por publicações na área de ensino de química explorando as possíveis contribuições para o tema desta dissertação e do produto educacional.

Ao realizar uma busca inicial no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) empregando as palavras chaves química, física, combinadas com as palavras, ensino e escola, obteve-se as indicações dos periódicos Química Nova na Escola (QNesc), Revista Debates em ensino de química (REDEQUIM), Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e Caderno Brasileiro de ensino de Física (CBEF) com publicações destinadas a educação básica.

Nos periódicos indicados e no periódico Aprendizagem Significativa em Revista (ASR), com publicações que envolvem a aprendizagem significativa que norteia nossa fundamentação teórica, realizamos a busca das palavras chaves, oxirredução, eletroquímica, pilha, célula galvânica, eletrólise e célula eletrolítica, de forma individual e por meio de referência cruzada com as palavras, ensino e dificuldade tanto no singular quanto no plural, nas publicações ocorridas entre 2010 e outubro de 2022 nos periódicos citados anteriormente .

A partir do levantamento nos artigos com base nas palavras chaves realizou-se a leitura dos seus respectivos resumos, objetivando a identificar os objetivos e a área abordada do tema eletroquímica considerando-se como divisões as células galvânicas (pilhas/baterias), células eletrolíticas (eletrólise), corrosão e as reações de oxirredução. Havendo dúvidas a partir da leitura do resumo realizou-se a leitura a artigo para saná-las.

Com base nesta leitura exploratória elencamos o quantitativo de artigos publicados que abordaram o tema eletroquímica nos periódicos relacionados a educação nas áreas de química e física visto a relação entres as disciplinas como o tema eletroquímica, destaca-se a Revista Química Nova na escola pelo apresenta um quantitativo maior de publicações, conforme observado no Quadro 2.

**Quadro 2**-Total de trabalhos publicados nos periódicos entre 2010 a 2022\*

Periódico	Anos													Total por periódico
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022*	
QNesc	0	2	0	2	1	2	2	3	1	2	4	4	2	25
REDEQUIM	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
RBEF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CBEF	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
ASR	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total Anual	0	3	1	2	2	2	2	4	1	2	4	6	2	31

\* Publicações entre 2010 e outubro de 2022

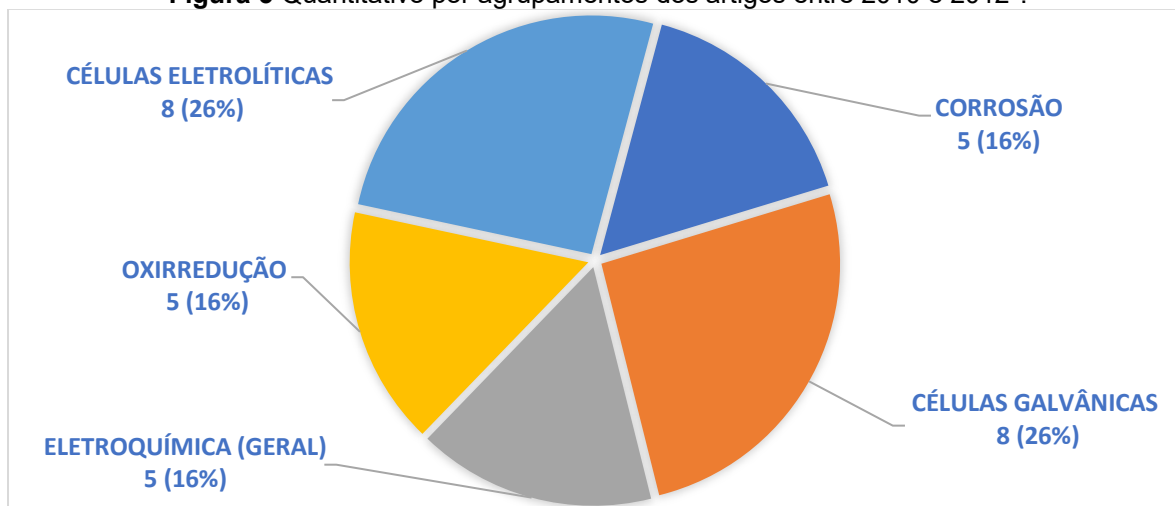
Fonte: O autor (2022)

Agrupamos as publicações do Quadro 2 em cinco grupos, descritos em:

1. Oxirredução, considerando os artigos enfatizam a abordagem das reações de oxirredução e processo de oxidação e redução relacionados ao ensino;
2. Eletroquímica, considerando os artigos enfatizam a abordagem da eletroquímica no ensino e pesquisas relacionadas;
3. Células galvânicas, considerando os artigos enfatizam as pilhas e baterias, suas aplicações, montagens de dispositivos e pesquisas históricas;
4. Células eletrolíticas, considerando os artigos enfatizam a eletrólise, suas aplicações ou processos relacionados, montagens de aparatos e pesquisas históricas;
5. Corrosão, considerando os artigos que exploram o processo de corrosão e sua relação com a eletroquímica.

Em função destes agrupamentos de artigos, observamos que os segmentos das células galvânica e eletrolíticas se destacaram no quantitativo, indicando uma tendência do emprego destes temas associados a contextualização e com o emprego das metodologias ativas nos últimos anos conforme observado na leitura dos resumos dos artigos, sendo representado o quantitativo por agrupamentos, relato na Figura 5.

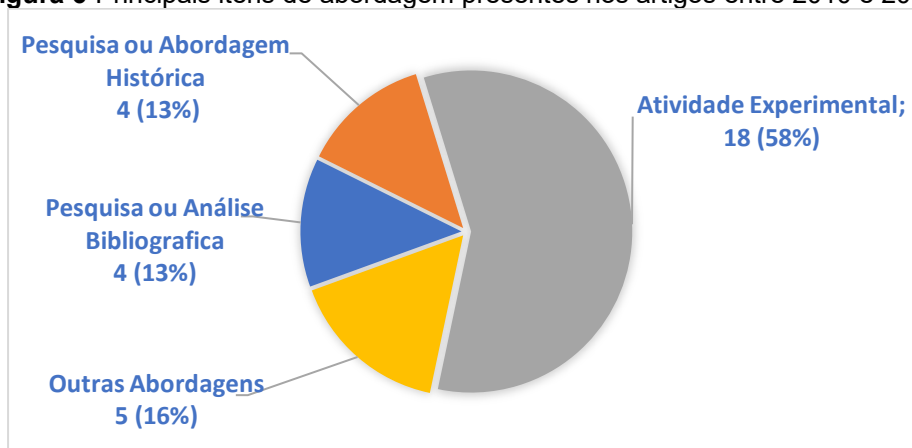
**Figura 5**-Quantitativo por agrupamentos dos artigos entre 2010 e 2012\*.



\* Publicações entre 2010 e outubro de 2022  
Fonte: O autor (2022)

Observa-se que maioria dos artigos apresentam atividade experimental como atividade principal ou como complemento das propostas de abordagem do tema eletroquímica. Assim observa-se evidenciam a valorização das contribuições das atividades experimentais, seguido dos artigos com ênfase da abordagem histórica, e da análise de material bibliográfico como artigos, livros didáticos e relatos de atividades em sala de aula com o emprego da “contextualização”, da fotografia, de vídeos da página da *web* o “*youtube*” dentre outros meios, sendo destacado na Figura 6.

**Figura 6**-Principais itens de abordagem presentes nos artigos entre 2010 e 2012\*



\* Publicações entre 2010 e outubro de 2022  
Fonte: O autor (2022)

Em outra instância foram consultadas as dissertações juntamente com os respectivos produtos educacionais do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) no período de 2017 a outubro de 2022

tendo como referência a temática eletroquímica, sendo realizada através da página do programa na aba dissertações, sendo observado o título e havendo dúvida ocorria a leitura do resumo.

Nesta consulta percorremos as páginas das 18 instituições participantes do Programa de pós-graduação semipresencial, *stricto sensu*, na modalidade mestrado profissional na área de Química com oferta em rede nacional (PROFQUI) compreendendo o período de 2017 a outubro de 2022, estando catalogadas 288 dissertações das quais 14 estão relacionadas com o tema eletroquímica, correspondendo entorno de 5% da produção acadêmica, sendo apresentada no Quadro 3.

**Quadro 3-**Produções relacionadas a Eletroquímica do PROFQUI entre 2017 e 2022\*

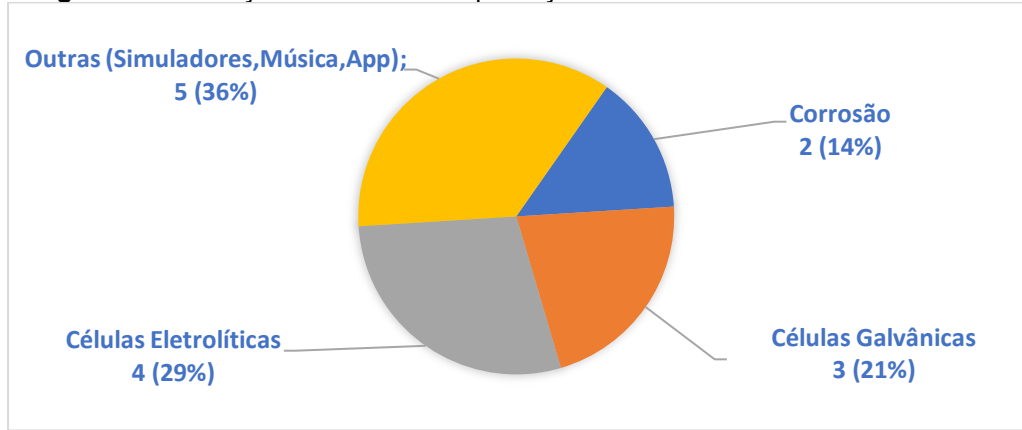
UFRJ	2019	Título: APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS APLICADA NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO.
		RAMON BATISTA INOCÊNCIO
UFTM	2020	Título: ENSINO DE ELETROQUÍMICA: CÉLULA A COMBUSTÍVEL CONFECCIONADA COM MATERIAIS ALTERNATIVOS
		MARLON MAX DOS SANTOS SILVEIRA
UFTM	2022	Título: ENSINO DE ELETROQUÍMICA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA COM ABORDAGEM DE EQUILÍBRIOS SIMULTÂNEOS DE OXIRREDUÇÃO E DE COMPLEXAÇÃO.
		NATHÁLIA JÚLIO SILVEIRA
UFRJ	2019	Título: A UTILIZAÇÃO DO SAMBA COMO MOTIVADOR NO ENSINO DE QUÍMICA: A ELETROQUÍMICA ATRAVÉS DE UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR.
		THIAGO CALDAS DE OLIVEIRA
UFF	2020	Título: O ENSINO DE ELETROQUÍMICA COM ABORDAGEM DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA O ENSINO MÉDIO
		MONIQUE CAPOBIANGO MARTINS
UFF	2021	Título: PROCESSOS ELETROQUÍMICOS DE CORROSÃO E ABORDAGEM CTSA: CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NO ENSINO MÉDIO.
		VIVIAN TEDESCO DORNELES
UFRPE	2020	Título: EXPERIMENTOS DE ELETROQUÍMICA AMBIENTAL: ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA.
		GILSON JOSÉ CAVALCANTE DOS SANTOS JUNIOR
	2020	Título: SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE ELETROQUÍMICA ABORDANDO O DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS.
MARCELA CORDEIRO CAVALCANTE DE OLIVEIRA		
UFRPE	2021	Título: SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O ESTUDO DE CORROSÃO ELETROQUÍMICA PROPOSTA PARA O ENSINO TÉCNICO EM QUÍMICA
		SHIRLEY FREIRE DE FRANÇA
UFPR	2020	Título: PROPOSTA DO USO DAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) NO PROCESSO AVALIATIVO SOBRE A COMPREENSÃO DOS CONCEITOS DE ELETROQUÍMICA
		RENAN CESCO DE JESUS

	2021	Título: ROTAÇÕES POR ESTAÇÕES DE APRENDIZAGENS COMO CONSTITUINTE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETROQUÍMICA FABIO ANDRE TEIXEIRA DE CASTRO
UESC	2019	Título: METODOLOGIA ATIVA PARA O ENSINO DE ELETROQUÍMICA: CONCEPÇÕES DE DISCENTES DO PROFQUI (POLO UESC) SOBRE FERRAMENTA DE GALVANOPLASTIA DESENVOLVIDA COMO RECURSO DIDÁTICO. LEANDRO SANTOS FARIA
UFV	2019	Título: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ELETRÓLISE POR EXPERIMENTAÇÃO COM O USO DE RESÍDUO ELETROELETRÔNICO GABRIEL HENRIQUE SPERANDIO
	2019	Título: REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE QUÍMICA: DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS VIRTUAIS PARA APLICATIVO SMARTPHONE COMO PROPOSTA DE ENSINO DE ELETROQUÍMICA LUIZ FERNANDO DE ARRUDA REIS

\* Publicações entre 2010 e outubro de 2022  
Fonte: O autor (2022)

Como observado que a maioria das produções apresentam sequências didáticas ou similares com enfoque em metodologias ativas. Dentro das propostas observa-se que a maioria dos produtos envolvem atividades experimentais relacionadas as células eletrolíticas, células galvânicas e a corrosão, seguido de outras abordagens envolvendo o emprego de simuladores, o desenvolvimento de softwares para dispositivos eletrônicos de realidade aumentada e ainda o emprego da música. Segue distribuição de abordagens observadas na Figura 7.

**Figura 7-**Distribuição observada nas produções do PROFQUI entre 2017 e 2022\*



Fonte: O autor (2022)

Ao compararmos os dados referentes a pesquisa dos artigos com as propostas desenvolvidas no PROFQUI observa-se que o quantitativo de produções é similar, em relação ao enfoque atribuído as células galvânicas e células eletrolíticas. Observa-se uma diversificação de estratégias empregadas pelos educadores no intuito de aproximar o aluno, mas evidência emprego de recursos

tecnológicos como exemplo a utilização de simuladores e desenvolvimento de App, visto a possibilidade de facilidade de acesso pelos estudantes, mas dependente ainda da realidade local da unidade escolar.

Nesta pesquisa constatou-se a relevância da temática Eletroquímica, visto que, o quantitativo de publicações e de estratégias empregadas, evidenciando as inúmeras dificuldades no aprendizado deste conteúdo pelos estudantes. Ao mesmo tempo apresenta um leque de possibilidade, que nos ajuda a refletir sobre estratégias a serem observadas e refletidas na elaboração da proposta do produto educacional (*e-book*).

### **3.2.A ELETROQUÍMICA E O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO**

Como o observado na seção anterior, as publicações (artigos e dissertações) apresentam sugestões de estratégias que visam assegurar a aprendizagem do conteúdo de eletroquímica, assim evidenciam uma preocupação com ensino deste tema junto aos estudantes, tanto em relação a educação básica quanto a educação superior (graduação).

Durante a leitura geral observa-se o apontamento de inúmeras dificuldades relacionadas ao ensino do tema eletroquímica, e a química em geral, como questões relacionadas com o espaço físico, adequação do ambiente, materiais permanentes ou de consumo para experimentos, carga horária tanto do educador quanto da disciplina, as questões pedagógicas como material didático e a motivação pessoal do educador e do estudante.

Com relação ao conteúdo de eletroquímica no ensino médio nos deparamos com diversos desafios tanto ao aluno quanto ao professor, sendo as principais dificuldades relacionadas com a compreensão do conceito da oxidação e da redução, a identificação do ânodo e cátodo, a função da ponte salina, as células eletrolíticas, a polaridade e a força eletromotriz dentre outros conteúdos como os conceitos básicos de eletricidade, desde do processo de eletrização a convenção de da polaridade (polos negativo e positivo). E ainda destacamos as dificuldades em relacionarmos à quantidade de matéria, a constante de Avogadro com a eletroquímica (SILVA JR et al., 2012).

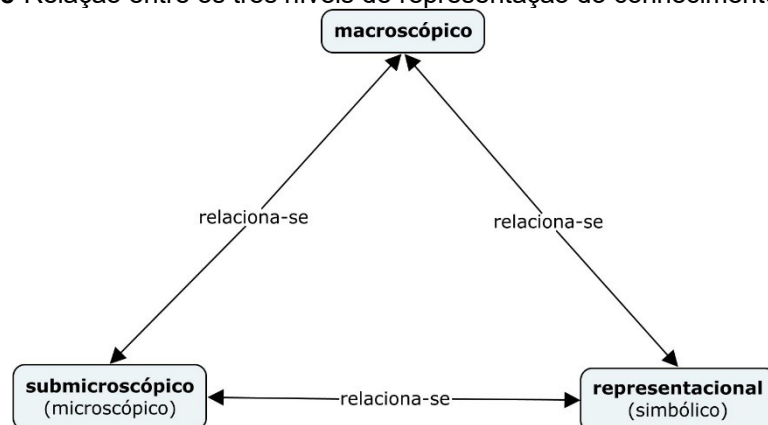
Diante destes desafios, exploramos temas que consideramos importantes na articulação do ensino de química e desenvolvimento do produto educacional proposto, presente no apêndice desta dissertação.

## NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO

No ensino de Química, observamos um déficit na aprendizagem, seja em pré-requisitos ou no próprio conteúdo abordado pelo educador junto aos estudantes. Segundo Johnstone (2000), tais dificuldades no ensino podem estar relacionadas à abordagem utilizada para estabelecer as interações entre os níveis de conhecimento, sejam estes o macroscópico, o microscópico (ou submicroscópico) e o representacional (ou simbólico).

Em Química é consenso que o nível macroscópico se refere aos fenômenos e processos químicos, ou seja, ao que é observado ou perceptível para o ser humano (perspectiva do visível); Já o nível microscópico corresponde aos acontecimentos não visíveis (invisíveis) que ocorrem nos fenômenos e nos processos químicos, como os movimentos das partículas, a energia ou mesmo os arranjos de moléculas, átomos e partículas. Como necessitamos representar os fenômenos e processos visíveis e invisível, e simultaneamente difundir este conhecimento com clareza, empregamos em Química a linguagem escrita por fórmulas, equações, estruturas, gráficos entre outros, denominada de nível representacional (PAULETTI, ROSA; CATELLI, 2014). A relação entre os níveis de conhecimento está ilustrada na Figura 8.

**Figura 8-**Relação entre os três níveis de representação do conhecimento químico



Fonte: WARTHA; FILHO GUZZI; JESUS (2012, p. 56) – Adaptação

Conforme destacado de Johnstone ao abordar os conteúdos ou temas, o educador deve promover a interação entre os diferentes níveis de conhecimento, de

forma organizada e sistematizada para que estejam relacionados entre si no processo de ensino, proporcionando ao jovem aprendiz a compreensão do conteúdo ou do tema estudado. É interessante comentar que, uma vez que os níveis microscópico e representacional exigem maior abstração por parte dos estudantes, sendo sugerido abordar tais conceitos a partir de um fato ou de um acontecimento real “para ajudar o aluno a organizar suas ideias e a integrá-las conectando os níveis de conhecimento químico” (WARTHA; FILHO GUZZI; JESUS, 2012, p. 56).

Muitas vezes os educadores, abordam os conteúdos a partir da região central do triângulo dos níveis de representação do conhecimento químico (Figura 8), abordando simultaneamente os três níveis de conhecimento, sem que haja uma distinção de cada um deles por parte dos estudantes, o que pode ocasionar uma “sobrecarga na memória de trabalho”, e o acúmulo destas informações compromete o processo de aprendizagem (MELO e SILVA, 2019).

Neste sentido, Mayara e Roberto (2019) indicam que no processo de ensino de Química, os educadores obteriam melhores resultados abordando os conteúdo ou temas a partir dos vértices do triângulo dos níveis de representação do conhecimento químico (figura 8), ou seja, relacionando-se os níveis gradativamente, por exemplo partindo pela abordagem do macroscópico ao submicroscópico ou ao representacional e vice-versa, mas sempre promovendo a integração dos três níveis, proporcionando para assim maior assimilação dos conceitos, logo a aprendizagem.

## **CONTEXTUALIZAÇÃO**

A partir da abordagem proposta por Johnstone de iniciar a discussão e o estudo dos conteúdos por acontecimentos, fatos ou situações reais e relacioná-los entre os níveis de representação (macroscópico, submicroscópico e representacional), a contextualização assume um papel significativo no processo de aprendizagem e favorece o processo de ensino, pois aproxima os conteúdos à realidade vivenciada pelo aluno.

A contextualização segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) corresponde a:

“...contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas”(BRASIL, 2018, p. 16).

Para que a contextualização seja eficiente, o educador deve conhecer o contexto socioeconômico e cultural de inserção dos estudantes, favorecendo a reflexão sobre como contextualizar o tema a ser estudado. (BRASIL, 2018, p. 399). Para tanto, inicialmente devemos refletir sobre os estudantes e encontrar um ponto de equilíbrio entre as realidades envolvidas, assim a contextualização contribuirá na meta de aproximar o conteúdo da vida real do estudante, tendo potencial significativo para os alunos. Por exemplo, caso os estudantes sejam de assentamentos rurais, poderíamos abordar os conteúdos através de situações cotidianas, como o manejo ou alimentação do gado, da produção de leite e queijo ou ainda do acesso à água ou água potável. Entretanto, se a turma não for composta exclusivamente de alunos de assentamentos rurais é possível que tal abordagem não tenha significado para estes outros estudantes. Nesse sentido, o processo de contextualização deve “superar a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas”, deve valorizar a aplicação do conhecimento tanto nas atividades individuais ou coletivas como no mundo do trabalho, favorecendo o protagonismo dos estudantes (BRASIL, 2018, p. 549).

Ao valorizar as vivências e experiências dos estudantes favorecemos a interação entre o currículo escolar e a vida do aprendiz, de modo que os conhecimentos científicos não são fatos isolados, mas meios para pensar e agir sobre o mundo natural e social. Porém o contexto deve apresentar um “significado estrutural coerente para algo novo”, ampliando sua perspectiva, por exemplo quando os estudantes atribuem significado à aprendizagem de Química, reconhecem sua relevância em diversos aspectos de suas vidas (OLIVEIRA et al., 2020, p. 2), e está em consonância com a visão presente na BNCC sobre a contextualização e o contexto:

... a importância da contextualização do conhecimento escolar, para a ideia de que essas práticas derivam de situações da vida social e, ao mesmo tempo, precisam ser situadas em contextos significativos para os estudantes. (BRASIL, 2018, p. 84).

Em relação à contextualização, a BNCC sugere discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico em nossa sociedade, visto as influências na “organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural”. Portanto, como o conhecimento interfere diretamente em nosso modo e qualidade de vida, tecnologias disponíveis, desigualdade social e sustentabilidade,

ao contextualizar o conteúdo o educador deve analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade (incluindo questões sociais históricas e culturais) e ambiente (BRASIL, 2018, p. 549)

A BNCC ainda destaca que o aspecto histórico não se limita apenas às datas históricas ou aos nomes dos cientistas, mas em quais condições o conhecimento científico fora construído, como era a sociedade da época, quais as contradições e os impasses enfrentados, influência de questões econômicas, sociais do período, dentre outras. Um exemplo que podemos citar é a relação entre a Revolução Industrial com o estudo dos gases, com as máquinas a vapor, destacando relação com o aspecto econômico, a mudança da definição da Química Orgânica impulsionada pela síntese de Wöhler desencadeando a “queda a teoria da força vital”. Também durante a revolução industrial, destacando a questão cultural ou ainda o estudo do estado de oxidação que surgiu com a necessidade do domínio da metalurgia.

Ainda que seja de grande importância e preconizada pela BNCC, Maffi et al. (2019, p. 78) destacam que “a contextualização tem sido pouco utilizada nas salas de aula brasileiras e, quando utilizada, serve apenas como um complemento ao conteúdo estudado”, indicando que conhecer a realidade de nossos alunos (comunidade, perfil social) “não é tarefa fácil”. Além disto, não basta a vontade pessoal de conhecer o perfil da turma, é necessário também melhoria da qualificação profissional, através das formações continuadas, que em geral são ofertadas pelas redes de ensino no modelo presencial ou a distância, no setor público ou privado. Isto porque o preparo de material didático com a contextualização e as relações adequadas demanda tempo para o planejamento e rigor no desenvolvimento. Além disto, o ato de planejar as atividades exigem maior reflexão e empenho por parte dos educadores para contribuir positivamente no processo de ensino, na reflexão de situações-problemas, na valorização das vivências e experiências dos estudantes, mas estas questões ainda precisam ser melhor refletidas no país (BRASIL, 2018).

## PROTAGONISMO DO ESTUDANTE

Segundo a BNCC, a abordagem interdisciplinar poderá contribuir na superação da fragmentação do conhecimento, juntamente a contextualização dentro das áreas do conhecimento, objetivando que o estudante conclua a educação básica, superando a visão de “conteúdos abstratos e descontextualizados” sem relação com seu cotidiano, tornando o conhecimento relevante para sua formação e atuação na sociedade(BRASIL, 2019b, p. 7).

No entanto para conseguirmos articularmos as abordagens interdisciplinares, em primeiro momento deve ocorrer conexão entre as disciplinas e as disciplinas complementares, a saber, as disciplinas de física e biologia (CNT), para assim estabelecer um diálogo sólido entre os educadores que ministram a disciplina, no intuito de obter as primeiras parcerias, visto que a formação acadêmica ou continuada da maioria de nós, educadores conta com uma abordagem aprofundada nesta questão. Logo, gradativamente as instituições de ensino superior devem se adequar a proposta como propõe a Base Nacional Comum Curricular,(BRASIL (2018):

“Assim, a BNCC propõe a superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento, o estímulo à sua aplicação na vida real, à importância do contexto para dar sentido ao que se aprende e o protagonismo do estudante em sua aprendizagem e na construção de seu projeto de vida” (BRASIL, 2018, p. 15).

A BNCC ao enfatizar além da contextualização e o diálogo interdisciplinar, destaca-se o protagonismo do estudante, reforçando assim uma das funções centrais das unidades de ensino, a orientação, o preparo dos estudantes para os desafios da sociedade, valorizando o olhar do estudante para fora, para a sua contribuição na vida familiar e comunitária. Mas indiretamente solicita-se ou exige-se do educador o planejamento de ações que promovam este protagonismo em sua prática educacional, abrindo possibilidade de ações individuais, priorizando ações e atividades pedagógicas que estimulem a atividade colaborativa e participativa no contexto escolar.

Quando planejamos as atividades de sala na perspectiva colaborativa e participativa, incluímos outras práticas além das aulas expositivas, abrindo possibilidade de maior interação com estudante, reduzindo barreiras e estimulando a aprendizagem, visto que o estudante possa sentir participante do processo, com o

senso de pertencimento, ocasionando maior interação, entre os envolvimento e potencializando os resultados da aprendizagem. Sendo assim, um momento para o engrandecimento pessoal durante o processo de aprendizagem.

Neste cenário o emprego de diversos recursos pedagógicos se faz necessários, pois diversificação poderá estimular ou contribuir no protagonismo dos estudantes, podendo destacar as metodologias ativas, o emprego dos recursos tecnológicos como as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) ou as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs), as atividades experimentais dentre outras. Porém os empregos destes recursos estão condicionados à disposição dos educadores, e das condições da unidade escolar (espaço e material) e a clientela. Observa-se ainda a questão da recomposição da aprendizagem, pós-pandemia (covid-19) é salutar para que os estudantes possam assumir seu papel de protagonismo nesta recomposição, uma vez que a diversificação das atividades poderá auxiliá-los tanto na aprendizagem quanto no protagonismo. Observa-se que segundo Ausubel, o aprendiz deve estar receptível, por isso promover o diálogo e o sentimento de pertencimentos torna se essencial.

## **ROTEIROS EDUCACIONAIS**

Na expectativa de abordar o conteúdo de eletroquímica integrando a atividade experimental, temos a possibilidade de relacionar e dialogar entre os conteúdos de eletricidade (noções gerais), quantidade de matéria e constante de Avogadro respectivamente das áreas da física e química. Diálogo sugerido na BNCC entre as áreas de conhecimento, e assim estreitar os laços entre as disciplinas com a possibilidade de atividades futuras de caráter interdisciplinaridade ou transdisciplinar visando uma aprendizagem eficaz e significativa (BRASIL, 2019b).

Diante da situação atípica de pandemia (covid-19), diversas incertezas foram geradas em seu auge, como: continuidade das aulas remotas, a eficácia do sistema híbrido etc. Mas superamos estas incertezas e vivemos um novo desafio a recomposição da aprendizagem.

Neste cenário o produto deverá proporcionar ao educador um subsídio, contendo material auxiliar ao educador e meios para que o estudante possa estudar seguindo uma proposta direcionada, visto que a atividades possa ser realizada em sala de aula ou em outro ambiente, apresentando orientações detalhadas para

utilização tanto pelo professor quanto estudante ou um roteiro de atividade experimental com outros materiais de apoio que possam contribuir no processo de aprendizagem, similar ao roteiro de aprendizagem, semelhante a uma sequência didática, segundo Farias (2019).

“...é um instrumento elaborado de forma intencional e planejada pelo professor a fim de orientar o estudo dos alunos. Os roteiros favorecem o engajamento e autonomia dos estudantes, além de contribuir para que os mesmos desenvolvam estratégias de sistematização de estudo para alcançar os objetivos de aprendizagem propostos pelo professor. (FARIAS, 2019, p. 109)

Assim os roteiros educacionais podem contribuir na aprendizagem dos estudantes tanto em sala de aula quanto em outros momentos de estudo. Podendo ser empregado como material complementar de estudo ou em ações de recomposição da aprendizagem.

### **E-BOOK: LIVRO DIGITAL**

Com a meta inicial de facilitar o acesso, a distribuição produto educacional aos educadores e assim abranger também o acesso aos estudantes optamos em apresentar o material didático no formato de *e-book* (livro eletrônico). Ao refletirmos sobre as vantagens e desvantagens neste formato observamos a possibilidade da inserção de hipertextos e de hiperlinks superando a visão inicial sobre o *e-book*, que surge em 1971 quando Michael Hart digitalizou e distribuiu o primeiro livro no formato de arquivo eletrônico (LEBERT, 2009).

Dentre as possibilidades do *e-book* nos deparamos com a diversidade de formas para a leitura destes equipamentos específicos os *e-readers* (Kindle, Kobo e outros) a utilização de *smartphones*, *tablets*, microcomputadores ou *notebook* com *softwares* adequados (Calibre, Kindle e outros).

Sendo assim, a utilização do livro digital é versátil, mas surge a questão do formato de arquivo, para garantir o acesso ao arquivo do *e-book* nos diversos dispositivos com a utilização de um software livre e aberto. Dentre os formatos empregados destacamos:

- ✓ *Electronic Publication (ePUB)*, formato de arquivo digital padrão, específico para *e-books*;

✓ *Portable document format (PDF)*, formato de arquivo digital difundido no meio comercial e educacional, em geral empregado em *e-books* básicos com poucos recursos, mas possibilita o emprego do hipertexto.

No entanto visto a facilidade de leitura dos arquivos no formato *PDF* nas unidades escolares frente ao formato *ePub*, já em geral os equipamentos de informática presentes nas salas de tecnologias educacionais nas unidades escolares apresenta leitores de *PDF* (instalados), inclusive os *tablets*, *notebooks* ou *smartphones*. Ainda contamos com os navegadores de Internet que também realizam a leitura deste formato, favorecendo o acesso aos produtos educacionais tanto em equipamentos simples quanto nos mais sofisticados, tornando-se prático visto a realidade das unidades escolares quanto quesito, equipamentos de informática.

Os livros eletrônicos com visto apresentam aspectos positivos, mas há aspectos negativos ou desvantagens, Azevedo (2012) destaca no Quadro 4, aspectos importantes sobre os *e-books*.

**Quadro 4**-Resumos dos aspectos positivos e negativos referente aos *E-books*

<b>ASPECTOS POSITIVOS</b>	<b>ASPECTOS NEGATIVOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de <i>download</i> através da Internet;</li> <li>• Armazenamento de vários livros num único dispositivo;</li> <li>• A edição, a divulgação e o acesso aos livros digitais podem atingir um maior público, sendo abrangente;</li> <li>• Podem ser acessados em múltiplos dispositivos e plataformas;</li> <li>• Apresenta mecanismos de busca de “termos ou palavras”, em geral rápido e eficaz;</li> <li>• Alguns permitem a interatividade e a utilização de recursos multimédia;</li> <li>• Permitem a utilização de links internos e externos (para sites externos) para a consultas de materiais (hipertexto).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura mais lenta e cansativa;</li> <li>• Grande quantidade de livros sem recursos multimédia;</li> <li>• Pouca divulgação de exemplares disponíveis;</li> <li>• Dispositivos específicos de leitura com valores ainda elevado;</li> <li>• Fontes e contrastes inadequados ou deficientes na qualidade.</li> </ul>

Fonte: AZEVEDO (2012, p. 33 e 36)- Adaptação

Assim apesar dos aspectos negativos, os pontos elencados como positivos favorecem a utilizados deste recurso, visto meta de disponibilização e acesso do material didático, e a possibilidade de utilização de hipertexto.

## ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Como já destacado a diversificação das atividades pedagógicas contribui tanto para o aprendizado quanto para o protagonismo do estudante, dentre as possíveis atividades, temos a atividade experimental que oportuniza a mudança na rotina do aluno e do educador, já que, em geral as aulas têm caráter expositivas ocorrendo com utilização do livro didático. Com a alternância das metodologias ou atividades de sala de aula possibilitam o “maior envolvimento dos alunos, despertando-lhes curiosidades que os estimulem ao estudo e à compreensão dos conhecimentos químicos” (LIMA e ALVES, 2016, p. 435).

Porém a mudança da rotina em sala de aula torna-se significativa quando ocorre de forma planejada, deve haver metas claras, no caso das atividades experimentais, os cuidados devem ser acentuados, conforme os materiais e reagentes empregados, tendo em vista os cuidados com a segurança dos alunos e professor. Logo, no planejamento há necessidade de reflexão sobre questões como o objetivo, a organização, os cuidados e segurança no desenvolvimento e o descarte de resíduo. Talvez estas questões associadas com o quantitativo de alunos, os materiais necessários para desenvolver a experimentação, o espaço físico (laboratório) ou a dificuldade de reprodução de alguns experimentos, em virtude da descrição nos roteiros da atividade, podem desmotivar a utilização deste recurso pedagógico na prática escolar, principalmente na educação básica da rede pública de ensino.

Assim a questão experimental sempre nos leva a questionamentos, segundo Giani (2010) alguns cuidados devem serem observadas para que a atividade experimental possa ser eficaz, contribuindo na formação do estudante, como:

- ✓ A “visão simplista a respeito da experimentação” onde a atividades experimentais consiste em apenas demonstrar teoria ou leis, perdendo a oportunidade de provocar questionamentos, de contextualizar os conceitos ou promover a participação ativa do estudante;

- ✓ A “dicotomia teoria e prática” ocorre quando a atividade experimental encontra desconectada com os conteúdos ministrada, neste caso a prática e teoria não se completam, dificultando entendimento dos conceitos envolvidos e reduzindo o tempo de abordagem do conteúdo.

Ainda nos deparamos com outras situações como à carga horária reduzida de aulas de química no ensino médio regular em nosso estado, a saber: duas horas aulas por semana nas turmas de 1º e 2º ano e uma hora aula na turma de 3º ano, sendo necessário avaliar o tempo necessário para a atividade experimental e otimizá-la quando necessário ou possível sem perder as metas planejadas.

Ainda neste cenário observa-se a falta do espaço físico adequado (laboratório), equipamentos, reagentes, vidrarias e profissionais de apoio, que possa auxiliar antes e após a execução do experimento, preparo e organização. Em alguns casos, dependendo da atividade a ser desenvolvida, está poderá ser realizá-la em sala de aula. Porém surge outros desafios como assegurar a qualidade, a segurança, mesmo neste ambiente desfavorável, podemos obter bons resultados desde que haja compromisso com a mudança, visto que atividade em sala de aula poderá ocorrer sem problemas. Desde que o planejamento leve em conta o espaço a serem utilizado, os materiais disponíveis (fácil acesso e custo) e a segurança na execução do experimento, portanto a atividade não perderá a qualidade, mas terá suas limitações.

Ao refletir sobre as atividades experimentais na área de ensino básico não deve estar associada a “grandes” experimentos com equipamentos sofisticado, mas a atividades que possibilitem um experimento simples e adequado ao conteúdo ou projeto desenvolvido. Para Catelan e Rinaldi (2018, p. 314) os experimentos simples podem ser realizados em sala de aula ou em outros ambientes escolares, “com materiais do dia a dia”, proporcionando descobertas importantes com base na troca de experiências, no diálogo e discussão entorno do experimento, estes associados a interação de conceitos através da mediação do educador e da participação ativa dos estudantes.

Assim as atividades experimentais podem apresentar potencial significativo quando promovem a análise dos fenômenos, a reflexão dos resultados, associando aos conhecimentos científicos, integrando ou associando as aulas teóricas e as atividades experimentais. Porém pode ocorrer uma sobrecarga de trabalho, Catelan e Rinaldi (2018) ainda destacam que:

“As atividades experimentais, sozinhas, não resolvem os problemas do ensino e aprendizagem, estas devem ser trabalhadas em conjunto com outras metodologias, nas quais o professor deverá ser o mediador e o estimulador dos aprendizes, instigando-os a pensar e a agir durante o desenvolvimento das atividades experimentais. Assim, o professor poderá propiciar uma Aprendizagem Significativa, pois, na interação, ele considera

seus aprendizes como pessoas que sentem, pensam e agem, condição primordial para promover o engrandecimento humano. Longe de se ter a prerrogativa de afirmar que as atividades experimentais são única forma de propiciar a construção conceitual, mas ela é mais uma ferramenta útil para potencializar uma aprendizagem mais eficaz e significativa”(CATELAN e RINALDI, 2018, p. 319).

Com base no exposto ressalta-se que as atividades experimentais serão ferramentas ou recursos educacionais eficientes quando planejadas com coerência, proporcionando momentos de discussão, de contextualização e reflexão do cotidiano. Reforçamos a contribuição do educador na mediação do processo de aprendizagem, na criação de “condições de aprendizagem, por meio de práticas pedagógicas planejadas”, contribuindo assim também com questionamentos e argumentações visando os objetivos propostos, estes definidos e compatíveis com os aspectos cognitivos dos estudantes (FARIAS e BORTOLANZA, 2013, p. 105).

### **3.3. EXPERIMENTO DE DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO**

#### **ALGUNS APONTAMENTOS SOBRE SUA HISTÓRIA.**

Ao propor o experimento visando a Constante de Avogadro ( $N_A$ ), visamos a determinação de seu valor numérico da constante para fins didáticos, mas destacamos sua importante relação entre as observações macroscópicas com as microscópicas da matéria, sendo empregada diretamente ou indiretamente na rotina dos químicos inclusive em sala de aula quando abordamos assuntos como concentração, balanceamento, quantidade de matéria e eletroquímica (eletrólise e Leis de Faraday) dentre outros.

A hipótese de Avogadro surge em meio a controvérsia entre as observações Gay-Lussac (leis volumétricas) diante da teoria atômica de Dalton, situação ocasionada pois, não consideravam a possibilidade de moléculas diatômicas para as substâncias elementar simples, como compreendemos hoje. Situação descrita por Lobato (2020) :

“...em 1810, “as leis volumétricas” de Gay-Lussac, interpretadas por meio das ideias de Dalton e tendo como pressuposto que todos os gases possuem o mesmo número de átomos em um dado volume, traziam grandes problemas para a teoria atômica de Dalton”(LOBATO, 2020, p. 1357).

Porem com publicação de Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856) em 1811, do “Ensaio sobre uma maneira de determinar as massas relativas das moléculas elementares dos Corpos, e as proporções nas quais elas participam

nestes compostos” publicado no *Journal de Physique*, apresenta a hipótese que “...o número de moléculas integrais em qualquer gás é sempre o mesmo para volumes iguais, ou sempre proporcional a seus volumes”(LOBATO, 2020, p. 1357).

Porém as observações de Avogadro, que poderia conciliar as ideias de Dalton e Gay-Lussac, e possibilitar a diferenciação entre átomo e molécula, a partir da aceitação conceito da molécula diatômica (molécula constituinte), não ocorreu naquele momento. Anos após a publicação das hipóteses, e em 1811 o pesquisador André M. Ampère (1775-1836) apresenta uma hipótese similar, a do “mesmo volume-mesmo número”, também sem aceitação em sua época (CHAGAS, 2011, p. 8).

Anos após a morte de Avogadro, suas observações sobre “a constante e a questão das substâncias simples poderem ser formadas por moléculas poliatômicas” começaram a serem aceitas por intermédio dos trabalhos de Stanilau Cannizzaro (1826-1910), que retomou as ideias de Avogadro para distinguir conceito de átomo e molécula, e ainda defendendo o peso atômico nos cálculos estequiométricos durante o Congresso de Karlsruhe na Alemanha nos anos de 1860 (OKI, 2009, p. 1077).

A partir deste momento temos as primeiras tentativas de determinação da constante ocorrem através de Johann Joseph Loschmidt (1821-1895), porém apenas no começo do século XX, com Jean Perrin (1870-1942), temos os primeiros resultados da determinação da constante, publicadas no Livro “*Les Atomes*” na 1ª edição em 1913 em seguida na 9ª edição em 1924, já apresentava mais de 10 meios empregado para calcular a constante de Avogadro, obtendo valores médios entre 66 e 63 x10<sup>22</sup> unidades, valores próximo do atual de 6,02214076 × 10<sup>23</sup>, que determina a unidade de medida de quantidade de matéria, o mol, conforme definição da IUPAC. Na sequência a Tabela 1, que expressa os valores e técnicas descritos Jean Perrin entre a 1ª a 9ª edição de “*Les Atomes*” (CHAGAS, 2003, p. 37).

**Tabela 1**-Valores da constante de Avogadro,  $N_A$ : 1ª e 9ª edições de “Les Atomes”

Fenômeno observado*	“1ª” $N_A/10^{22}$	“9ª” $N_A/10^{22}$
Viscosidade de gases (teoria cinética, eq. Van der Waals)	62	62(?)
<i>Repartição vertical de grãos (emulsão diluída)</i>	68,3	68
Idem concentrada	-	60
Movimento browniano:		
<i>Deslocamentos</i>	68,8	64
Rotações	65	65
Difusão	69	69
Flutuação de densidade em emulsões concentradas	-	60
Opalescência crítica	75	75
Azul do céu	60(?)	65
<i>Difusão da luz no argônio</i>	-	69
<i>Espectro do corpo negro</i>	64	61
Carga de partículas microscópicas	68	61
Radioatividade:		
<i>Cargas projetadas</i>	62,5	62
<i>Hélio produzido</i>	64	66
Rádio decomposto	71	64
Energia irradiada	60	60

Legenda: A coluna 1 refere-se ao fenômeno através do qual se determinou a constante, a coluna 2 ao valor de  $N_A$  que aparece na 1ª ed. (1913) e coluna 3 ao valor de  $N_A$  que aparece na 9ª ed. (1924).

Note-se que, nesta última, foram acrescentados dois métodos

Fonte: CHAGAS (2003, p. 37) – Adaptação

A apresentação dos valores numéricos da constante de Avogadro, presentes nas edições do Livro “Les Atomes”, nos indica a preocupação com a qualidade do experimento, com o rigor experimental e o emprego de diversos meios, segundo Muniz (2022, p. 27), Jean Perrin utilizou o conceito de “equilíbrio de sedimentação de partículas coloidais dispersas em água e o movimento Browniano, os quais mostram de forma convincente a existência de átomos e moléculas” resultando nos primeiros resultados.

Ao refletirmos sobre a determinação da constante de Avogadro que possa ser realizada com estudantes do ensino médio da educação básica de fácil execução, compreensão, reprodutividade e empregando material de baixo custo e fácil acesso com possibilidade de envolver o conteúdo de eletroquímica obtivemos através da pesquisa duas técnicas, a eletrodeposição e a eletrólise da água.

Diante do quesito material de fácil acesso e custo, já que a técnica eletrodeposição requer mais tempo para execução e equipamentos, optamos pela técnica de eletrólise da água, podendo ser realizada em meio ácido ou básico diluído.

## EXPERIMENTO - VISÃO GERAL

Assim relata-se uma visão geral do processo de determinação da constante de Avogadro por meio da técnica de eletrólise.

Para a determinação utiliza-se a primeira lei de Faraday, podendo ser expressa pela “massa de uma substância depositada ou liberada durante a eletrólise, é diretamente proporcional à quantidade de eletricidade que atravessa a célula eletrolítica.” Sendo equacionada por  $Q = i \times t$  (1) e apresentando as variáveis, a carga elétrica ( $Q$ ), a corrente elétrica ( $i$ ) e o tempo ( $t$ ), sendo a carga elétrica medida em “coulomb (C)”, tempo em “segundos (s)” e a corrente elétrica em “ampere (A)” que corresponde a relação entre carga elétrica (C) e tempo(s) utilizando as unidades de medida indicadas pelo sistema internacional de medida (S.I).

Ressalta-se os fenômenos químicos e físicos observados, inclusive os elétricos eram explicados em outros termos e ao longo do tempo devido as pesquisas e acordos científicos, incluindo conceitos como elétrons, carga elétrica elementar ou estrutura atômica. Assim, os enunciados para as Leis da Eletrólise eram diferentes dos empregados atualmente. Com observado por Santos, Porto e Kiouranais (2020) :

Faraday indicou implicações desse experimento, sugerindo o caminho para a formulação posterior da primeira Lei da Eletrólise: “[...] para esse caso de decomposição eletroquímica, e provavelmente para todos os casos, a força química, assim como a força magnética, é diretamente proporcional à quantidade absoluta de eletricidade que passa” (Faraday, 1839, p. 107, §377, tradução nossa). Em um enunciado moderno, a primeira Lei da Eletrólise expressa que a massa da substância formada em um eletrodo é diretamente proporcional à quantidade de eletricidade que passa pelo sistema eletrolítico (SANTOS; PORTO; KIOURANIS, 2020, p. 330)

Após obter a carga elétrica,  $Q$ , é possível determinar o número de elétrons ( $Ne$ ) associado ao processo eletrolítico, empregando  $Q = Ne \cdot |e^-|$  (2), onde  $e^-$ , corresponde a carga elementar do elétron ( $e^- = 1,6 \times 10^{-19}$  C).

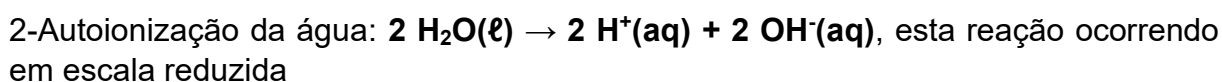
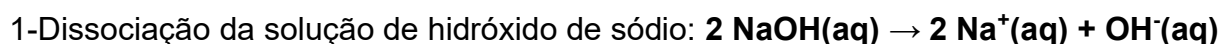
A partir da descrição de Faraday pode-se determinar a quantidade de elétrons envolvida no processo (massa depositada ou liberada durante) de eletrólise, associando ao número de mols ( $n$ ) de elétrons, através da relação entre números de elétrons e quantidade de mols de elétrons. Considerando por exemplo um processo genérico como a redução de íon  $M^{+x}$  sendo representada pela semirreação:



Portanto, resultante a redução de  $M^{+x}(aq)$  para  $M(s)$  nos permite calcular a quantidade de matéria de  $M(s)$  formado e depositado no catodo empregando a estequiometria.

Já como os valores obtidos de número de elétrons ( $Ne^-$ ), o número de mols de elétrons ( $ne^-$ ) obtemos constante de Avogadro por meio do produto destes valores, utilizando  $Ne^- = N_A \cdot ne^-$  (3) onde  $N_A$  refere-se ao valor numérico da constante de Avogadro.

Em nosso caso a determinação da constante emprega uma solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L, logo no processo de eletrólise temos:



Durante o processo reacional haverá competição entre os íons de mesma carga para a descarga nos eletrodos, competição que depende das características relacionadas à oxidação e à redução de cada espécie. Além de fatores cinéticos e às concentrações de cada espécie (OLIVEIRA; JR. SCHLÜNZEN; SCHLÜNZEN, 2013).

Nesta situação verifica-se quais íons participam ativamente na eletrólise, seguindo a ordem de descarga (Figura 9) obtida por meio de dados experimentais, sendo comum seu emprego no ensino médio.

**Figura 9-Ordem de descarga de íons**

H <sup>+</sup>	
ANTES	DEPOIS
<b>ORDEM DE DESCARGA</b>	
todos os cátions, exceto alcalinos, alcalinos-terrosos e Al <sup>3+</sup>	Alcalinos, alcalinos-terrosos e Al <sup>3+</sup>

OH <sup>-</sup>	
ANTES	DEPOIS
<b>ORDEM DE DESCARGA</b>	
Não-oxigenados (Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , etc), exceto F <sup>-</sup>	oxigenados (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , etc), exceto HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> e R-COO <sup>-</sup>

Fonte: MORA e SIHVENGER (2006, p. 242)

Portanto obtemos as prioridades de descarga:

- ✓ H<sup>+</sup> > Na<sup>+</sup>
- ✓ OH<sup>-</sup>(base) > OH<sup>-</sup>(água)

Mas também podemos obter a partir da comparação dos potenciais padrão de redução das espécies.

Mas também podemos obter a partir da comparação dos potenciais padrão de redução das espécies, Tabela 2.

**Tabela 2**-Tabela 2-Valores do potencial de redução padrão (algumas reações)

Par	$E^{\circ}/V$
$Ce^{4+}(aq) + e^{-} + Ce^{3+}(aq)$	+1,61
$Cu^{2+}(aq) + 2 e^{-} + Cu(s)$	+0,34
$H^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow \frac{1}{2} H_2(g)$	0
$AgCl(s) + e^{-} \rightarrow Ag(s) + Cl^{-}(aq)$	+0,22
$Zn^{2+}(aq) + 2 e^{-} \rightarrow Zn(s)$	-0,76
$Na^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow Na(s)$	-2,71

Fonte: ATKINS e PAULA (2017, p. 267)-versão online

Em relação as espécies químicas, no meio aquoso,  $H^{+}$  e  $Na^{+}$ , com base na tabela de potencial, vemos que  $E_{red, H^{+}}^0 = 0 V$  e que  $E_{red, Na^{+}}^0 = -2,71 V$ , ou seja, o  $E_{red, H^{+}}^0 > E_{red, Na^{+}}^0$  o que também indica que os íons  $H^{+}$  terão preferência para sofrer a redução, em comparação aos íons  $Na^{+}$ . Como apresentado no Quadro 5.

**Quadro 5**-Determinação da prioridade dos cátions em solução eletrolítica

$Na^{+}(aq) + e^{-} \rightarrow Na(s)$ $E_{red}:-2,71 V$
$2 H^{+}(aq) + 2 e^{-} \rightarrow H_2(g)$ $E_{red}: 0 V$
Favorecendo íon $H^{+}$

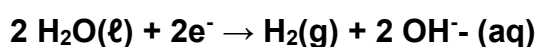
Fonte: O autor (2022)

Em relação as espécies químicas, no meio aquoso,  $OH^{-}$ (base) e  $OH^{-}$  (água), pode-se analisar em função da quantidade disponibilizada, sendo a principal fonte de  $OH^{-}$  refere-se à dissociação da base em relação a quantidade liberada pela autoionização da água.

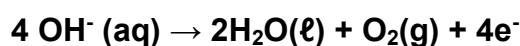
Portanto obtém-se as mesmas prioridades de descarga em relação à proposta pelo diagrama de ordem de descarga (Figura 9), mas sugerimos o emprego da comparação dos potenciais de redução / oxidação, visto a confiabilidade dos dados.

Assim teremos as semirreações de oxidação e redução balanceadas.

Semirreação catódica:



Semirreação anódica:



Realizando a soma das semirreações obteremos a equação global:



Portando a equação global do processo de eletrólise empregado no experimento para a determinação da Constante de Avogadro

## 4. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para responder à questão básica desta pesquisa, a saber: Quais as contribuições do produto educacional (*e-book*) para aprendizagem da determinação da constante de Avogadro por meio da eletrólise da água, elaborado segundo o referencial teórico de Ausubel e Novak, na avaliação de professores do ensino médio?

Trata-se de uma pesquisa qualitativa de caráter aplicado e que envolveu duas etapas: o desenvolvimento do material didático e a avaliação do *e-book* produzido.

### 4.1. DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL DIDÁTICO

#### OTIMIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O material didático desenvolvido teve por princípio o artigo publicado de Gerson de Souza Mól, Geraldo A. Luzes Ferreira, Roberto Ribeiro da Silva e Hércules F. Laranja na Revista Química Nova na Escola “Constante de Avogadro: É simples determiná-la em sala de aula” de maio de 1996. Segundo este artigo os estudantes no 2º ano do ensino médio, determinaram valor numérico da Constante entorno de “ $5,9 \pm 0,9 \times 10^{23}$ ” sendo assim os valores estariam entre  $5,0$  e  $6,8 \times 10^{23}$  em relação ao valor  $6,02 \times 10^{23}$  referência observada nas publicações destinada ao ensino médio (MÓL et al., 1996, p. 53).

Com base na observação na faixa de erro no artigo de referência, propomos a otimização do experimento visando sua redução desta margem de erro. A otimização ocorreu através de substituição da solução eletrolítica, das seringas por provetas e do emprego por fonte AC/DC ao invés de baterias ou pilhas, conforme o quadro 6.

**Quadro 6**-Itens substituído no experimento de referência.

Solução Eletrolítica		Fonte de Energia	
Utilizada	Substituída por	Utilizada	Substituída por
NaOH 0,25 mol/L	NaOH 0,1 mol/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 mol/L	Bateria 6 V ou 4 pilha 1,5 V	Fonte bivolt AC/DC: 9V ou 12V

Eletrodo			
Utilizada	Substituída por	Utilizado	Substituída por
Seringa de injeção 5 mL	Proveta vidro 50 mL	fio de cobre 2,5mm <sup>2</sup>	fio de cobre* 2,5; 4,0 e 6,0 mm <sup>2</sup>

\*Fios de cobre tipos flexível e sólido

Fonte: O autor (2022)

Para se determinar as melhores condições para execução do experimento realizou-se diversos ensaios envolvendo as substituições propostas, assim determinamos as melhores condições para o experimento.

Em seguida realiza-se repetições dos ensaios experimentais visando observar a reprodutividade dos resultados do experimento nas condições consideradas ótimas.

## ELABORAÇÃO DO ROTEIRO EXPERIMENTAL

Com base nas observações dos ensaios realizados, tendo em vista a questão reprodutividade, da segurança e cuidados com o experimento e no artigo de referência elaborou-se o roteiro experimental.

No roteiro apresenta-se a montagem experimental, os cuidados tanto com o experimento quanto no descarte dos resíduos.

Para determinação da constante de Avogadro coleta-se as informações referente a temperatura da solução, pressão atmosférica e corrente elétrica em intervalos de tempo até obter o volume de 5 mL de gás hidrogênio, a marcação deste volume na proveta, utilizou-se uma pipeta volumétrica (graduada), com estas informações e os devidos ajustes nas unidades de medida para o sistema internacional de medidas (S.I) realiza-se os cálculos para a determinação:

- ✓ da quantidade de matéria de gás hidrogênio por meio da equação dos gases ideais;

- ✓ da quantidade de matéria de elétrons necessário para redução do gás hidrogênio através da relação da semirreação de redução;
- ✓ da carga elétrica total utilizada pelo experimento, está obtida com base na média da corrente elétrica medida no experimento, mas também obtida por meio da inserção de dados em planilha eletrônica ou de aplicativo matemático ou pela construção de gráfico manual, estes indicados no produto educacional por meio da relação corrente elétrica e tempo;
- ✓ da quantidade de elétrons envolvida por meio da equação carga elétrica proveniente da eletrostática;
- ✓ da determinação da constante de Avogadro através da relação matemática entre quantidade de elétrons e da quantidade de matéria de elétrons.

## **ELABORAÇÃO DOS TEXTOS PARA PROFESSORES E ESTUDANTES**

A elaboração dos textos destinados aos professores e estudantes ocorre através do diálogo constante com o orientador e coorientadora, tendo como base o referencial teórico (capítulo 2) a aprendizagem significativa proposta por David Ausubel e a visão humanista de Joseph Novak, alinhada a BNCC quanto aos aspectos de contextualização, de atividades experimentais e do protagonismo do jovem. Além de diálogo de conceitos na área de físico-química, troca de experiências profissionais e da reflexão sobre professor e estudante em sala de aula, utilizando o editor de texto, de planilha eletrônica e de imagens (básico) como principais ferramentas de edição.

## **REDAÇÃO DO E-BOOK**

Em análise e reflexão com orientador e coorientadora a partir de questões sobre acesso fácil, distribuição dentre outras optamos em disponibilizar o produto educacional como livro digital (*e-book*), em *Portable document format* (PDF) empregando uma redação de fácil entendimento, detalhamento tanto para professores e estudantes.

*E-book* desenvolvido apresenta o título “DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DA ELETRÓLISE DA ÁGUA: uma abordagem experimental para o ensino de química no ensino médio”, e essa versão preliminar

está registrada através da Câmara Brasileira do Livro sob o número que utiliza o sistema *International Standard Book Number* (ISBN), ISBN 978-65-00-59168-2.

## **4.2. AVALIAÇÃO DO E-BOOK**

Nesta etapa da pesquisa qualitativa, o foco foi a avaliação do *e-book* produzido quanto a sua viabilidade de aplicação e possível eficácia como material didático a ser empregado na Educação Básica, no ensino médio destinado ao professor, com a presença de material para o estudante.

### **ASPECTOS TEÓRICOS DA AVALIAÇÃO**

No processo de avaliação optamos por utilizar questões abertas no instrumento de avaliação sendo disponibilizado por meio de formulário on-line.

Os dados obtidos por meio destes “questionários abertos” disponibilizados no formato de formulários online foram analisados com base na análise de conteúdo na perspectiva de Gil (2002). Para a análise dos dados do instrumento avaliativo foi empregado a categorização na condição de “*a priori*” sendo as categorias definidas em “aspectos positivos”, “aspectos negativos” e “sugestões” condizente com o instrumento avaliativo disponibilizados on-line.

### **CONSULTORES AD HOC**

O instrumento avaliativo elaborado fora disponibilizado aos professores da educação básica que atuam no ensino médio ministrando a disciplina de química. Este contribuindo como consultores *Ad hoc* no processo avaliativo do *e-book*.

Destaca-se que a consultoria *ad hoc* (BRASIL, 2019a).

Consultoria *ad hoc*: é considerada uma atividade técnico-científica, colaborativa, voluntária, específica e eventual, de consultores externos, pertencentes a instituições públicas ou privadas, prestada em razão de sua experiência e de seus conhecimentos técnico-científicos (BRASIL, 2019a, p.9)

Sendo elaborada uma carta convite aos consultores, em nosso caso, enviada por e-mail, sendo convidados cinco professores licenciados em Química atuantes na rede pública ensino estadual. Neste convite destacou-se a importância de suas contribuições na avaliação do *e-book*, esta apresentada no apêndice B.

## **INSTRUMENTO AVALIATIVO**

Na elaboração do instrumento avaliativo refletiu-se questões sobre a apresentação, o conteúdo abordado, a linguagem empregada e a proposta pedagógica presente no *e-book*, visando subsídios para avaliar sua viabilidade e possível eficácia podendo assim ser considerado satisfatório e de qualidade para utilização dos professores e estudantes.

Destaca-se que segundo Bardin (2011, p. 182) material “obtido a partir de questões abertas é muito mais rico em informações do que as respostas a questões fechadas ou pré-codificadas”.

As questões do instrumento avaliativo e orientações aos consultores foram disponibilizadas on-line, estando apresentadas no apêndice C. Observa-se que no instrumento avaliativo não requeremos dados pessoais dos consultores, pois não consideramos relevantes para a avaliação do *e-book*.

## **EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO EM SALA DE AULA**

Realizou-se o experimento de determinação da constante de Avogadro por meio da eletrólise da água conforme previsto em planejamento de aula por mim elaborado e executado. Utilizando-se para a atividade duas horas/aulas, uma para a execução do experimento (01/12/23) e outra para a determinação da constante de Avogadro, os cálculos e as conversões de unidades de medida (06/12/23).

Este experimento foi realizado em duas turmas do 2º ano do ensino médio regular da rede pública estadual, uma no turno matutino e outra no turno vespertino sendo referenciados como turma A e B respectivamente.

As observações da experimentação ocorreram em um ambiente destinado para atividade experimental da unidade escolar. Durante a execução do experimento foram realizadas observações em relação ao desenvolvimento da atividade experimental, sendo estas anotadas em um diário de observação.

Na segunda aula realizou em sala de aula o desenvolvimento da determinação da Constante de Avogadro junto com os estudantes, sendo registrado no diário de observação os apontamentos da execução desta aula.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo está dividido em duas partes: na primeira apresentamos o desenvolvimento do *e-book* buscando indicar os fundamentos teóricos que orientaram esse desenvolvimento e, na segunda, os resultados de sua avaliação efetuada por professores do ensino médio atuando como consultores *ad hoc*.

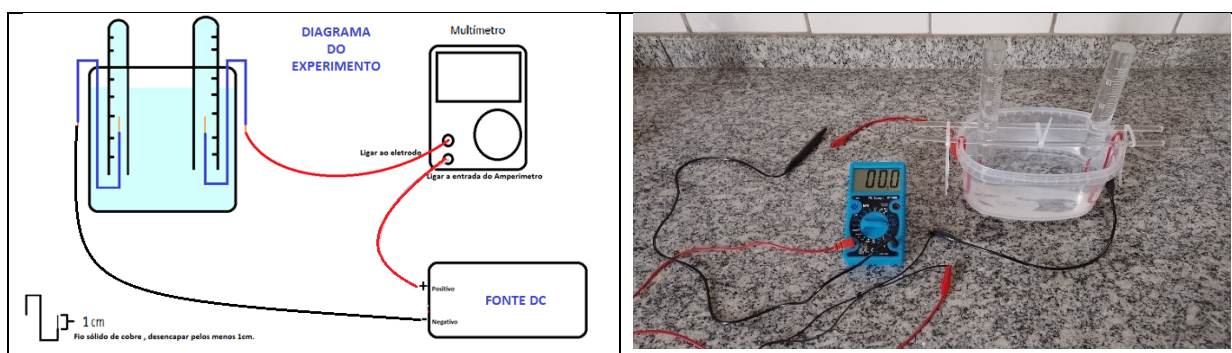
Como *e-book* está baseado no experimento da determinação da Constante de Avogadro por meio da Eletrólise da Água, para que todas essas palavras não sejam repetidas inúmeras vezes, deixando a leitura cansativa, passaremos a nos referir a ele simplesmente como “o experimento”.

### 5.1. DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO

Com bases nas informações relatadas anteriormente, sequenciamos as etapas para determinação experimental da constante, o experimento:

1ª: Montou-se o sistema eletrolítico para realização da eletrólise da água. Durante a montagem empregou-se eletrodos inertes, em nosso caso foi utilizado fios de cobre para montagem e assegurou-se a isenção de bolhar de ar no interior das células eletrolíticas, como descrito com detalhes no produto educacional (*e-book*). Na sequência, diagrama de montagem simplificado e aparato experimental montado. Figura 10.

**Figura 10**-Esquema simplificado ligações elétricas e *aparato experimental montado*



Fonte: O autor (2022)

2ª: Realizou-se o experimento, anotando-se a corrente elétrica em intervalos de tempo de 30 a 60 segundos a partir do multímetro (ficha técnica no anexo A), a temperatura da solução e pressão atmosférica. Finalizando experimento ao

obtermos o volume de 5mL de gás hidrogênio, conforme recomendação contida no artigo de referência do experimento de MÓL et al. (1996).

3ª: Com os dados referente a temperatura, pressão, volume pode-se obter a quantidade de material do gás hidrogênio empregando a equação dos gases ideais.

$$PV=nRT \quad (4).$$

Observa-se que no Quadro 7 sobre a equação dos gases ideais, ocorre a indicação das respectivas conversões para o Sistema Internacional de medidas, visto que no ambiente escolar empregaremos unidades usuais, sendo a temperatura (°C), pressão (hPA) comum para aplicativos climáticos, e volume (mL). Sendo procedimentos de anotação e conversão também especificados no produto educacional.

**Quadro 7-**Equação dos Gases ideais e relação com os dados experimentais.

$PV=nRT$ P-pressão (Pa) ; V-volume (m <sup>3</sup> ) ; n-quantidade de matéria (mol); T-temperatura (K) ; R-Constante dos gases = 8.3145 J/Kmol .	Logo a medida: De <b>pressão</b> está na unidade hectopascal (hpa) a convertemos para a unidade Pascal (Pa); O <b>volume</b> está na unidade mililitros (mL) a convertemos para a unidade metro cúbico (m <sup>3</sup> ); A <b>temperatura</b> na unidade <i>Celsius</i> (°C) a converteremos para a unidade Kelvin(K). E utilizaremos a Constante dos gases(R) = 8.3145 J/Kmol obteremos a quantidade de matéria (n), na unidade de medida, mols.
--	--

Fonte: O autor (2022)

Após o ajuste das unidades de medidas e aplicação da equação dos gases ideais, eq.4 assim obtemos a quantidade de matéria de gás hidrogênio, (n H<sub>2</sub>) .

4ª: Com a informação referente n H<sub>2</sub>, associamos a semirreação catódica.



Sendo assim para obtermos uma molécula de gás hidrogênio, necessita-se de 2 elétrons, portanto, para cada mol de gás hidrogênio necessitou-se 2 mols de elétrons. Logo, aplicando regras de três, obtemos a quantidade de mols de elétrons (ne<sup>-</sup>) utilizada no processo de eletrólise, sendo expressa também pela equação:

$$ne^- = 2 n \text{H}_2 \quad (5)$$

5ª: Utilizou-se as anotações relativas à corrente elétrica (i) e o tempo (t), determinaremos a carga elétrica (Q) por meio da Lei de Faraday, eq.1, mas a unidade de medida deverá estar ajustada em Ampere, visto que conforme o multímetro utilizado no experimento, a faixa de leitura será outra, sendo empregado no produto escala em miliampere (mA), já o tempo medido em segundos (s).

$$Q = i \times t \quad (1)$$

Para a determinação da corrente elétrica média podemos empregar o cálculo por média aritmética e assim aplicamos a eq. 1 obtém-se a carga elétrica total empregada na eletrólise.

Porém refletindo sobre a utilização das TICs ou TDICs e ainda na questão de recomposição da aprendizagem, enfatiza-se a determinação da carga elétrica total através da equivalência de área de gráfico (eixos x e y), visto que ao consideramos a área abaixo de um gráfico como  $A = \text{eixo } x \cdot \text{eixo } y$ . Relacionado com a eq. 1, o eixo x corresponderia a tempo (t) e o eixo y, a corrente elétrica (A), assim a área será equivalente a carga total (Q). Sendo sugeridos três meios:

- ✓ A construção do gráfico em papel milimetrado, contribuindo com a recomposição da aprendizagem, pois envolve os conceitos de escala, conversão unidades e construção de gráficos, sendo esta forma indicada no produto educacional.
- ✓ O emprego de planilhas eletrônica (instaladas em equipamentos ou online) visando além recomposição da aprendizagem, mas a utilização das TICs ou TDICs da unidade escolar.
- ✓ O emprego de aplicativos matemáticos, podendo ser empregado aos estudantes como noções de integral, podendo as vezes ser utilizado junto a acadêmicos.

6ª: Com o resultado da carga elétrica total empregou-se a eq.2, referente a carga elétrica (Q) que relaciona quantidade de elétrons ( $Ne^-$ ) e carga elétrica elementar do elétron ( $|e^-|$ ), assim reorganizando esta temos a eq. 6 obteve-se a quantidade de elétrons utilizada no processo de eletrólise.

$$Q = Ne^- \cdot |e^-| \quad (2)$$

$$\therefore Ne^- = Q / |e^-| \quad (6)$$

7ª: Neste momento com os valores obtidos da quantidade de mols de elétrons ( $ne^-$ ) e a quantidade de elétrons ( $Ne^-$ ), reorganizou eq. 3 para assim obter-se o valor da Constante de Avogadro ( $N_A$ ) por meio da eq.7.

$$Ne^- = N_A \cdot ne^- \quad (3)$$

$$N_A = Ne^- / ne^- \quad (7)$$

Em seguida apresenta-se a análise das unidades de medida, obtendo-se para  $N_A$  a unidade de medida,  $\text{mol}^{-1}$ , com descrito abaixo:

$$N_A = \frac{Ne^- \text{ (elétrons)}}{ne^- \text{ (mols de elétrons)}}$$

Na Tabela 3 apresenta-se os dados obtidos nos 33 experimentos realizados objetivando a otimização do procedimento bem como os valores obtidos em sala de aula de duas turmas de segundo ano do ensino médio regular da rede pública estadual.

Tabela 3 Resultados obtidos nos experimentos,  $N_A \times 10^{-23}$  ( $\text{mol}^{-1}$ ).

Exp. nº*	Eletrólito	V H <sub>2</sub> (g)** coletado	tempo(s)	Carga Elétrica (C)***	$N_A \cdot 10^{-23}$ ( $\text{mol}^{-1}$ )	% erro****
1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 mol/L	5	896	36,74	<b>5,70</b>	-5,3
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 mol/L	5	853	35,83	<b>5,56</b>	-7,6
3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 mol/L	5	658	34,87	<b>5,41</b>	-10,1
4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 mol/L	5	670	36,18	<b>5,62</b>	-6,6
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 mol/L	5	1005	36,58	<b>5,72</b>	-5,0
6	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 mol/L	10	1776	72,82	<b>5,65</b>	-6,1
7	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 mol/L	10	1762	74,00	<b>5,74</b>	-4,7
8	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 mol/L	10	1342	71,13	<b>5,52</b>	-8,3
9	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 mol/L	10	1315	71,01	<b>5,51</b>	-8,5
10	NaOH 0,25 mol/L	5	471	37,44	<b>5,81</b>	-3,5
11	NaOH 0,25 mol/L	5	451	35,18	<b>5,46</b>	-9,3
12	NaOH 0,25 mol/L	5	468	35,8	<b>5,56</b>	-7,6
13	NaOH 0,25 mol/L	5	655	34,72	<b>5,39</b>	-10,5
14	NaOH 0,25 mol/L	5	395	36,74	<b>5,70</b>	-5,3
15	NaOH 0,25 mol/L	5	409	38,45	<b>5,86</b>	-2,7
16	NaOH 0,25 mol/L	5	448	43,14	<b>6,58</b>	9,3
17	NaOH 0,25 mol/L	5	411	39,09	<b>5,96</b>	-1,0
18	NaOH 0,25 mol/L	10	885	70,36	<b>5,46</b>	-9,3
19	NaOH 0,25 mol/L	10	909	70,9	<b>5,50</b>	-8,6
20	NaOH 0,25 mol/L	10	907	69,39	<b>5,39</b>	-10,5
21	NaOH 0,25 mol/L	10	1362	72,19	<b>5,60</b>	-7,0
22	NaOH 0,25 mol/L	10	772	71,8	<b>5,57</b>	-7,5
23	NaOH 0,25 mol/L	10	793	74,62	<b>5,69</b>	-5,5
24	NaOH 0,25 mol/L	10	777	74,28	<b>5,67</b>	-5,8
25	NaOH 0,25 mol/L	10	831	75,79	<b>5,79</b>	-3,8
26	NaOH 0,1 mol/L	5	998	35,73	<b>5,56</b>	-7,6
27	NaOH 0,1 mol/L	5	1055	37,77	<b>5,88</b>	-2,3
28	NaOH 0,1 mol/L	5	848	36,97	<b>5,71</b>	-5,1
29	NaOH 0,1 mol/L	5	890	37,11	<b>5,73</b>	-4,8
30	NaOH 0,1 mol/L	5	1225	35,77	<b>5,60</b>	-7,0
31	NaOH 0,1 mol/L	5	963	37,94	<b>5,90</b>	-2,0
32	NaOH 0,1 mol/L	5	1165	37,86	<b>5,88</b>	-2,3
33	NaOH 0,1 mol/L	5	817	35,36	<b>5,65</b>	-6,1

\*Os experimentos foram realizados em ordem diversa do apresentado aqui, onde eles foram agrupados por eletrólito;

\*\* V H<sub>2</sub>-Volume de gás hidrogênio coletado processo de eletrólise (ponto de finalização do ensaio experimental);

\*\*\* Carga elétrica determinada a partir da média da corrente elétrica no experimento.

\*\*\*\*Em relação ao valor  $6,02 \cdot 10^{23}$ .

Fonte: O autor (2022)

Durante a realização dos ensaios experimentais refletiu-se sobre as situações vivenciadas no ambiente escolar no âmbito do uso pedagógico da experimentação e da execução do experimento. Em virtude destas, indica-se no produto educacional em vários momentos com dicas e cuidados sobre a experimentação havendo um tópico específico, “Recomendações e cuidados com o experimento” na pág.32, assim o material didático (*e-book*) possibilitará a reprodução do experimento de forma segura e possibilitará a obtenção de resultados satisfatórios, tais orientações são importantes, pois nos deparamos com frequência com colegas professores ministrando a disciplina de química, mas de áreas afins e outros com pouca experiência em atividades experimentais ou sem formação adequada, fato evidenciado por Silva e Gomes (2013), já que “cerca de 44% dos professores” que atuam em química não apresentam formação específica ou não apresentam formação na área de exatas.

Outro motivo destes cuidados com a segurança provém do risco de acidentes, não temos com impedi-los em 100% nos experimentos ou em nossa vida, mas pode-se minimizar os riscos na atividade, visto que é responsabilidade atribuída ao professor junto aos estudantes durante a aula, tanto em sala de aula ou outro em ambiente. Ainda associado ao risco observa-se a questão da indisciplina dos estudantes e da superlotação das salas de aula que podem desmotivar o professor, dificultando a diversificação das atividades pedagógicas pelo mesmo, dentre elas, a atividade experimental, por isto o detalhamento do experimento no material didático pode contribuir no planejamento e articulação desta atividade, podendo assim ser potencialmente significativa, desde que a ação possa promover a interação entre os conhecimentos (prévios e a serem adquiridos), abrangendo se possível a realidade dos estudantes.

Também no sentido de observar a questão de risco e da segurança na atividade experimental na prática pedagógica, para este experimento de determinação da constante de Avogadro por meio do processo de eletrólise, indicamos a utilização da solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L, em vez de hidróxido de sódio 0,25 mol/L ou o ácido sulfúrico 0,05 mol/L utilizadas na atividade experimental conforme o artigo de referência (MÓL et al., 1996) e outras (SZÉLL et al., 1980); (HOFFMAN et al., 2000). Isto se justifica além do fácil preparo, dentre as soluções é a que oferece o menor risco (solução mais diluída), e é de fácil aquisição,

diferentemente do  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que requer atenção, pois, é necessário que inclui o registro junto à Polícia Federal (PF), o envio de relatórios mensais, o registro profissional no Conselho de Química, o registro do armazenamento do produto bem como do controle de uso.

Porém o emprego do hidróxido de sódio 0,1 mol/L como eletrólito não ocasionou resultados fora da faixa de erro considerada entre 5 e 10%, logo os valores variam entre 5,56 e  $5,90 \times 10^{23}$  ( $5,74 \pm 0,17 \times 10^{23}$ ). Segundo os valores numéricos da constante de Avogadro obtidos nos ensaios experimentais realizados e elencados no anexo A, relatados na Tabela 3.

Reforça-se o direcionamento para a utilização do hidróxido de sódio 0,1 mol/L, além da questão do risco e segurança, os resultados para este eletrólito estão 50% (4 de 8) estão abaixo da faixa de erro de 5 %, e os outros abaixo de 10% como observa-se Tabela 3.

Ainda considerando os resultados apresentados no Tabela 3, observa-se que entre os trinta e três resultados apenas três deles apresentaram resultados com erro superior a 10 %, nos eletrólitos  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 mol/L e NaOH 0,25 mol/L, mas maioria dos resultados estão satisfatórios para fins didáticos. Destaca-se a utilização de material de baixo custo nos experimentos e o empenho em atender as recomendações referente a execução da atividade experimental.

No produto educacional, apresenta-se uma exemplificação da determinação da constante de Avogadro com os dados experimentais indicados na pág. 23 do mesmo, na etapa de obtenção da carga elétrica total, sugerimos a obtenção desta informação através da área do gráfico determinada de forma manual. Sendo possível obter a carga elétrica também pela média aritmética, planilha eletrônica e aplicativo matemático como sugerido no *e-book*, segue os resultados de cargas e constante de Avogadro obtidos na exemplificação pelos diversos meios sugeridos, elencados no Quadro 8.

**Quadro 8-**Resultados obtidos de carga elétrica e valor da constante de Avogadro por meios diversos.

<b>Meios de determinação</b>	<b>Carga Elétrica (C)</b>	<b><math>N_A</math> (mol<sup>-1</sup>)</b>
A:Gráfico- Construção manual	36,11	$5,52 \times 10^{23}$
B:Planilha eletrônica (área)	37,68	$5,74 \times 10^{23}$
C:Média aritmética	39,14	$5,97 \times 10^{23}$
D:App matemático (área/integral)	37,68	$5,74 \times 10^{23}$

Fonte: O autor (2022)

A partir do Quadro 8 podemos observar que os valores obtidos de  $N_A$  estão dentro das margens de erro consideradas independentemente do meio utilizado para obtenção da carga elétrica, de forma que as alternativas utilizadas para calcular a carga total e conseqüentemente a constante de Avogadro mostra-se válidas para o propósito pretendido. Entretanto, vale fazer uma observação de que, embora no Ensino Médio geralmente seja utilizada a média aritmética para o cálculo da carga total, devido a sua simplicidade e rapidez, visto que é possível obtê-la pela multiplicação entre tempo e corrente elétrica (eq.01).

Sugere-se a obtenção da carga total seja por meio da construção do gráfico de tempo verso corrente elétrica, de forma manual, pois este procedimento envolve uma série de revisões de conceitos e habilidades, como a estrutura e a montagem do gráfico, a escala a ser utilizada, a relação entre a área do gráfico com equações físicas ou químicas, relação de proporção, dentre outros, tornando-se assim, um momento para trabalhar com reconciliação integradora e diferenciação progressiva ao mesmo tempo que oportunizamos em nossa ação a recomposição de aprendizagem, tão necessária neste período de pós pandemia (covid-19).

Em relação à duração do experimento é possível observar que dependendo da concentração do eletrólito, da fonte de energia elétrica (tensão e corrente elétrica) e da distância entre os eletrodos, o tempo de duração do experimento varia. No Quadro 9 apresentamos a duração média dos experimentos considerando a finalização do ensaio com a coleta de 5 mL de gás hidrogênio.

Quadro 9-Duração média dos ensaios do experimento

EXPERIMENTO	DURAÇÃO MÉDIA*
A:Eletrólito:H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 mol/L	10-16 min.
B:Eletrólito: NaOH 0,25 mol/L	6-8 min.
C:Eletrólito: NaOH 0,1 mol/L	14-18 min.

\*Empregada uma fonte de energia de 12V (1-3A).

Fonte: o autor

Ainda de acordo com o Quadro 9 observamos que qualquer destas 3 configurações experimentais (eletrólitos), é possível realizar um ensaio do experimento em uma hora/aula (50min.), mas dependendo do quantitativo de estudantes e material para a execução do experimento seja necessário dividir a ação em duas aulas. Porém observando a duração do experimento haverá possibilidade de empregar o tempo restante da aula, para questionamentos sobre as observações do experimento ou para a retomada de conceitos fundamentais,

importantes relacionados ao experimento como corrente elétrica (AC/DC), carga elétrica, oxidação e redução, e/ou princípios da eletroquímica para assim lembrar também os cálculos necessários para a determinação da constante de Avogadro, dependendo do planejamento elaborado pelo professor.

## 5.2. AVALIAÇÃO DOS CONSULTORES *AD HOC*

Recordamos que convidamos cinco professores que atuam na Educação Básica, no Ensino Médio. Para responder um instrumento avaliativo, participando assim, como consultores *Ad hoc*, dos quais cinco aceitaram contribuir, mas apenas quatro consultores retornaram seus apontamentos referente ao instrumento avaliativo do *e-book*.

Nesta seção vamos discutir suas respostas ao instrumento avaliativo, indicando os apontamentos dos consultores por “A<sub>n</sub>”, sendo o instrumento categorizado a “*a priori*” em “aspectos positivos”, “aspectos negativos” e “sugestões”, conforme discutiremos a seguir

O instrumento avaliativo entregue aos consultores através de formulário online, continha quatro questionamentos gerais, cujo objetivo era conhecer os aspectos positivos e negativos do produto educacional, bem como as sugestões para as possíveis melhorias do material didático (*e-book*).

O primeiro questionamento refere-se à apresentação do produto educacional, momento do primeiro contato com o material, que pode motivar o leitor a conhecer o produto educacional, sendo apresentada uma visão geral do material desenvolvido e os pontos que consideramos de destaque. Para SOUSA, (2017, p. 45) a apresentação “deve ser produzida recorrendo a uma linguagem dialógica, preocupada, sobretudo, em promover a interação do conteúdo com o aluno”.

Dentre os aspectos positivos da apresentação os consultores destacaram que a linguagem empregada proporciona aos leitores compreensão da proposta do produto

- ...*bem contextualizado ...de fácil linguagem ...em conformidade com a BNCC* (A1);
- *Uma linguagem simples e de fácil compreensão*(A2);
- Gostei do embasamento teórico e do contexto histórico, foi claro e objetivo nas colocações* (A4).

Como aspecto negativo um dos consultores destacou que a apresentação e espaço destinado a justificação do produto foram extensos

*-Foi utilizado muito espaço para justificação ...sendo que o esperado seria apresentar a proposta (A2);*

*-Modificar algumas frases como “Caro, colega professor ou professora” ...Não há necessidade dos parágrafos 5,6,7,8 e 9...deixaria a apresentação mais “enxuta” (A2);*

*-Gostaria que fosse mais prático e sucinto ao relatar o experimento a leitura foi demorada do que tinha pra fazer (A4).*

Neste aspecto a apresentação está ocupando um pouco mais de três páginas, o que pode vir a desmotivar o leitor, porém o texto destaca itens importantes sobre o produto educacional como a questão da interação dos níveis de conhecimento em Química segundo Johnstone. Além disto, a estrutura geral do material didático da fundamentação teórica está baseada na aprendizagem significativa de Ausubel na perspectiva Novak, e a apresentação do *e-book* visa aproximar os professores que ministram as aulas de Química (licenciados em Química, formados em áreas afins) ou mesmo leigos. Assim, ajustaremos e condensaremos a apresentação para diminuir o risco de desmotivar o leitor, sem que haja perda na visão geral e nem dos pontos destacados na apresentação atual.

No segundo questionamento explorar-se a proposta da utilização do experimento indicado no *e-book* para a determinação do número de Avogadro para fins didáticos.

Sobre este questionamento consultores destacaram como aspectos positivos a linguagem utilizada (fácil entendimento), a presença de experimentos como sugestões, roteiro experimental detalhado de fácil execução tanto por professor quanto ao estudante, a possibilidade de abordagem de vários conteúdos e do diálogo interdisciplinar. Deste modo, é possível observar que o material confeccionado permite a integração dos níveis de conhecimento Químico, proposta por Johnstone e a contextualização da atividade experimental.

Assim a proposta possibilita a execução da atividade experimental, trazendo consigo outros experimentos como material de apoio ao educador, que são de fácil execução tanto pelo educador quanto pelo estudante, que contribui na compreensão dos conteúdos relacionando teoria e prática, favorecendo a contextualização e

podendo proporcionar o engrandecimento humano através da aprendizagem. Como relatado pelos consultores em seus apontamentos.

*- Traz várias experiências ... de fácil realização ... com linguagem de bom entendimento, contribuindo para uma aprendizagem significativa. o roteiro do material experimental ficou bem detalhado, de fácil entendimento ... torna-se viável a aplicação do material pelo professor e até mesmo pelo aluno (A1).*

*...permite que os estudantes realizem com facilidade o experimento ... com ele podemos trabalhar vários conteúdos...podemos trabalhar de forma interdisciplinar (química e física) (A2)*

*- Faz o aluno compreender a teoria (A3)*

*- Achei a proposta bastante interessante. usaria Com qualquer turma minha, bem provável como uma aula ilustrativa para o terceiro ano (A4).*

Em relação a utilização do experimento como aula ilustrativa, pelo A4, como não se conhece a realidade da unidade escolar deste consultor, assim não conhecemos as dificuldades locais para execução da atividade com a participação ativa do estudante, mas a partir das observações de aula do experimento realizada em 01/12/2022, vejo a possibilidade do estudante participar ativamente, porém dependerá do quantitativo de estudantes, visto os risco de superlotação, sendo necessário a divisão em turmas para a atividade experimental, no entanto para que isso aconteça, necessita-se da colaboração da coordenação pedagógica e dos inspetores de alunos ( quando há ) para resolução desta questão.

No entanto os aspectos negativos indicados estão relacionados a situações da unidade escolar e as mudanças ocasionadas pela implantação a BNCC, que podem afetar a utilização do e-book. Sendo retratadas na sequência.

A realidade local da unidade escolar pode influenciar nas ações pedagógicas dos educadores como relatado de A2:

*-Eu NÃO usaria esse experimento em sala de aula porque na minha escola não há todos esses materiais (A2).*

*-Talvez a falta de materiais atrapalhe um pouco a execução do experimento (A4)*

Infelizmente um cenário comum nas escolas da rede estadual, é a falta de material de laboratório, sendo as vezes a falta de equipamentos, outras pela falta de insumo ou do espaço físico adequado, mas segundo publicações da Secretária de Educação Estadual as unidades escolares estão recebendo os Laboratório Didático

Móvel (LDM), assim possibilita a execução de atividades pedagógicas que envolvam a atividades experimentais como a nossa proposta.

No intuito de exemplificar a possibilidade de uso pelo LDM, na escola estadual que atuo recebeu o laboratório móvel em 2021, sendo assim os professores começaram a utilizar no ano passado, com o retorno das aulas presenciais. No LDM temos o material necessário para o desenvolvimento do experimento proposto no *e-book*, além de contar com os equipamentos e insumos, com exceção da água destilada para o preparo da solução de hidróxido 0,1 mol/L, filme plástico e fio sólido de cobre, mas que podem ser adquiridos facilmente. Porém a entrega deste LDM ocorre gradativamente sendo assim pode haver escola da rede estadual que ainda não receberam o material.

Como uma alternativa, para não ficar sem desenvolver a atividade, na ausência do material para sua execução devido a não manutenção/reposição do LDM, pode-se recorrer a aquisição junto à coordenação e direção da escola, pois o custo estimado para aquisição do material para pelo menos dois kits (multímetro, provetas, solução de hidróxido de sódio, pipeta, luvas de látex e outros) não ultrapassa R\$ 250,00 conforme cotação realizada no segundo semestre de 2022, valor que pode ser adquirido com os repasses anuais às unidades escolares para aquisição de equipamentos e insumos (valor proporcional a classificação da escola) ou com auxílio da Associação de Pais e Mestres (APM).

Outro ponto destacado como dificuldade para a utilização da atividade experimental nas aulas, visto a carga horária disponível para as aulas da base comum, em nosso estado a disciplina de química na rede pública estadual conta com cinco horas aulas no ensino médio regular distribuída em duas para o primeiro e segundo ano cada e uma única aula para o terceiro ano. No período noturno regular a situação acentua-se visto a distribuição em duas para o primeiro e segundo ano sendo uma presencial e outra remota, e continua uma única aula para o terceiro ano. Cenário desfavorável para utilização deste recurso educacional e de outros, como indica o consultor A2:

*-Eu NÃO usaria esse experimento em sala de aula por falta de tempo, com a redução das aulas de químicas ficamos ainda mais limitados (A2).*

Retratando uma dificuldade comum no exercício do magistério, visto as constantes alterações da grade curricular e agora com implantação da BNCC, o

novo ensino médio. Com esta carga atual de aulas, cabe ao educador refletir sobre sua prioridade, em quais conteúdos destinará maior empenho ou quais ações podem auxiliar e diversificar sua prática pedagógica visando proporcionar a interação entre teoria e prática dentro de sua realidade local.

Sugerimos aos professores nesta situação que verifiquem junto a outro colega professor uma “parceria” com as unidades curriculares (UC), os itinerários formativos da área de CNT, já objetivam o aprofundamento do conhecimento da área, pois quando abordarem um tema relacionado com o conteúdo de eletroquímica utilizarem este *e-book* como parte do material didático, visto que a carga horária esta constituída de duas horas aulas, sendo uma presencial e outra remota, sugestão que estará no produto educacional.

Os consultores também comentaram a respeito dos cálculos utilizados para a determinação da constante de Avogadro, sugerindo facilitar a explicação dos cálculos ou simplificá-los.

*-Facilitar a explicação dos cálculos ou simplificar(A3).*

Neste aspecto nos deparamos com a sequência de operações realizadas para a obtenção do valor numérico da constante de Avogadro, essas etapas contribuem, pois este momento favorece a retomada de conceitos e operações matemáticas proporcionando além da revisão, mostrar a relação entre conceitos como destacado pela teoria da aprendizagem significativa, talvez o termo simplificar possa remeter apenas a operação matemática sem pontes sólidos entre os conceitos.

No entanto vejo que nossos estudantes apresentam dificuldades nas operações matemáticas e na associação de informações, neste sentido, o simplificar, indica uma apresentação sucinta destas etapas de cálculo, favorecendo seu entendimento. Para tal, intenciona-se a inserção no *e-book*, um diagrama que apresente a sequência das etapas e suas relações no processo de cálculo, porém sobre as operações de conversão e cálculos, estes estão detalhadas no produto educacional. Sendo oportuno inserir também um quadro recordando a questão da potência de dez (a escrita e as operações básicas), devido à dificuldade que os estudantes apresentam nestas operações. As dificuldades com as operações de conversão e cálculos foram evidenciadas no diário de observação do dia

06/12/2022, sendo assim importante para esta etapa a retomada antecipada destes conceitos.

No terceiro questionamento refere-se à relação direta e indireta entre os conceitos explorados no *e-book* tendo como referencial teórico a Teoria de Ausubel.

Quanto aos aspectos positivos os consultores indicaram como satisfatórios a exploração dos conceitos, sendo estes abordados de forma ampla e detalhada atendendo a proposta do *e-book* como material didático. Como destacado por A2:

*- Os conceitos foram bem amplos e bem explorados, pode optar por partes específicas para trabalhar em sala de aula, além das sugestões propostas. Assim considero muito satisfatório os conteúdos apresentados (A2)*

Já quanto aos aspectos negativos, foi indicada a falta da descrição de preparo exato da solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L quando as condições iniciais forem distintas da descrita no material, como por exemplo, para preparar a partir de uma solução de NaOH mais concentrada ou de pureza distinta, conforme comentário do consultor A1.

*- Se pureza for de 60% e usar 4 gramas, a solução não será de 0,1mol/L usando a mesma quantidade de solvente como está no experimento e o resultado final não passará a ser outro? (A1)*

Para corrigir esta falha realizaremos ajustes necessários no texto do *e-book*. Destacamos que utilizamos o NaOH (PA) e sugerimos que nos experimentos não seja utilizado o reagente de baixa pureza, pois pode haver interferências nos resultados. Talvez seja possível empregar soda caustica 99% de marca confiável, no entanto reforçamos que, sendo possível, é mais vantajoso adquirir do hidróxido de sódio PA 500g, inclusive porque seu valor é próximo a soda caustica (R\$ 35,00) conforme cotação em janeiro de 2023. Além disto, o LDM da rede estadual de ensino possui dois frascos de 50 g de NaOH PA, conforme listagem materiais do LDM no anexo B.

Ainda para a quarta questão houve a sugestão da inserção de atividade experimental envolvendo a titulação para retomada da questão do teor pureza do reagente (hidróxido de sódio) indicada anteriormente. No momento considero inviável, visto a proposta inicial e a possível interferência na determinação da constante de Avogadro. Assim, como não realizamos ensaios experimentais empregando de reagentes com certos graus de impureza, futuramente podemos

efetuar estes ensaios para assim termos certeza de sua viabilidade e uma possível revisão do produto,

Ainda nesta questão o consultor A1 ressalta a importância do conhecimento prévio, destaca a necessidade de construção do subsunçor para as futuras relações, sendo necessário na abordagem do preparo de uma solução junto aos estudantes, iniciar por exemplo a preparação de sucos com o limão para assim relacionar questões como a doçura (quantidade açúcar) ou teor de limão (mais ou menos azedo) seria um ponto de partida para abordagem junto ao estudantes, mas o enfoque do preparo de solução destina-se ao professor, visto o risco na manipulação.

*- ... enfatiza o conhecimento prévio do aluno, tem que ficar bem claro nesse momento para que futuramente quando ele (aluno) próprio for preparar qualquer uma solução de uma outra substância ... possa ligar seus subsunçores já adquiridos (A1).*

Ainda como sugestão em relação aos mapas conceituais sugeridos no *e-book* sugere-se que haja uma adequação visando facilitar sua compreensão, como apontado pelo consultor A4.

*- Os mapas conceituais estão muito complexos, achei de difícil compreensão e um pouco confusos, talvez investir em mapas conceituais mais simples em que um tenham continuação um no outro (A4).*

Neste sentido observa-se a possibilidade de ajustes ou subdivisões das propostas dos mapas conceituais contidos no *e-book* (estado de oxidação, eletroquímica e eletricidade) objetivando melhorar a compreensão. Porém destacamos que inserida junto ao mapa conceitual no *e-book* há um link para visualização dele no formato de página da web, proporcionando uma melhor visualização da informação, favorecendo a compreensão.

Já como sugestão, outro consultor indica a abordagem de questões ambientais objetivando o diálogo entre as disciplinas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

*-...Poderia também ser trabalhado as questões ambientais ... permitindo assim o trabalho interdisciplinar (química-física-biologia). (A2)*

Neste âmbito o material do aluno aborda de forma breve a relação de concentração (ppb e ppm) com a questão ambiental e a relação entre saúde humana e a concentração de chumbo e a presença do cloro residual livre em águas.

Embora a sugestão esteja em consonância com o diálogo entre as disciplinas, neste momento a adição destas questões ambientais ao *e-book* não seria viável, visto a proposta inicial, mas possível para futura revisão

Já na quarta questão abre espaço para comentários sobre o *e-book* e a outras indicações de aspectos positivos e negativos, bem como sugestões não abordadas nas questões anteriores sobre o *e-book*, que são indicados na sequência.

Listagem de alguns aspectos positivos destacados pelos consultores evidenciando a aplicabilidade do produto educacional e sua possível utilização na prática pedagógica dos educadores.

- ✓ Linguagem simples e clara;
- ✓ Sugestão de vários conteúdos e como trabalhá-los;
- ✓ Inclusão e sugestão de vários recursos tecnológicos;
- ✓ Sugestão de habilidades e competências a serem trabalhadas;
- ✓ Utilização de mapas conceituais;
- ✓ Sugestão de experimentos e materiais para os conteúdos trabalhados.
- ✓ Material contextualizado e em conformidade com a BNCC

Quanto aos aspectos negativos, um dos consultores apontou a falta da enumeração dos tópicos no produto, que o material direcionado aos estudantes e aos professores deveriam estar separados (em dois *e-books*) e que a estética do produto não oferece estímulo a leitura, além de o excesso de informações, porém ao destacar estes pontos também faz algumas sugestões de alteração ou ajuste, conforme mostrado a seguir

*- .... organização dos itens, me refiro aos títulos e subtítulos, seria interessante numerá-los; Há um excesso de informações, que torna a leitura cansativa; Em relação a estética do produto, como a fonte ... é pouco atrativa; ... vejo como um exagero uma seção para Recomendações e cuidados com o experimento (A2).*

Estes itens indicados pelo consultor A2 e demais estarão sendo revistos, pois o produto educacional é uma versão preliminar apresentada para ser avaliada quando a sua possível utilização como recurso didático, sendo assim coletar estas informações dos consultores nos permite realizar ajuste necessários quando a formatação, diagramação ou estética para torná-lo acessível e agradável ao leitor, um desafio, pois com o ressaltado por Azevedo (2012) no quadro 4, uma das desvantagens do *e-book* refere-se a possibilidade da leitura ser cansativa. Sobre o exagero do tópico “Recomendações e cuidados com o experimento” não considero

assim, visto o exposto anteriormente em relação a formação dos professores que ministram a disciplina de Química.

Com base nas respostas do instrumento avaliativo e nos ensaios do experimento, fica claro que o produto educacional (*e-book*) pode contribuir como recurso didático no para o ensino dos conteúdos de eletroquímica, eletricidade, quantidade de matéria (mol) e a constante de Avogadro, com potencial de promover a aprendizagem significativa nos moldes da teoria de Ausubel e na perspectiva de Novak.

Como já observado ocorrerão ajustes no *e-book* visando a melhoria deste recurso educacional enriquecendo o material e reduzindo suas falhas em aspectos didáticos e estéticos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como proposta a questão básica da pesquisa Quais as contribuições do produto educacional (*e-book*) para aprendizagem da determinação da constante de Avogadro por meio da eletrólise da água, elaborado segundo o referencial teórico de Ausubel e Novak, na avaliação de professores do ensino médio?

Para a elaboração e desenvolvimento de um produto educacional no formato de *e-book*, que aborde os conteúdos de eletricidade, eletroquímica, a quantidade de matéria e a constante de Avogadro com a presença de roteiros experimentais, pesquisamos experimentos relacionados à determinação da constante de Avogadro bem como selecionamos materiais específicos dos conteúdos relacionados, que são necessários e essenciais para entendimento do experimento como um todo. O material foi estruturado conforme as observações realizadas nos ensaios experimentais, evidenciando a real possibilidade de utilização do experimento na educação básica (nível de Ensino Médio), visto este ser um experimento de baixo risco em sua execução e de fácil reprodução, com resultados aceitáveis para fins didáticos

O material didático (*e-book*) destinado aos docentes possui, além do roteiro experimental de determinação da constante Avogadro, algumas sugestões de roteiros a serem desenvolvidos, de artigos, páginas da web e atividades experimentais sobre os conteúdos estado de oxidação, eletroquímica (células galvânicas e eletrolíticas) e noções básicas de eletricidade, acrescida de propostas de mapas conceituais para cada conteúdo bem como o destaque de pontos importantes a serem reforçados juntos aos estudantes. Já o material destinado aos estudantes contém a atividade experimental, o detalhamento do cálculo e os quadros de revisão. Em ambos os materiais (professores e estudantes) buscou-se observar e refletir acerca dos princípios da aprendizagem significativa segundo Ausubel e Novak, com a questão do engrandecimento humano e sua relação com aspecto de sentimento no processo de aprendizagem e os mapas conceituais

De acordo com as respostas apresentadas pelos consultores *Ah doc*, o *e-book* elaborado na perspectiva da aprendizagem significativa apresenta potencial didático, e aborda os assuntos com uma linguagem de fácil compreensão e detalhada, alinhando-se às indicações da BNCC quanto à contextualização e ao

diálogo inicial entre disciplinas, além de possibilitar seu emprego na recomposição da aprendizagem e na promoção do protagonismo dos jovens no campo experimental e de apresentar diversas sugestões aos educadores, desde artigos até experimentos que podem auxiliar sua prática pedagógica. Os aspectos negativos e as sugestões apontadas pelos consultores podem contribuir na melhoria deste *e-book*, portanto, serão analisadas e utilizadas no aprimoramento da versão a ser entregue ao PROFQUI, dentre as sugestões que certamente contribuirão para melhorias deste *e-book* (versão preliminar), podemos destacar aquelas relativas à formatação e diagramação do material, bem como a reflexão sobre o emprego de reagentes comerciais (não padrão analítico).

Em relação as expectativas futuras em relação ao *e-book*, vejo a possibilidade da inclusão dos textos sobre os conteúdos de eletroquímica (células galvânicas e células eletrolíticas), estado de oxidação e noções de eletricidade destinado aos estudantes. E considerando a dificuldade imposta pela carga horária destinada ao ensino de Química nas escolas de MS, temos a expectativa de utilizar o *e-book* para uma proposta de unidade curricular (UC) para uso nos itinerários formativos de aprofundamento do conhecimento na área ciências da natureza e suas tecnologias (CNT). Assim, esperamos que a proposta deste produto educacional (*e-book*) possa estar sendo divulgada e utilizada pelos professores como um recurso a mais em sua prática pedagógica contribuindo com a formação de estudantes na perspectiva da aprendizagem significativa.

Ainda em relação as expectativas futuras tendo como base o aprendizado ofertado por este programa de mestrado profissional (PROFQUI) oportunizando a possibilidade de maior estreitamento entre as atividades exercidas na educação com a atividade laboratorial no setor de saneamento básico. Visto as experiências em ações educativas relacionadas ao saneamento e a educação ambiental desenvolvidas em parceria entre a concessionária municipal do serviço de água e esgoto com as unidades escolares do município. Abrindo assim um leque para novas possibilidades a serem refletidas e propostas visando uma aprendizagem significativa que possa contribuir tanto para a formação do estudante quanto no engrandecimento humano deste cidadão.

## 7. REFERÊNCIAS

ATKINS, P.; PAULA, J. de. **Físico-Química** - Vol. 1, 10ª edição. Grupo GEN, 2017. E-book. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521634737/>. Acesso em: abril de 2022.

AZEVEDO, L. M. D. **Ebook vs. Livro tradicional como ferramenta educativa**. 2012. 99f. Dissertação (Mestrado em tecnologias Gráficas) - Instituto Superior de Educação e Ciências-ISEC, Lisboa, 2012.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 1. ed. São Paulo, SP: Edições 70, 2011.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual do Cadastro de Consultores Ad Hoc para Emissão de Pareceres Técnico-Científicos**. Brasília. 2019. 23 p.

BRASIL, Ministério da educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. Brasília.2018. 600 p.

BRASIL, Ministério da educação. **Temas Contemporâneos Transversais na BNCC: Propostas de práticas de implementação**. Brasília:[s.n.].2019. 26 p.

CATELAN, S. S.; RINALDI, C. A atividade experimental no Ensino de Ciências Naturais: Contribuições e contrapontos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 306–320, 2018.

CHAGAS, A. P. Os noventa anos de Les Atomes. **Química Nova na Escola**, v. 3, p. 36–38, 2003.

CHAGAS, A. P. Existem átomos? (abordando Jean Perrin). **Revista História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 3, p. 7–16, 2011.

FARIAS, M. S. F. DE. **Design Thinking na elaboração de um produto educacional: roteiro de aprendizagem-estruturação e orientações**. 2019. 156f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus, Manaus,2019.

FARIAS, S. A.; BORTOLANZA, A. M. E. Concepção de mediação: O papel do professor e da linguagem. **Revista Profissão Docente: On Line**, v. 13, n. 29, p. 94-109, 2013.

FERNANDES, E. **David Ausubel e a Aprendizagem Significativa**. 2011. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa>>.Acessado em: dez. 2022.

GIANI, K. **A experimentação no Ensino de Ciências: Possibilidades e Limites na busca de uma Aprendizagem Significativa**. 2010. 190f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) -Universidade de Brasília. Brasília, 2010.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**, 4ª edição. Editora Atlas, 2002. 176p.

HOFFMAN, B. et al. Determination of the Fundamental Electronic Charge via the Electrolysis of Water. **Journal of Chemical Education**, v. 77, n. 1, p. 95, 1 jan. 2000.

JOHNSTONE, A. H. Chemical Education Research: Where from Here. **UNIVERSITY CHEMISTRY EDUCATION**, v. 4, n. 1, p. 34–38, 2000.

LEBERT, M. **A Short History of eBooks**. University of Toronto. 2009. Disponível em: <https://www.gutenberg.org/cache/epub/29801/pg29801.html>. Acessado em: nov.2022.

LIMA, J. O. G.; ALVES, I. M. R. Aulas experimentais para um Ensino de Química mais satisfatório. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 428–447, jan. 2016.

LOBATO, C. A. História da Ciência como “Remédio” no Ensino de Química: Episódio - Estudo sobre a invenção da teoria atômico-molecular moderna. **Química Nova**, v. 43, n. 9, p. 1350–1361, 2020.

MAFFI, C. et al. A contextualização na aprendizagem: Percepções de docentes de Ciências e Matemática. **Revista Conhecimento Online**, v. 2, p. 75, maio 2019.

MANRIQUE, A. L.; FERRÃO, N. S. O uso de mapas conceituais como elemento sinalizador da Aprendizagem Significativa em cálculo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p. 193–216, 2014.

MELO, M. S. DE; SILVA, R. R. da. Os três níveis do conhecimento químico: Dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional. **Revista Exitus**, v. 9, n. 5, p. 301, dez. 2019.

MÓL, G. DE S. et al. CONSTANTE DE AVOGADRO: É simples determiná-la em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 1, n. 3, p. 32–33, maio 1996.

MORA, N. D.; SIHVENGER, J. C. Eletroquímica. *In: Química Geral: Laboratório de Materiais*: Universidade Estadual do Oeste do Paraná-Unioeste, 2006. Disponível em: <http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downquimica/capitulo7.pdf>. Acessado em jun.2022

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao Ensino de Física: A teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Universidade, 1983. 201 p.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. 1. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999. 130 p.

MOREIRA, M. A. **A teoria da Aprendizagem significativa e sua interpretação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília (UNB), 2006. 186 p.

- MOREIRA, M. A. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, p. 23–30, 2008.
- MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem Significativa?** p. 1–27, abr. 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acessado em: jun.2022.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo, SP: Centauro, 2006. 111 p.
- MUNIZ, G. A. **Constante de Avogadro importância e metodologias de determinação através do tempo**.2022.TCC (Graduação em química -Bacharelado) - Universidade Federal de São Paulo. Diadema. 2022.
- OKI, M. DA C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 1072–1082, 2009.
- OLIVEIRA, L. et al. Contextualização no Ensino de Química: Conexões estabelecidas por um professor ao discutir uma questão do ENEM em sala de aula. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 26, 2020.
- OLIVEIRA, O. M. M. DE F.; JR. SCHLÜNZEN, K.; SCHLÜNZEN, E. T. M. (org.). **Química: TOMO II, Coleção de Formação**. São Paulo: UNESP, 2013. v. 2
- PAULETTI, F.; ROSA, M. P. A.; CATELLI, F. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 3, dez. 2014.
- PIVATTO, W. B. Aprendizagem significativa: Revisão teórica e apresentação de um instrumento para aplicação em sala de aula. **Itinerarius Reflectionis**, v. 9, n. 2, jan. 2014.
- PRAIA, J. F. Aprendizagem significativa em D. Ausubel: Contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. *In:Teoria da Aprendizagem: Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, Peniche, 2000. Disponível em: <http://www.mlrg.org/memberpublications/LivroPeniche2000.pdf>. Acessado em: jun. 2022.
- SANTOS, M. C. G. DOS; PORTO, P. A.; KIOURANIS, N. M. M. Michael Faraday rumo às Leis da Eletrólise: alguns experimentos. **Química Nova na escola**, v. 42, n. 4, p. 330–336, nov. 2020.
- SILVA, L. O. DA; GOMES, M. K. R. A escassez de professores de Química: Possíveis fatores. 53º Congresso Brasileiro de Química. **Anais**. Rio de Janeiro: out. 2013. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2013/trabalhos/6/2705-11487.html>. Acessado em: dez 2022
- SILVA, W. DA; CLARO, G. R.; MENDES, A. P. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MAPAS CONCEITUAIS. XIII-Congresso Nacional de Educação – EDUCERE, Formação de professores: contextos, sentidos e práticas. **Anais**. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná-Campus Curitiba. ago. 2017. Disponível em: [https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24179\\_12230.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24179_12230.pdf). Acesso em: jan. 2021.

SILVA JÚNIOR, C. N. et al. Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química. *In: Temas de ensino e formação de professores de ciências-10 Anos*. 1. ed. Natal: Editora da UFRN, 2012.

SOUSA, J. V. de (org.). **Guia de elaboração de materiais didáticos para uso na educação a distância: subsídios pedagógicos e orientações gerais em uma abordagem construtivo-colaborativa**. 1. ed. [s.l.] Reprografia do Superior Tribunal de Justiça, 2017. Disponível em: [https://www.enfam.jus.br/wp-content/uploads/2018/02/Guia\\_EaD\\_AF.pdf](https://www.enfam.jus.br/wp-content/uploads/2018/02/Guia_EaD_AF.pdf). Acessado em: dez. 2022.

SZELL, T. et al. An Approximate Determination of Avogadro's Constant. **Journal of Chemical Education**, v. 57, n. 10, p. 735–736, out. 1980.

WARTHA, E. J.; FILHO GUZZI, N. J. DE; JESUS, R. M. DE. O experimento da gota salina e os níveis de representação em química. **Educación Química**, v. 23, n. 1, p. 55-61, jan. 2012.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - RESUMO DOS DADOS DOS ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO

Data	Dados do Sistema Eletrólito				Dados de Entrada					Ensaio	Conversão em unidades do SI				Cálculos				Resultado		
	d. elet.(cm)	Fio (s) mm <sup>2</sup>	Eletrólito	Tensão (V)	T(°C)	P(hPa)	V (ML)	md i (mA)	t(s)		tempo	T(K)	P(Pa)	V (m <sup>3</sup> )	md i(A)	n H <sub>2</sub> (mol)	n e <sup>-</sup> (mol)	Q total(C)	N e (un.)	N <sub>A</sub> (mol <sup>-1</sup> )	N <sub>A</sub> (mol <sup>-1</sup> ) · 10 <sup>-23</sup>
1	17/12/2021	7 a 8	4	C	12	28	1006	5	35,8	998	14min 56 seg	301,15	100600	0,000005	0,0358	0,000200886	0,000401771	35,73	2,23303E+20	5,55795E+23	5,56
2		7 a 8	4	C	12	28	1006	5	35,8	1055	14min 13 seg	301,15	100600	0,000005	0,0358	0,000200886	0,000401771	37,77	2,36056E+20	5,87539E+23	5,88
3	18/12/2021	7 a 8	6	B	12	28	1008	5	79,5	471	7min 51seg	301,15	100800	0,000005	0,0795	0,000201285	0,00040257	37,44	2,34028E+20	5,81335E+23	5,81
4		7 a 8	6	B	12	28	1008	5	78,0	451	7min 31seg	301,15	100800	0,000005	0,078	0,000201285	0,00040257	35,18	2,19863E+20	5,46147E+23	5,46
5		7 a 8	6	B	12	28	1008	5	76,5	468	7min 48seg	301,15	100800	0,000005	0,0765	0,000201285	0,00040257	35,80	2,23763E+20	5,55835E+23	5,56
6		7 a 8	6	B	12	28	1008	10	79,5	885	14min 45seg	301,15	100800	0,000010	0,0795	0,00040257	0,00080514	70,36	4,39734E+20	5,46159E+23	5,46
7		7 a 8	6	B	12	28	1008	10	78,0	909	15min 09seg	301,15	100800	0,000010	0,078	0,00040257	0,00080514	70,90	4,43138E+20	5,50385E+23	5,50
8		7 a 8	6	B	12	28	1008	10	76,5	907	15min 07seg	301,15	100800	0,000010	0,0765	0,00040257	0,00080514	69,39	4,33659E+20	5,38613E+23	5,39
9	19/12/2021	7 a 8	6	A	12	28	1008	5	41,0	896	14min 56 seg	301,15	100800	0,000005	0,041	0,000201285	0,00040257	36,74	2,296E+20	5,70335E+23	5,70
10		7 a 8	6	A	12	28	1008	5	42,0	853	14min 13 seg	301,15	100800	0,000005	0,042	0,000201285	0,00040257	35,83	2,23913E+20	5,56207E+23	5,56
11		7 a 8	6	A	12	28	1008	10	41,0	1776	29min 36 seg	301,15	100800	0,000010	0,041	0,00040257	0,00080514	72,82	4,551E+20	5,65243E+23	5,65
12		7 a 8	6	A	12	28	1008	10	42,0	1762	29min 22 seg	301,15	100800	0,000010	0,042	0,00040257	0,00080514	74,00	4,62525E+20	5,74465E+23	5,74
13		12 a 13	4	A	12	28	1008	5	53,0	658	10min 58 seg	301,15	100800	0,000005	0,053	0,000201285	0,00040257	34,87	2,17963E+20	5,41427E+23	5,41
14		12 a 13	4	A	12	28	1008	5	54,0	670	11min 10 seg	301,15	100800	0,000005	0,054	0,000201285	0,00040257	36,18	2,26125E+20	5,61703E+23	5,62
15		12 a 13	4	A	12	28	1008	10	53,0	1342	22min 22 seg	301,15	100800	0,000010	0,053	0,00040257	0,00080514	71,13	4,44538E+20	5,52124E+23	5,52
16		12 a 13	4	A	12	28	1008	10	54,0	1315	21min 55 seg	301,15	100800	0,000010	0,054	0,00040257	0,00080514	71,01	4,43813E+20	5,51224E+23	5,51
17		12 a 13	4	B	12	28	1008	5	53,0	655	10min 55seg	301,15	100800	0,000005	0,053	0,000201285	0,00040257	34,72	2,16969E+20	5,38959E+23	5,39
18		12 a 13	4	B	12	28	1008	5	93,0	395	6min 25seg	301,15	100800	0,000005	0,093	0,000201285	0,00040257	36,74	2,29594E+20	5,7032E+23	5,70
19		12 a 13	4	B	12	28	1008	10	53,0	1362	12min 16seg	301,15	100800	0,000010	0,053	0,00040257	0,00080514	72,19	4,51163E+20	5,60353E+23	5,60
20		12 a 13	4	B	12	28	1008	10	93,0	772	6min 35seg	301,15	100800	0,000010	0,093	0,00040257	0,00080514	71,80	4,48725E+20	5,57325E+23	5,57
21	10/01/2022	12 a 13	4	B	12	23	1009	5	94,0	409	6min 49seg	296,15	100900	0,000005	0,094	0,000204886	0,000409773	38,45	2,40288E+20	5,86392E+23	5,86
22		12 a 13	4	B	12	23	1009	10	94,1	793	13min 13seg	296,15	100900	0,000010	0,0941	0,000409773	0,000819546	74,62	4,66383E+20	5,69075E+23	5,69
23		12 a 13	4	B	12	23	1009	5	96,3	448	7min 28seg	296,15	100900	0,000005	0,0963	0,000204886	0,000409773	43,1424	2,6964E+20	6,58023E+23	6,58
24		12 a 13	4	B	12	23	1008	10	95,6	777	12min 57seg	296,15	100800	0,000010	0,0956	0,000409367	0,000818734	74,2812	4,64258E+20	5,67043E+23	5,67
25		12 a 13	4	B	12	23	1009	5	95,1	411	6min 51seg	296,15	100900	0,000005	0,0951	0,000204886	0,000409773	39,0861	2,44288E+20	5,96155E+23	5,96
26		12 a 13	4	B	12	23	1008	10	91,2	831	13min 51seg	296,15	100800	0,000010	0,0912	0,000409367	0,000818734	75,7872	4,7367E+20	5,7854E+23	5,79
27	14/01/2022	12 a 13	4	C	12	27	1010	5	43,6	848	14min 08seg	300,15	101000	0,000005	0,0436	0,000202356	0,000404713	36,9728	2,3108E+20	5,70973E+23	5,71
28		12 a 13	4	C	12	27	1010	5	41,7	890	14min 50seg	300,15	101000	0,000005	0,0417	0,000202356	0,000404713	37,113	2,31956E+20	5,73138E+23	5,73
29	19/09/2022	12 a 13	4	A	9	30	1007	5	36,4	1005	16min 45seg	303,15	100700	0,000005	0,0364	0,000199759	0,000399517	36,582	2,28638E+20	5,72284E+23	5,72
30		12 a 13	4	C	9	30	1007	5	29,2	1225	20min 25seg	303,15	100700	0,000005	0,0292	0,000199759	0,000399517	35,77	2,23563E+20	5,59581E+23	5,60
31	01/12/2022	7 a 8	4	C	12	29	1010	5	39,4	963	16min 03seg	302,15	101000	0,000005	0,0394	0,000201017	0,000402034	37,9422	2,37139E+20	5,89848E+23	5,90
32	2A(ALUNOS)	7 a 8	4	C	9	27	1005	5	32,5	1165	19min 25seg	300,15	100500	0,000005	0,0325	0,000201355	0,000402709	37,8625	2,36641E+20	5,87622E+23	5,88
33	2B(ALUNOS)	7 a 8	4	C	12	29	1010	5	44,5	817	13min 37seg	302,15	101000	0,000005	0,0445	0,000201017	0,000402034	36,3565	2,27228E+20	5,65196E+23	5,65

Legenda: A-Eletrólito: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 mol/L; B-Eletrólito: NaOH 0,25 mol/L; C-Eletrólito: NaOH 0,1 mol/L.

Fonte: O autor (2022)

## APÊNDICE B - CARTA CONVITE (E-MAIL) AOS CONSULTORES *AD HOC*

Prezado(a) Professor(a).....

Como orientador do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI convido-a para ser um dos consultores *ad hoc* para avaliar o *e-book* intitulado DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DA ELETRÓLISE DA ÁGUA: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO.

O *e-book* em foco foi elaborado pelo mestrando JOSÉ ALBERTO MELÃO DOS SANTOS, sob minha orientação, é dirigido a professores e professoras do ensino médio e será disponibilizado gratuitamente na página do PROFQUI após as correções devidas.

Você está sendo convidado(a) por ser professor(a) do ensino médio em atividade e julgamos que ouvir professores a quem o *e-book* é dirigido é fundamental para o seu aperfeiçoamento.

Devo esclarecer que, neste contexto, a consultoria *ad hoc* é considerada uma atividade técnico-científica, colaborativa, específica, eventual, voluntária e não-remunerada, que tem por objetivo contribuir para o aprimoramento do *e-book* em questão.

Caso concorde em participar dessa consultoria *ad hoc*, por favor, dê um *replay* a este e-mail com os dizeres:

“Concordo em atuar como consultor *ad hoc* na avaliação do livro DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DA ELETRÓLISE DA ÁGUA: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO.”

Após recebermos seu aceite, encaminharemos o *e-book* e o link de um questionário a ser preenchido.

Agradeço antecipadamente por sua atenção e coloco-me à disposição para esclarecer quaisquer dúvidas que surgirem.

Onofre

-----

Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira

Instituto de Química – INQUI

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Fonte: Onofre Salgado Siqueira (2022)

## APÊNDICE C - INSTRUMENTO AVALIATIVO DO E-BOOK.

**“DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DA ELETRÓLISE DA ÁGUA:  
uma abordagem experimental para o ensino de química no ensino médio”**

### INSTRUÇÕES

Somente responda a este questionário após ter lido o *e-book* e feito as suas anotações sobre os aspectos negativos e positivos do mesmo, bem como das suas sugestões.

**Questão 1:** Ao escrevermos a APRESENTAÇÃO do *e-book*, tivemos a intenção de propiciar uma visão geral do mesmo e de incentivar a sua leitura.

Aponte os aspectos em que tivemos sucesso e os de insucesso frente aos objetivos indicados.

Indique também as suas sugestões.

A) Houve falhas nos seguintes aspectos:

B) Os destaques positivos são:

C) Sugestões:

**Questão 2:** O ponto central do *e-book* é a proposta da utilização do experimento da determinação do número de Avogadro com finalidades didáticas. Tendo por base a sua experiência como professor(a) de química, complete as seguintes sentenças:

A) Eu NÃO usaria esse experimento em sala de aula porque....

(ATENÇÃO: escreva quantas sentenças forem necessárias para expressar todas as suas ideias.)

B) Eu USARIA esse experimento em sala de aula porque....

(ATENÇÃO: escreva quantas sentenças forem necessárias para expressar todas as suas ideias.)

C) Sugestões sobre o experimento, incluindo os roteiros, os materiais de apoio para os professores, etc.

**Questão 3:** No desenvolvimento deste *e-book* e com relação aos conteúdos, tivemos como referencial teórico a Teoria de Ausubel. Segundo esse autor, o fator isolado mais importante para a aprendizagem significativa é o que aluno já sabe.

A) Indique quais os conceitos relacionados direta ou indiretamente com os conceitos explorados no experimento que NÃO foram apresentados de modo satisfatório no *e-book*.

B) Indique quais os conceitos relacionados direta ou indiretamente com os conceitos explorados no experimento que FORAM APRESENTADOS de modo satisfatório no *e-book* e que merecem destaque.

C) Sugestões:

**Questão 4:** Faça comentários sobre o *e-book*, tanto sob os aspectos positivos quanto nos negativos, que não foram abordados nas respostas às questões anteriores. Sugestões são sempre bem-vindas.

Fonte: O autor (2022)

**APÊNDICE D - E-BOOK - DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DA ELETRÓLISE DA ÁGUA: uma abordagem experimental para o ensino de química no ensino médio”.**



# DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DE ELETRÓLISE DA ÁGUA:

uma abordagem experimental para o ensino de química  
no ensino médio

Versão preliminar para análise

**José Alberto Melão dos Santos**

ISBN: 978-65-00-59168-2



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
INSTITUTO DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL



# DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DA ELETRÓLISE DA ÁGUA:

uma abordagem experimental para o ensino de  
química no ensino médio

JOSÉ ALBERTO MELÃO DOS SANTOS

Versão preliminar para análise

Produto educacional (e-book) elaborado como um dos requisitos necessários à aquisição do título de Mestre no Programa de Mestrado profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI

Orientador Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira  
Coorientadora Prof.<sup>a</sup>. Dra. Gisele Afonso Bento Mello

*“Volumi eguali di gas nelle stesse  
condizioni di temperatura e di  
pressione contengono lo stesso  
numero di molecole”*

*Amedeo Avogadro*

## APRESENTAÇÃO

Caro, colega professor ou professora,

Todos nós vivenciamos no nosso dia a dia as dificuldades de ensinar conteúdos de química.

Assim, em bate-papos com colegas educadores da área e as pesquisas em publicações acadêmicas (artigos, dissertações e teses) apontaram problemas com os conteúdos relacionados ao número de Avogadro e com toda a temática de eletroquímica, além de muitos outros conteúdos.

Um dos principais problemas apontados com relação ao número de Avogadro envolve o seu significado como unidade de quantidade da matéria pois, em geral, dá-se muita atenção aos cálculos e quase nenhuma ao significado dos números obtidos nesses cálculos.

Adicionalmente, dentre as principais dificuldades destacadas no ensino de eletroquímica são os conceitos de células galvânicas e eletrolíticas, ânodo e cátodo, ponte salina e o sentido do movimento dos elétrons, além dos conceitos mais elementares como o estado de oxidação, as leis de Faraday e as noções básicas de eletricidade, como carga elétrica e corrente elétrica (AC/DC).

Assim, considerando a exigência de se desenvolver um produto educacional por parte do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) bem como as observações apresentadas em parágrafos anteriores, apresentamos neste e-book uma sequência didática baseada na determinação experimental do número de Avogadro por meio da eletrólise da água.

Johnstone, um pesquisador escocês da área de Ensino de Química, classificou a Química em três níveis, formalizando um modo de explicar as dificuldades encontradas por grande parte dos estudantes em atribuírem significado aos conteúdos dessa ciência.

Esses níveis são denominados de macroscópico, microscópico e representacional e cada um com habilidades distintas para sua compreensão e domínio. Evidentemente esses níveis interagem entre si.

Assim, quando nos perguntamos, o que podemos observar? o que é tangível ou visível nos fenômenos e processos químicos?, temos o nível macroscópico, já quando não podemos observar diretamente, o invisível (átomos, moléculas, elétrons...), temos o nível submicroscópico, porém necessitamos escrever estes acontecimentos (as reações, as fórmulas, cálculos...) portanto nos referimos ao nível representacional.

Desse modo, os educadores precisam estar atentos aos níveis que estão envolvidos em cada conteúdo e buscar ativar as habilidades necessárias em seus alunos. Também é necessário ressaltar que esses níveis se entrelaçam e isto também precisa ser trabalhado junto aos discentes.

Neste sentido, está proposta de material educacional aborda os conteúdos seguindo os princípios da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel, mas com enfoque na perspectiva de Joseph Donald Novak, considerando a educação como um conjunto de experiências cognitivas, afetivas e psicomotoras que favorecem o engrandecimento humano, podendo ser caracterizado pela aquisição do conhecimento que proporciona uma nova visão de realidade, contribuindo para a compreensão da sociedade e do seu cotidiano, e ainda estimulando uma visão crítica de seu contexto. Neste processo de aprendizagem valoriza-se os conhecimentos prévios e as experiências pessoais dos estudantes na construção do conhecimento.

Sendo apresentado um roteiro experimental para ser desenvolvido por estudantes para a determinação do número de Avogadro. Este roteiro permite a obtenção experimental da constante de Avogadro com precisão de aproximada 10%, sendo um experimento controlado voltado a área de ensino. E sugestões de artigos, páginas da web e experimentos todos em

português, auxiliando a compreensão do experimento com link para conteúdos internos (no ebook) e externos (na web) e ainda destacamos pontos que consideramos importantes nos conteúdos relacionados ao experimento (estado de oxidação, eletroquímica e eletricidade).

Este e-book está dividido em dois momentos. O primeiro momento apresenta um experimento destinado à Educação Básica, em nível de Ensino Médio, que utilizando materiais de fácil acesso e baixo custo que permitem realizar a eletrólise da água para a determinação da constante de Avogadro. Este material contém a descrição dos materiais e reagentes necessários, a instrução de montagem, o procedimento e os cuidados experimental detalhados, para que esta atividade prática possa ser realizada com segurança em escolas. E qual a relevância deste experimento? Como sabemos, a grandeza “quantidade de matéria” é essencial para o balanceamento de equações químicas e para cálculos estequiométricos, e, a partir de um processo simples de eletrólise da água, que envolve reações de oxirredução, e o uso da Lei de Faraday para o cálculo da energia necessária para o processo de eletrólise, o experimento permite relacionar e integrar os conteúdos destacados do segundo momento do e-book para a obtenção do valor numérico da constante de Avogadro, dentro de uma faixa de erro aceitável para fins didáticos.

Já o segundo momento destacamos pontos importantes em relação aos conteúdos “estado de oxidação”, “eletroquímica (pilhas/bateria e eletrólise)” e “noções de eletricidade” que constituem a base teoria para compreensão da experimentação. Cada início de cada tópico começa por uma proposta de mapa conceitual do conteúdo, em seguida de pontos de destaque e indicamos sugestões de material ao (à) professor (a) de revistas científicas como ‘Química Nova’ e ‘Química Nova na Escola’, materiais disponíveis na página da “Sociedade Brasileira de Química” e alguns experimentos de fácil execução.

Deste modo, esperamos que este produto educacional contendo mapas conceituais, contextualização e sugestões de leitura ao (à) docente, bem como uma proposta experimental, possa contribuir positivamente no processo de ensino da temática eletroquímica servindo como um material de apoio, que possa ser utilizado e/ou adaptado em sua prática pedagógica de ensino.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADRO: PROFESSORES .....</b>	<b>14</b>
<b>EXPERIMENTO: ELETROLISE E A CONSTANTE DE AVOGADRO .....</b>	<b>15</b>
<b>COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: BNCC e REFERÊNCIAL DE MS.....</b>	<b>15</b>
<b>BREVE RESGATE HISTÓRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>16</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....</b>	<b>16</b>
<b>MATERIAL EXPERIMENTAL: .....</b>	<b>17</b>
<b>INSTRUÇÕES DE MONTAGEM APARATO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>18</b>
<b>ORIENTAÇÕES DO DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>20</b>
<b>DADOS EXPERIMENTAIS (EXEMPLO).....</b>	<b>22</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO.....</b>	<b>23</b>
<b>SUGESTÃO DE EMPREGO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS.....</b>	<b>28</b>
<b>RECOMENDAÇÕES E CUIDADOS COM O EXPERIMENTO. ....</b>	<b>32</b>
<b>SUGESTÃO AOS PROFESSORES: ROTEIROS .....</b>	<b>36</b>
1º Concluindo o conteúdo de eletroquímica com o experimento de eletrólise da água e a constante de Avogadro.....	36
2º Iniciando o conteúdo de eletroquímica com o experimento de eletrólise da água e a constante de Avogadro.....	39
<b>EXPERIMENTO DE ELETROLISE E A CONSTANTE DE AVOGADRO: ESTUDANTES.....</b>	<b>43</b>
<b>LISTA DO MATERIAL EXPERIMENTAL: .....</b>	<b>50</b>
<b>INSTRUÇÕES DE MONTAGEM APARATO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>51</b>
<b>ORIENTAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>53</b>
<b>CÁLCULOS E CONCEITOS.....</b>	<b>56</b>
<b>ANOTAÇÃO DE DADOS EXPERIMENTAIS (EXEMPLIFICAÇÃO).....</b>	<b>56</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO.....</b>	<b>56</b>
<b>ATIVIDADE (DADOS DE EXPERIMENTOS) .....</b>	<b>65</b>
<b>MAPA CONCEITUAL: VISÃO GERAL .....</b>	<b>66</b>
<b>ESTADO DE OXIDAÇÃO.....</b>	<b>68</b>
<b>UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL: ESTADO DE OXIDAÇÃO .....</b>	<b>68</b>
<b>PONTOS IMPORTANTES .....</b>	<b>69</b>
<b>SUGESTÃO AO PROFESSOR.....</b>	<b>70</b>

<b>Artigo:</b> Explorando os conceitos de oxidação e redução a partir de algumas características da história da ciência: Revista Química Nova na Escola.....	70
<b>Experimento:</b> Reação entre zinco e ácido clorídrico.....	70
<b>ELETROQUÍMICA:</b> .....	<b>71</b>
<b>UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL: ELETROQUÍMICA-PILHAS/BATERIAS E ELETRÓLISE</b> .....	<b>71</b>
<b>PONTOS IMPORTANTES: CÉLULAS GALVÂNICAS</b> .....	<b>72</b>
<b>SUGESTÃO AO PROFESSOR</b> .....	<b>74</b>
<b>Artigo:</b> Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio:Revista Química Nova na Escola .....	74
<b>Experimento:</b> Pilha de Daniell - Pilha simples .....	74
<b>Experimento:</b> Condutividade elétrica.....	74
<b>Experimentos em vídeo</b> :SBQ-Química Nova Interativa.....	74
<b>PONTOS IMPORTANTES :CÉLULAS ELETROLÍTICAS</b> .....	<b>76</b>
<b>SUGESTÕES AO PROFESSOR</b> .....	<b>77</b>
<b>Artigo:</b> Michael Faraday rumo as leis da Eletrólise: alguns experimentos: Revista Química Nova na Escola. ....	77
<b>Experimento:</b> Revestimento de moeda/chave .....	77
<b>Experimentos em vídeo:</b> SBQ-Química Nova Interativa.....	77
<b>ELETRICIDADE:</b> .....	<b>78</b>
<b>UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL: ELETRICIDADE</b> .....	<b>78</b>
<b>PONTOS IMPORTANTES : NOÇÕES DE ELETRICIDADE</b> .....	<b>79</b>
<b>SUGESTÕES AO PROFESSOR</b> .....	<b>80</b>
<b>Artigo:</b> Eletricidade e a Química: Revista Química Nova na Escola .....	80
<b>Artigo:</b> Explorando a existência de cargas elétricas na Matéria. Revista Química Nova na Escola.....	80
<b>Experimento:</b> Eletroscópio.....	80
<b>Experimento:</b> Atração.....	80
<b>ELETROLISE &amp; CONSTANTE DE AVOGADRO: MAPA CONCEITUAL:</b> .....	<b>81</b>
<b>UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL: ELETROLISE &amp; CONSTANTE DE AVOGADRO</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>82</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>83</b>
<b>CHECKLIST: ELETROLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADRO</b> .....	<b>83</b>
<b>TÉCNICAS DE BALANCEAMENTO DE OXIRREDUÇÃO (DESCRIÇÃO)</b> .....	<b>85</b>
<b>QUESTÕES BÁSICAS:RELEMBRANDO</b> .....	86
<b>CURIOSIDADE EM RELAÇÃO AO EXPERIMENTO</b> .....	89
<b>EXPERIMENTOS: SUGESTÕES</b> .....	<b>90</b>
<b>EXPERIMENTO: REAÇÃO ENTRE ZINCO E ÁCIDO CLORÍDRICO</b> .....	90

<b>EXPERIMENTO: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA .....</b>	<b>93</b>
<b>EXPERIMENTO: PILHA DE DANIELL/PILHA SIMPLES .....</b>	<b>96</b>
<b>EXPERIMENTO: REVESTIMENTO DE MOEDA/CHAVE.....</b>	<b>99</b>
<b>EXPERIMENTO: ATRAÇÃO DE FRAGMENTOS DE PAPEL E DO FILETE D'ÁGUA .....</b>	<b>101</b>
<b>EXPERIMENTO: ELETROSCÓPIO.....</b>	<b>104</b>

## INTRODUÇÃO

A curiosidade humana em relação as observações de fenômenos naturais como a atração de pedaços de palhas, fragmentos de madeira ou cortiça, pela pele de carneiros quando atritado com âmbar (*elektron*), estes e outros fenômenos percorrem nossa história desde Tales de Mileto (636-546 A.C). Entretanto, somente a partir do XVI com estudos Willian Gilbert (1540-1603), as primeiras explicações sobre a eletrização e a eletricidade começam a serem reconhecidas como fenômeno, ocasionando a intensificação dos seus estudos.

O início dos estudos de eletrofisiologia (eletricidade médica/animal) realizados por Luigi Galvani (1737-1798) e as controvérsias com Alessandro Volta proporcionaram o desenvolvimento da primeira pilha entre 1799 e 1800, chamada pilha de Volta, ou pilha voltaica, que como o nome “pilha” sugere, vem do empilhamento de placas do metal cobre com o metal zinco separados por discos embebidos em solução ácida, tal como era a pilha de Volta. E foi a partir desta pilha onde foi possível relacionar as reações químicas com a obtenção de energia elétrica. Entretanto, esta pilha de Volta descarregava rapidamente em função do consumo da corrente elétrica, o que foi minimizado com o aprimoramento e desenvolvimento de novas pilhas, como as pilhas de Daniell e de Leclanché (seca), desenvolvidas respectivamente por John Frederic Daniell (1790-1845) e George Leclanché (1839-1882), e que são as bases das pilhas e baterias comerciais que utilizamos até os dias atuais.

Nesta época também Anthony Carlisle (1768-1840) e William Nicholson (1753-1815) utilizaram a “pilha elétrica” na decomposição da água, o que contribuiu no desenvolvimento da eletrólise. Adicionalmente, as observações de Michael Faraday (1791-1867) que permitiram determinar as “relações de proporcionalidade entre a quantidade de matéria decomposta e a quantidade de eletricidade utilizada”, foram contribuições sobre a natureza da matéria no século XIX, que confirmaram a natureza elétrica da matéria, “consolidando a teoria atômica e as partículas subatômicas” (OKI, 2000).

Estes fatos históricos relatados nos relembram e reforçam que os avanços tecnológicos de nossa sociedade são “frutos” de inúmeras pesquisas que facilitam e melhoram a nossa qualidade de vida. Na química, por exemplo, temos a eletroquímica que assume um papel importante em diversos segmentos, como *i*) no revestimento de materiais, como objetos cromados para decoração, *ii*) na produção substâncias elementares, como por exemplo a obtenção de alumínio metálico a partir da bauxita, e também *iii*) na geração de energia, como por exemplo, na obtenção do gás oxigênio na Estação Espacial Internacional,

sendo todas estas aplicações obtidas a partir do processo de eletrólise, que é composto de reações de oxirredução. E para compreendermos todos estes processos e similares, necessitamos entender as contribuições dos estudos de Michael Faraday (lei de Faraday), que nos permite calcular a energia necessária para realizar o processo, bem como as relações entre quantidade de matéria e a constante de Avogadro.

No intuito de compreendermos as bases da eletroquímica e promovermos o diálogo entre as demais disciplinas da Ciências da Natureza (biologia e física) como sugere a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), empregando os princípios da aprendizagem significativa proposta por David Paul Ausubel na perspectiva de Joseph Donald Novak, valorizando os conhecimentos prévios dos estudantes, suas experiências pessoais e interações.

Neste ebook utiliza-se os mapas conceituais e as interações propostas e debatidas por Johnstone (2000) entre níveis de conhecimento químico, o macroscópio (o que observamos o visível) , o submicroscópio (o que não observamos diretamente, o invisível) e representacional (como representamos ou escrevemos a linguagem utilizada na química).

Neste e-book apresentamos o experimento “Eletrolise da água e constante de Avogadro” tendo uma proposta de material ao educador e outra aos estudantes. Após o experimento supracitado destacamos pontos que consideramos relevantes nos temas Estado de oxidação, Eletroquímica (células galvânicas e células eletrolíticas) e Eletricidade (noções de eletrostática e corrente elétrica) sendo organizados conforme a sequência abaixo:

- ✓ Mapa conceitual do conteúdo abordado (uma proposta), que pode ser acessado online;
- ✓ Pontos importantes do conteúdo, que tem por objetivo reforçar os conceitos principais abordados no texto;
- ✓ Sugestões ao professor, que como o próprio nome se refere, são sugestões de materiais explicativos, pedagógicos e atividades experimentais que podem ser consultados pelo(a) docente da disciplina, de acordo com suas necessidades.

Aproveite nossa proposta de abordagem dentro de sua realidade educacional, pois acreditamos que juntos podemos contribuir no processo de aprendizagem de nossos estudantes.

## ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADO: PROFESSORES

Prezado(a) professor(a)

Como apresentado o experimento de eletrolise proposto vai além da decomposição da água, da obtenção dos gases hidrogênio e oxigênio, mas ao realizarmos experimento de forma controlada, procedendo com rigor na montagem do aparato experimental, no desenvolvimento e observações, e no registro das informações geradas no experimento podemos determinar o valor numérico da constante de Avogadro com confiabilidade e precisão entre 5 e 10% para fins didáticos.

A atividade experimental abre a oportunidade de provocar questionamentos em nossos estudantes sobre os conceitos estudados, os impactos destes conceitos no meio científicos e em nosso cotidiano, ora promovendo a contextualização sugerida e incentivada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) ora mobilizando a participação ativa do estudante, o protagonismo jovem.

Espera que a atividade experimental proporcione ao estudante além da compreensão básica do processo de eletrolise e de sua importância nos processos industriais, possa estender a compreensão da constante de Avogadro para além de um valor numérico, mas que este nos auxilia nas análises e compreensão de situações diversas. Como em soluções diluída pode-se empregar as concentrações em partes por milhão (ppm) ou partes por bilhão (ppb), valores considerados insignificantes, mas que compreendem uma quantidade “gigantesca” de uma espécie química. Por exemplo, a presença de chumbo na água cuja quantidade superior a 0,01 ppm (mg/L) oferece risco a nossa saúde, dentre outras mais, como os agrotóxicos que estão na faixa de ppb ( $\mu\text{g/L}$ ), estando estas relatadas na Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

Na sequência apresentaremos o experimento, apontando as competências e habilidades em relação a Base Nacional Comum Curricular e ao Currículo de Referência de Mato Grosso do Sul juntamente com a descrição do experimento juntamente com orientações de procedimento, segurança e descarte de materiais. E apresentamos sugestão considerando a execução do experimento antes da abordagem dos conteúdos estado de oxidação, eletroquímica e eletricidade (noções) e outras quando o experimento for executado após a abordagem dos conteúdos citados.

## **EXPERIMENTO: ELETROLISE E A CONSTANTE DE AVOGADRO**

### **COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: BNCC e REFERENCIAL DE MS**

Iniciamos a descrição da atividade experimental apresentando o resultado da consulta a Base Nacional Comum Curricular e ao Currículo de Referência de Mato Grosso do Sul (ensino médio) em relação as competências e habilidades, estando relacionadas a atividade a:

#### **BNCC- Base Nacional Comum Curricular**

##### **Competência 01**

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2018, p. 554).

#### **CURRÍCULO DE REFERÊNCIA DE MATO GROSSO DO SUL -ENSINO MÉDIO**

##### **Habilidades:**

MS.EM13CNT101: Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas. Sendo esta habilidade indicada para abordagem no 1º ano do Ensino Médio. (MATO GROSSO DO SUL (ESTADO), 2021, p. 312). .

MS.EM13CNT107: Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos - com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, para propor ações que visem a sustentabilidade. Sendo esta habilidade indicada para abordagem no 2º ano do ensino médio (MATO GROSSO DO SUL (ESTADO), 2021, p. 321).

#### **BREVE RESGATE HISTÓRICO**

Ao abordarmos a constante de Avogadro apresentamos um breve relato histórico. Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856) em seu artigo publicado em 1811,

“Ensaio sobre uma maneira de Determinar as massas relativas das moléculas elementares dos Corpos, e as proporções nas quais elas participam nestes compostos” publicado no Journal de de Physique, apresenta a hipótese que “...o número de moléculas integrais em qualquer gás é sempre o mesmo para volumes iguais , ou sempre proporcional a seus volumes”(LOBATO, 2020, p. 1357)

Porém as observações de Avogadro, conciliavam as ideais de Dalton e Gay-Lussac, possibilitando a diferenciação e átomo e moléculas, mas não ocorrendo naquele momento, anos após a publicação das hipóteses, e em 1811 o pesquisador André M. Ampère (1775-1836) apresenta uma hipótese similar, a do “mesmo volume-mesmo número”, também sem aceitação em sua época (CHAGAS, 2011, p. 8).

Anos após morte de Avogadro, suas observações sobre “a constante e a questão das substâncias simples poderem ser formadas por moléculas poliatômicas” começaram a serem aceitas por intermédio dos trabalhos de Stanilau Cannizzaro (1826-1910), que retomou as ideais de Avogadro para distinguir conceito de átomo e molécula ,e ainda defender o peso atômico nos cálculos estequiométricos durante o Congresso de Karlsruhe na Alemanha em 1860 (OKI, 2009, p. 1077)

A partir deste momento temos as primeiras tentativas de determinação da constante ocorrem através de Johann Joseph Loschmidt (1821-1895), porém apenas no começo do século XX, com Jean Perrin (1870-1942), temos os primeiros resultados da determinação da constante, publicadas no Livro “Les Atomes” na 1ª edição em 1913 e 9ª edição em 1924, que apresentava mas 10 meios empregado para calcular a constante de Avogadro, obtendo valores médios entre 66 e 63 x10<sup>22</sup> unidades valores próximo do atual 6,02 x10<sup>23</sup> unidades (CHAGAS, 2003, p. 37).

## **OBJETIVO GERAL**

Determinar por meio experimental o valor da constante de Avogadro que caracteriza a quantidade numérica entidades ou espécies químicas que corresponde a quantidade de matéria (mol) a partir do processo de eletrólise da água empregando a Leis estabelecidas por Michael Faraday.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Empregar os conceitos de eletrólise no desenvolvimento experimental;

- Obter o valor numérico da constante de Avogadro a partir do tratamento matemático dos dados experimentais observados;
- Comparar os resultados obtidos com o valor numérico da constante de Avogadro, redefinida pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) em 2018 como exatamente  $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$  entidades elementares;
- Empregar adequadamente os símbolos e as relações entre os princípios de eletricidade, eletroquímica e quantidade de matéria.

### **MATERIAL EXPERIMENTAL:**

Material sugerido para execução do experimento para a confecção de um sistema de eletrólise.

- 02 eletrodos de fio de cobre 2,5 ou 4,0 mm<sup>2</sup> (sólido);
  - 02 provetas de 50 mL ou tubo ensaio graduado 50 mL (vidro)
  - 02 pipetas graduadas de 1mL ou bastão de vidro (adaptação como suporte aos eletrodos);
  - 01 pipetas volumétricas de 5mL ou pipeta graduada de 5mL;
  - 01 recipiente de plástico ou vidro com capacidade de 1,5 a 2,0 L;
  - 01 multímetro com escala de voltagem (DC) e amperagem (A) com escala entre 20-200 mA ou equivalente;
  - 01 cronômetro ou smartphone/celular com esta função;
  - 01 Conjunto fios ou cabos para conexão entre o eletrodo, multímetro e fonte AC/DC;
  - 01 fonte AC/DC de 9 V a 12 V ou bateria de 9V;
  - 01 fita isolante
  - 01 Tesoura;
  - 01 Flanela de limpeza (algodão ou microfibra);
  - 01 solução de NaOH (hidróxido de sódio) 0,1 mol/L;
  - 01 Equipamento de proteção individual (EPI)
  - 01 luvas de látex ou simular
  - 01 óculos de segurança (recomendado)
- Sendo opcional estes materiais:
- 01 Potenciômetro linear de 5 K $\Omega$  ou 10 K $\Omega$ ;
  - 01 Interruptor (liga/desliga).

**FIQUE ATENTO:** As sugestões, observações e descarte de materiais que estão presentes no decorrer do material. Para facilitar a identificação dos materiais, observe a figura 01.

Figura 1-Material básico para eletrólise.



Fonte: Autor

## INSTRUÇÕES DE MONTAGEM APARATO EXPERIMENTAL

Ao realizarmos a montagem do experimento de eletrólise da água, necessitamos de uma solução acidificada ou basificada, neste caso sugerimos a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L visto a facilidade de aquisição deste reagente ou do preparo da solução e de visualização do menisco nos eletrodos.

Uma vez definido a solução a ser utilizada, adicione-a no recipiente (plástico ou vidro) cerca de  $\frac{3}{4}$  da capacidade dele. Na sequência posicione os eletrodos confeccionados com o fio sólido, deixando-os distantes e com extremidades mergulhadas na solução.

Em seguida iremos montar as células eletrolíticas com as provetas ou tubos de ensaio graduado de 50mL, sugerimos por garantia marcá-los com auxílio de uma pipeta volumétrica de 5 mL antes da montagem do experimento assegurando precisão, caso não possua a pipeta volumétrica empregue a graduada e utilize água para a marcação.

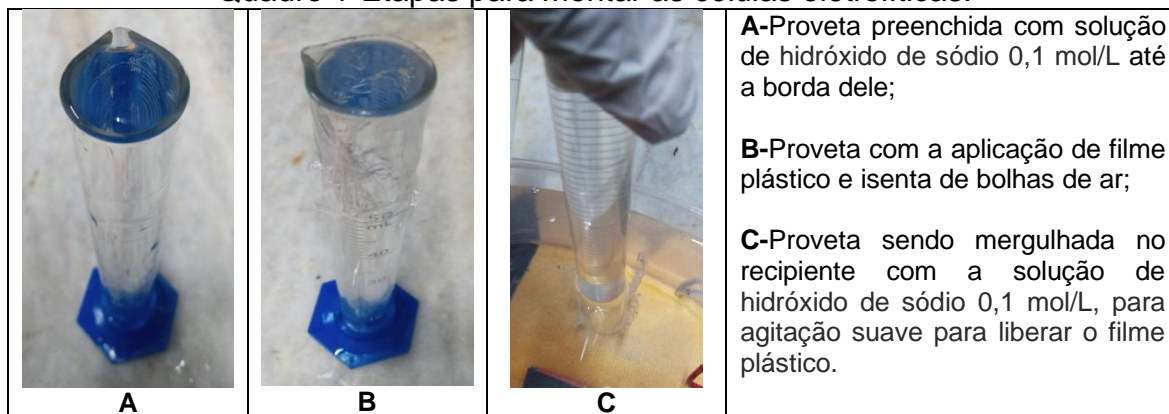
Considera-se esta montagem como crítica, pois as células eletrolíticas devem estar isentas de bolhas, logo preferimos os tubos de ensaio graduados, mas em função da dificuldade de aquisição, optamos por utilizar as provetas de 50mL.

Nesta etapa realizamos o enchimento da proveta com a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L até a borda, em seguida aplicamos o filme plástico vedando a borda, caso a

proveta apresente bico de escoamento, comece a vedação por ele, certifique-se a ausência de bolha de ar, caso não ocorra repita esta etapa, não esqueça de utilizar as luvas.

Agora com a proveta isenta de bolha de ar, mergulhe com cuidado a proveta no recipiente com a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L e agite vagarosamente até o filme plástico se soltar da proveta, logo mova a proveta até o fio do eletrodo e fixe-os no recipiente, conforme relatado no quadro 01.

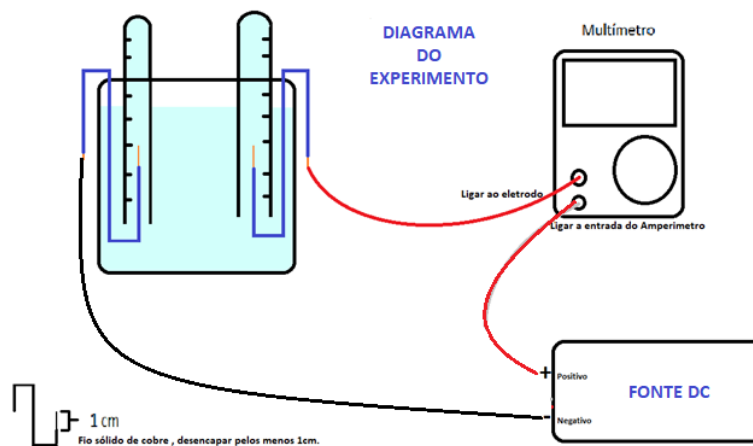
Quadro 1-Etapas para montar as células eletrolíticas.



Fonte: Autor

Após posicionar, fixar e nivelá-las em seguida conectar os fios conforme o diagrama simplificado sem os componentes opcionais, conforme a figura 02

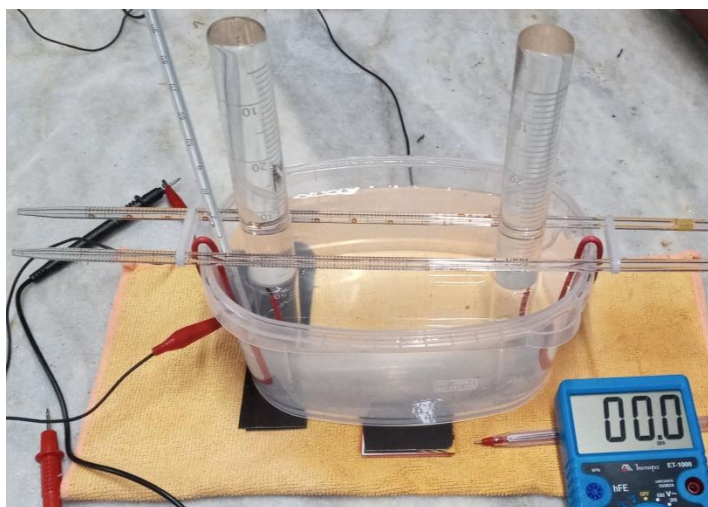
Figura 2-Esquema simplificado ligações elétricas sem componentes opcionais.



Fonte: Autor

Após a montagem espera-se que o sistema (aparato experimental) do processo de eletrólise seja similar ao montado, retratado na figura 03.

Figura 3-Sistema montado para a experimentação



Fonte: Autor

## ORIENTAÇÕES DO DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

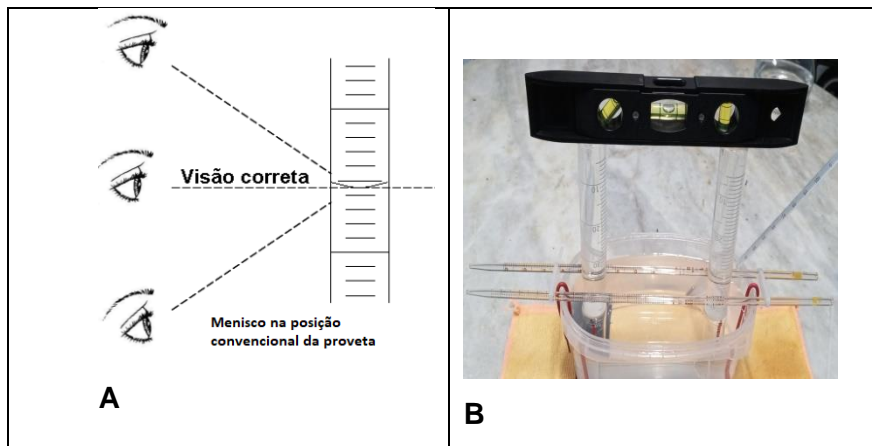
Antes de iniciarmos o experimento, verificar as ligações elétricas, conferir há ausências de bolhas de ar no eletrodo e caso tenha optado em adicionar um interruptor, verifique que esteja na posição desligado antes de conectar a fonte de energia.

Quando conectar a fonte de energia ou ligar o interruptor, o cronômetro deverá ser acionado, nesta etapa poderá anotar a marcação do cronômetro em intervalos de minuto ou de segundos até atingir o volume esperado de 5 mL do gás hidrogênio no eletrodo do polo negativo (o cátodo), recorde-se que visando assegurar maior precisão recomenda-se marcar no tubo de vidro da proveta ou tubo graduado a referência dos 5 mL com auxílio de uma pipeta graduada.

A marcação da medição do tempo no cronometro poderá seguir outro intervalo de tempo, sendo sugerido a cada 30 segundos, já que objetivo é estabelecer o valor médio da corrente elétrica no intervalo de tempo necessário para atingir o volume de 5mL.

Em relação questão do menisco, pois como a proveta ou tubo graduado está invertido deve-se estar atento à marcação do volume. Em caso dúvida sobre a leitura de volume, a posição correta para leitura do menisco é ao nível dos olhos, conforme o quadro 4. E ainda para facilitar a leitura do menisco, recomenda-se o nivelamento das provetas ou tubos graduados favorecendo a leitura do menisco.

## Quadro 2-Leitura do menisco e sugestão de nivelamento







Legenda: A: Posição da visualização do menisco e B: Nivelamento .

Fonte: Autor (Adaptado)

Como na eletrolise da água envolve a liberação de gás, podemos nos deparar formação intensa de bolhas (turbulência) dificultando a leitura do menisco. Esta rapidez da reação pode ocorrer em função da concentração da solução eletrolítica, da tensão e intensidade da corrente elétrica, nesta situação recomenda-se utilizar uma fonte AC/DC que forneça menor tensão e baixa amperagem. Caso considerar necessário, recorreremos ao emprego de um potenciômetro, para ajustar a intensidade da formação das bolhas, faça o ajuste, marque no potenciômetro e novamente monte o sistema, conforme o quadro 3

## Quadro 3 Observações: Efeito da turbulência e potenciômetros

				<p><b>A:</b> Tubo graduado com a ocorrência intensa de bolhas (turbulência);  <b>B e C:</b> potenciômetro (resistores variáveis);  <b>D:</b> Tubo graduado sem a ocorrência intensa de bolhas (turbulência).</p>
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	

Fonte: Autor

Durante a realização do experimento tanto o professor e alunos devem estar atentos aos procedimentos de segurança mínimo como o emprego de luva de látex ou similar, visto empregarmos no processo de eletrólise da água, uma solução básica (diluída).

Reforçando, antes de ligar a fonte de energia (9 ou 12 V DC), o cronômetro deverá estar a “zerado”, as ligações elétricas com o multímetro estabelecidas e o mesmo ajustado na escala entre 20-200 mA.

Ao iniciar o experimento anotar tempo necessário para atingir o volume de 5mL de gás Hidrogênio ( $H_2$ ) no eletrodo do processo de redução (catodo). Ao efetuar as leituras de corrente elétrica, observará pequenas oscilações na leitura da amperagem do multímetro. Sugerimos que anote a corrente elétrica a cada minuto ou intervalo de 30 segundo, para

estabelecer a média da corrente elétrica empregado no experimento e utilizarmos nos cálculos. Obs.: Considerando a concentração da solução empregada (0,1 mol/L), o tempo de duração do experimento dependerá da tensão e corrente elétrica aplicadas no processo da eletrólise em média de 15 a 20 minutos.

Segue uma sugestão de tabela para anotação dos dados (figura 4). Com os dados anotados e auxílio (mediação) do professor pode-se obter com tranquilidade o valor numérico da constante de Avogadro. Não esqueça de anotar a pressão atmosférica, para isso utilize um aplicativo de climatológico e a temperatura da solução.

Figura 4-Modelos de tabela para anotações do experimento.

Anotações do Experimento			Anotações do Experimento		
Data:			Data:		
Exp. Nº			Exp. Nº		
t(mim)	t(s)	I(mA)	t(mim)	t(s)	I(mA)
1	60	-	0,5	30	
2	120		1	60	
3	180		1,5	90	
4	240		2	120	
5	300		2,5	150	
6	360		3	180	
			3,5	210	
Término			4	240	
	<b>Média</b>		4,5	270	
			5	300	
			Término		
				<b>Média</b>	
Fonte: Autor( modelo 01)			Fonte: Autor( modelo 02)		
T(°C) = ____ °C			T(°C) = ____ °C		
P(hPa) ambiente= ____ hPa			P(hPa) ambiente= ____ hPa		
Fonte DC = ____ V			Fonte DC = ____ V		
Solução NaOH = 0,1 mol/L			Multimetro digital		
Multimetro digital			Modelo _____		
Modelo _____					

Fonte: Autor

Uma vez iniciado o processo não poderá ser interrompido, havendo a interrupção por qualquer motivo (multímetro desligado, fora de escala, anotação de corrente elétrica inadequada ou duvidosa, dentre outras imprevisto), o sistema deve ser montado novamente, já que os eletrodos não devem conter bolhas, sendo recomendado a utilização da lista de conferência, acesse o [checklist](#)

### DADOS EXPERIMENTAIS (EXEMPLO)

Assim que realizarem o experimento, com os alunos, estes terão os dados necessários para realizarem os cálculos e obterem a constante de Avogadro.

Para determinamos a constante de Avogadro partilhamos os dados coletados de experimento. Segue as anotações do experimento (quadro 4).

Obs. A mesma presente no material do estudante.

Quadro 4-Dados obtidos de experimento realizado em 2022

Anotações do Experimento			Anotações do Experimento		
Data:	10/01/2022		Data:	10/01/2022	
Exp. Nº	1		Exp. Nº	1	
t(mim)	t(s)	I(mA)	t(mim)	t(s)	I(mA)
0	0	-	0	0	-
0,5	30	98,6	1	60	98,5
1	60	98,5	2	120	98,8
1,5	90	98,6	3	180	99,0
2	120	98,8	4	240	99,1
2,5	150	98,6	5	300	98,7
3	180	99,0	6	360	98,2
3,5	210	99,1	Término	397	98,1
4	240	99,1		<b>Média</b>	98,6
4,5	270	99,0	Fonte: Autor(modelo 01)		
5	300	98,7	T(°C) ambiente = 23°C		
5,5	330	98,2	P(hPA) ambiente= 1009 hPa		
6	360	98,2	Fonte DC = 12V		
Término	397	97,7	Solução NaOH = 0,25 mol/L ( 10g/L)		
	<b>Média</b>	98,6	Multímetro digital : ET1000 (Minipa)		
Fonte: Autor(modelo 02)					

Fonte: Autor

## DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO

Para iniciarmos os cálculos consideramos importante, professor lembrar que as semirreações que ocorrem no cátodo e no ânodo, por meio da aplicação de uma corrente elétrica por meio de uma fonte de energia de corrente contínua (DC) é ligado no cátodo, onde ocorre o processo de redução e no ânodo, onde ocorre o processo de oxidação. E ainda recordar os materiais empregados e conexões elétricas do experimento para assim relacionar as espécies químicas envolvidas com a ordem de descarga.

Destacamos que no material do estudante recordamos a dissociação iônica, a ionização da água e a ordem de descarga, como apresentado resumidamente em seguida:

Recordando que no experimento o polo negativo da fonte foi conectado ao catodo e positivo conectado no ânodo, sendo empregado como eletrólito, a solução de hidróxido de sódio (NaOH) de concentração 0,1 mol/L, solução básica. Nesta situação temos dissociação iônica e a autoionização da água.

Logo:

1-Dissociação da solução de hidróxido de sódio:  $2 \text{NaOH(aq)} \rightarrow 2 \text{Na}^{\text{(aq)}} + \text{OH}^{\text{(aq)}}$

2-Autoionização da água:  $2 \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2 \text{H}^{\text{(aq)}} + 2 \text{OH}^{\text{(aq)}}$ , esta reação ocorrendo em escala reduzida

Agora, verifica-se quais íons participam ativamente na eletrolise, seguindo a ordem de descarga, a figura 5.

Figura 5-Ordem de descarga.

H <sup>+</sup>	
ANTES	DEPOIS
<b>ORDEM DE DESCARGA</b>	
todos os cátions, exceto alcalinos, alcalinos-terrosos e Al <sup>3+</sup>	Alcalinos, alcalinos-terrosos e Al <sup>3+</sup>

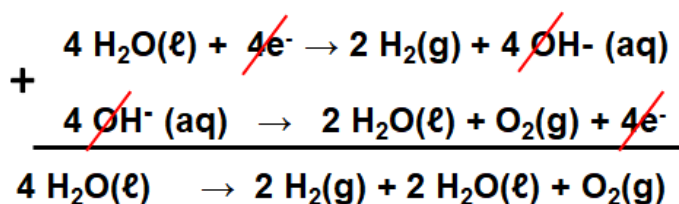
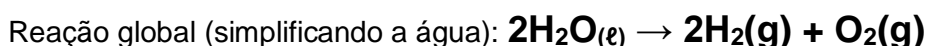
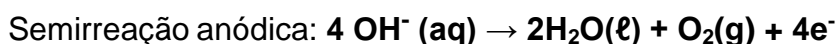
OH <sup>-</sup>	
ANTES	DEPOIS
<b>ORDEM DE DESCARGA</b>	
Não-oxigenados (Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , etc), exceto F	oxigenados (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , etc), exceto HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> e R-COO

Fonte: MORA; SIHVINGER ,2006, p. 242

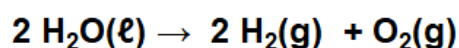
Prioridade de descarga:

- ✓ H<sup>+</sup> > Na<sup>+</sup>
- ✓ OH<sup>-</sup>(base) > OH<sup>-</sup>(água)

Portanto:



SIMPLIFICANDO



Sendo indicado ao estudante caso apresentar sobre questões básicas como as interpretações da reação, a leitura da informação da reação e do cálculo estequiométrico, acessar o link [questões básicas](#).

Professor , segue as etapas para a determinação do número de Avogadro.

**1ª etapa:** Empregamos a equação dos gases ideais (quadro 5) para determinarmos a quantidade de materia do gás hidrogênio, os 5 mL coletados. A partir dos dados anotados referente a temperatura (°C) e a pressão obtida por meio do aplicativo climatológico , como o “Climatepo” .

Com base nos dados coletados extraídos do experimento ([quadro 4](#)). E com a devidas conversões de unidades para Sistema internacional de medidas, obtemos a quantidade de matéria do gás hidrogênio.

Obs. No material do estudante apresentamos com detalhe o processo de conversão das unidades de medida.

- ✓ Pressão ambiente, P= 1009 hPa
- ✓ Volume = 5mL
- ✓ Temperatura= 23°C

Quadro 5-Equação dos gases.

$PV=nRT$ P-pressão (Pa) ; V-volume (m <sup>3</sup> ) ; n-quantidade de matéria (mol); T-temperatura (K) ; R-Constante dos gases = 8.3145 J/Kmol .	<b>P-pressão (Pa)= 100900 Pa</b>  <b>V-volume (m<sup>3</sup>) = 5x10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup></b>  <b>T-temperatura (K)= 296,15 K</b>  <b>R-Constante dos gases = 8.3145 J/Kmol.</b>
--	--

Fonte: Autor

Aplicando a equação dos gases,

$$PV=nRT$$

$$nH_2=PV/RT$$

$$nH_2=\frac{100900 \text{ Pa} \times 5 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{8,3145 \text{ J / K mol} \times 296,15 \text{ K}}$$

$$8,3145 \text{ J / K mol} \times 296,15 \text{ K}$$

$$nH_2= 0,5045/2462,3391 = 2,049 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Obtermos n (H<sub>2</sub>) = **2,049x10<sup>-4</sup> mol de gás hidrogênio**

**2ª etapa:** Recordamos no material dos estudantes a relação inicial de “2 mols de elétrons para obtermos 1 mol de gás hidrogênio”, e por meio da regra de três obtemos a quantidade de elétrons empregado neste este experimento, **ne<sup>-</sup> = 4,098x10<sup>-4</sup> mol de elétrons**

**3ª etapa:** Determinamos carga elétrica (Q). utilizada para a obtenção dos 5mL de gás hidrogênio, como sugestão no material do estudante optamos pela obtenção deste valor por meio da construção manual de um gráfico em papel milimetrado, sendo utilizado a área do gráfico como equivalente a carga elétrica, mas apresentamos outras formas de obtenção, no link [sugestão de emprego de recursos tecnológicos](#).

Para a construção do gráfico da corrente elétrica função do tempo utilizaremos o eixo X para os dados de tempo em segundos e para eixo Y, os dados de corrente elétrica em

miliampères(mA), ao final com o valor médio da corrente elétrica a converteremos em ampère (A), fique atento para este procedimento.

Conforme o [quadro 4](#), reorganizamos as informações indicando o eixo X e Y, assim recordamos das coordenadas (x,y) para construção do gráfico e extração do valor da corrente elétrica, reorganizando a informação sendo apresentada no quadro 06.

Quadro 6-Organizando os dados para construção do gráfico t (s) x i (mA)

	Eixo X	Eixo Y
t(min)	t(s)	i(mA)
0	0	-
1	60	98,5
2	120	98,8
3	180	99
4	240	99,1
5	300	98,7
6	360	98,2
Término	397	98,1

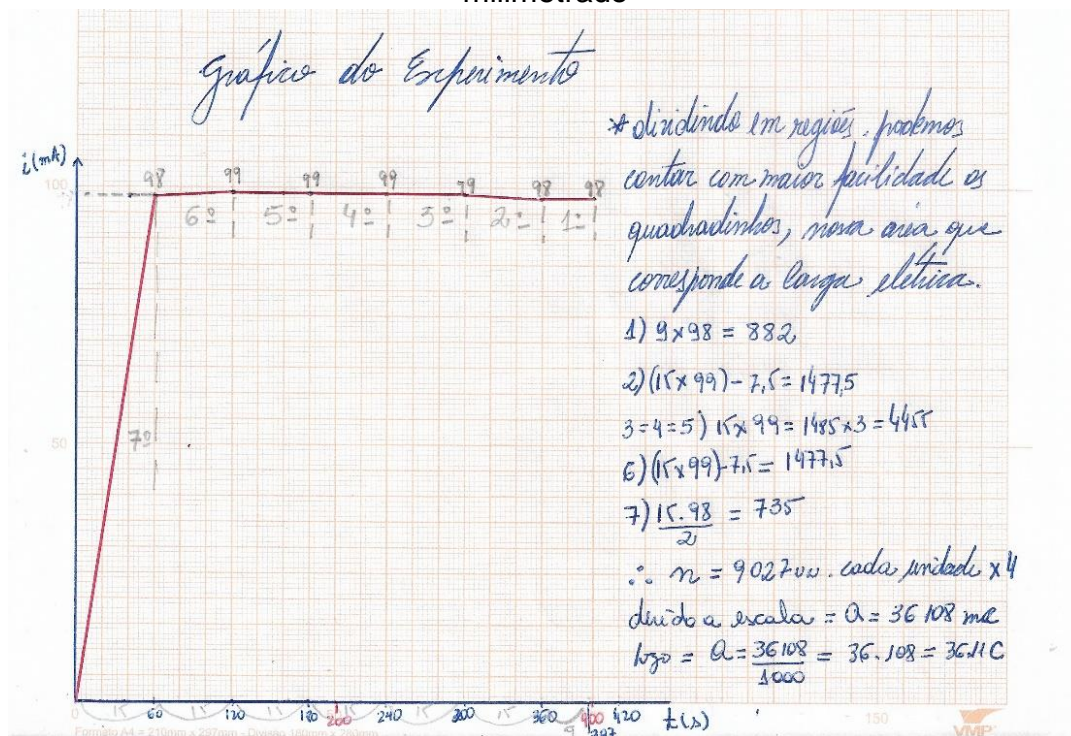
Fonte: Autor

**Detalhe importante:** Orientar o estudante quanto a escala do gráfico, como sugestão utilize papel milimetrado, pois facilitar a construção e cálculos. Para a escala observamos o maior valor numérico de cada eixo em seguida verificamos o espaço disponível no papel, neste caso milimetrado no tamanho A4 na posição paisagem contém 180 mm na vertical (eixo y) e 270 mm (eixo x).

No material do estudante descremos a construção da escala e a relação entre a área abaixo do gráfico com a equação de carga elétrica, neste caso. E orientamos a divisão do gráfico em setores (regiões) para fazer a contagem dos quadradinhos ( $\text{mm}^2$ ) no esboço do gráfico.

Na figura 05, exemplificamos este procedimento com a divisão do gráfico em sete regiões que somadas totalizaram  $9207 \text{ mm}^2$ , porém destaca-se a questão da escala aplicada no eixo do tempo sendo 1:4, logo a área total é multiplicada por 4, assim obtemos a carga elétrica de 36108 mC, mas precisamos adequar carga de milicoulomb (mC) a coulomb (C).

Figura 05-Gráfico do experimento de tempo x corrente elétrica em papel milimetrado



Fonte: Autor

**4º Etapa**, Empregamos equação de carga elétrica do ponto de vista da eletrostática para obtermos a quantidade de elétrons utilizada no experimento de eletrólise, conforme o quadro 7.

Quadro 7-Equação carga elétrica (Eletrostática).

$Q = N \cdot  e $ Q- Carga elétrica (C) N- Número de elétrons  e - carga elétrica elementar	Portanto $Q = 36,11 \text{ C}$ $ e  = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
--	--

Fonte: Autor

$$Q = N \cdot |e|$$

$$36,11 \text{ C} = N \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$N = 36,11 \text{ C} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$N = 2,256875 \times 10^{20} \text{ elétrons}$$

**5º Etapa**, finalizando a determinação, relacionamos o número de elétrons utilizados no processo eletrolise juntamente com quantidade de matéria de elétrons, que os íons hidrogênio receberam no catodo gerando o gás hidrogênio,  $4,098 \times 10^{-4} \text{ mol}$  de elétrons tendo a equação no quadro 8 para a obtenção do número de Avogadro.

### Quadro 8-Equação para determinar a constante de Avogadro

$N_A \cdot n_{e^-} = Ne$ $N_A$ -constante de Avogadro $Ne$ - Número de elétrons $n_{e^-}$ = quantidade de quantidade de matéria	Logo: $Ne = 2,256875 \times 10^{20}$ elétrons $n_{e^-} = 4,098 \times 10^{-4}$ mol $e^-$
--	--

Fonte: Autor

$$N_A \cdot n_{e^-} = Ne$$

$$N_A = Ne / n_{e^-}$$

$$N_A = 2,256875 \times 10^{20} e^- / 4,098 \times 10^{-4} \text{ mol } e^-$$

$$N_A = 5,507 \times 10^{23} / \text{mol.}$$

Portanto neste experimento o valor obtido corresponde  $\approx 5,51 \times 10^{23}$ , valor próximo do valor atual  $6,02214179 \times 10^{23}$  entidades apresentado um margem de erro de  $\approx 8,5\%$  dentro da estimada entre 5% e 10 %, visto que o experimento utilizando materiais de baixo custo e destinado a fins didáticos.

Professor reforçamos que os pontos críticos temos a questão na montagem a presença das bolhas de ar, na decorrer do experimento as anotações da corrente elétrica e ainda o cálculo da carga elétrica média, interferem significativamente nos resultados.

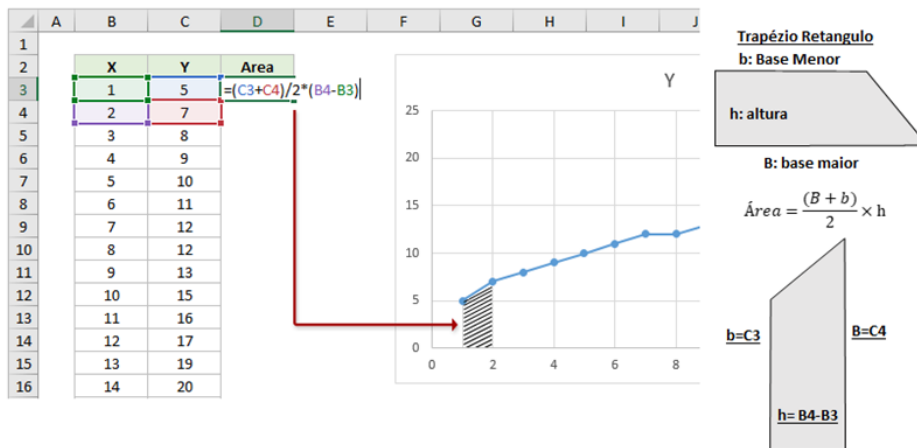
### SUGESTÃO DE EMPREGO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS

Caro professor,

Como destacado a determinação da carga elétrica total influencia o resultado do valor numérico da constante de Avogadro. Em nosso exemplo empregamos uma técnica manual, o cálculo a partir da área abaixo da linha do gráfico construído no papel milimetrado, conforme a disponibilidade de recursos tecnológico e conhecimento no emprego deste pode-se obter resultados mais próximos do valor real, mas ainda dentro da faixa de erro (5 a 10%) esperado pelas condições e objetivo do experimento. Apresentaremos uma visão geral com base nos dados experimentais no [quadro 4](#).

**a- Utilização da planilha eletrônica** como por exemplo o Excel da Microsoft ou Calc da LibreOffice, de fácil acesso ao estudante no ensino médio. Neste caso construímos o gráfico corrente elétrica por tempo e calculamos a área abaixo do gráfico, visto que o cálculo de área ( $A = a \times b$ ) equivale numericamente ao cálculo da carga elétrica ( $Q = i \times t$ ). Logo empregamos a divisão de gráfico em áreas de trapézios, determinamos cada intervalo de área e somamos, obtendo o resultado equivalente. Assim aplicando a equação de área do trapézio teremos a cada dois pontos em nosso caso, a equação (corrente A + corrente B / 2) \* (tempo B - tempo A), como exemplificado na fórmula, destacada na figura 6.

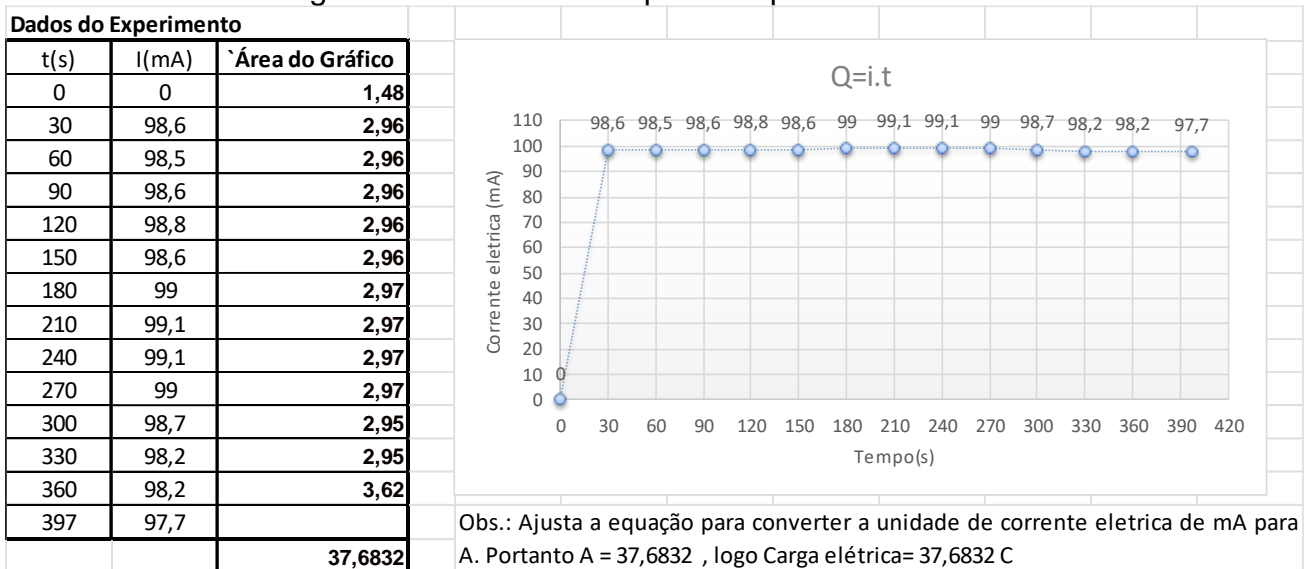
Figura 6-Cálculo de área abaixo da linha do gráfico empregando planilha eletrônica.



Fonte: Autor

Gerando o gráfico e aplicando a equação proposta obtemos a área que corresponde a carga elétrica total, conforme a figura 7.

Figura 7 -Dados obtido a partir da planilha eletrônica



Fonte: Autor

Neste caso partindo dos demais dados calculados durante a exemplificação, obteremos:

$$Q = ne^- \cdot |e|$$

$$ne^- = 37,6832 \text{ C} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} = 2,3551 \times 10^{20} \text{ elétrons.}$$

$$N_A = ne^- / N_{e^-}$$

$$N_A = 2,3552 \times 10^{20} \text{ elétrons} / 4,098 \times 10^{-4} \text{ mol de elétrons.}$$

Portando  $N_A = 5,74 \times 10^{-23}$ , aproximou-se um pouco mais do valor atual em relação aos cálculos que empregaram o papel milimetrado, havendo erro na faixa de  $\approx 4,7\%$ .

**b- Utilização da média**, está podendo ser calculada com emprego de uma planilha eletrônica, de uma calculadora ou manualmente. Neste caso, inicie a partir da primeira medição, na figura 8 apresenta-se o cálculo da média da corrente elétrica.

Figura 8- Cálculo de media da corrente eletrica

Anotações do Experimento		
Data:	10/01/2022	
Exp. Nº	1	
t(mim)	t(s)	I(mA)
0	0	-
1	60	98,5
2	120	98,8
3	180	99,0
4	240	99,1
5	300	98,7
6	360	98,2
Término	397	98,1
	<b>Média</b>	98,6
Fonte: Autor( modelo 01)		
T(°C) ambiente = 23°C		
P(hPA) ambiente= 1009 hPa		
Fonte DC = 12V		
Solução NaOH = 0,25 mol/L ( 10g/L)		
Multimetro digital : ET1000 (Minipa)		

$$\text{Média} = \frac{98,5+98,8+99,0+99,1+98,7+98,2+98,1}{7}$$

$$\text{Média} = \frac{690,4}{7} = 98,62857143 \approx 98,6 \text{ mA ou } 0,986\text{A}$$

Fonte: Autor

Nesta situação partindo dos demais dados calculados durante a exemplificação, obteremos:

$$Q = i \cdot t$$

$$Q = 0,0986 \text{ A} \cdot 397\text{s} = 39,1442 \text{ A} \approx 39,14 \text{ A}$$

$$Q = ne^- \cdot |e|$$

$$ne^- = 39,14 \text{ C} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} = 2,4462 \times 10^{20} \text{ elétrons.}$$

$$N_A = ne^- / N_{e^-}$$

$$N_A = 2,4462 \times 10^{20} \text{ elétrons} / 4,098 \times 10^{-4} \text{ mol de elétrons}$$

Portando  $N_A = 5,97 \times 10^{23}$ , aproximou-se um pouco mais do valor atual em relação aos cálculos que empregaram a planilha eletrônica ou o papel milimetrado havendo erro na faixa de  $\approx 0,9 \%$ .

**c- Utilização do aplicativo matemático** (Origin), um aplicativo matemático que emprega a integral, neste caso, o estudante deve compreender conceito de integral. Insira os dados coletas na planilha, sendo X para tempo e Y para corrente elétrica, em seguida aplique o ajuste de unidade na corrente elétrica, conforme a figura 9.

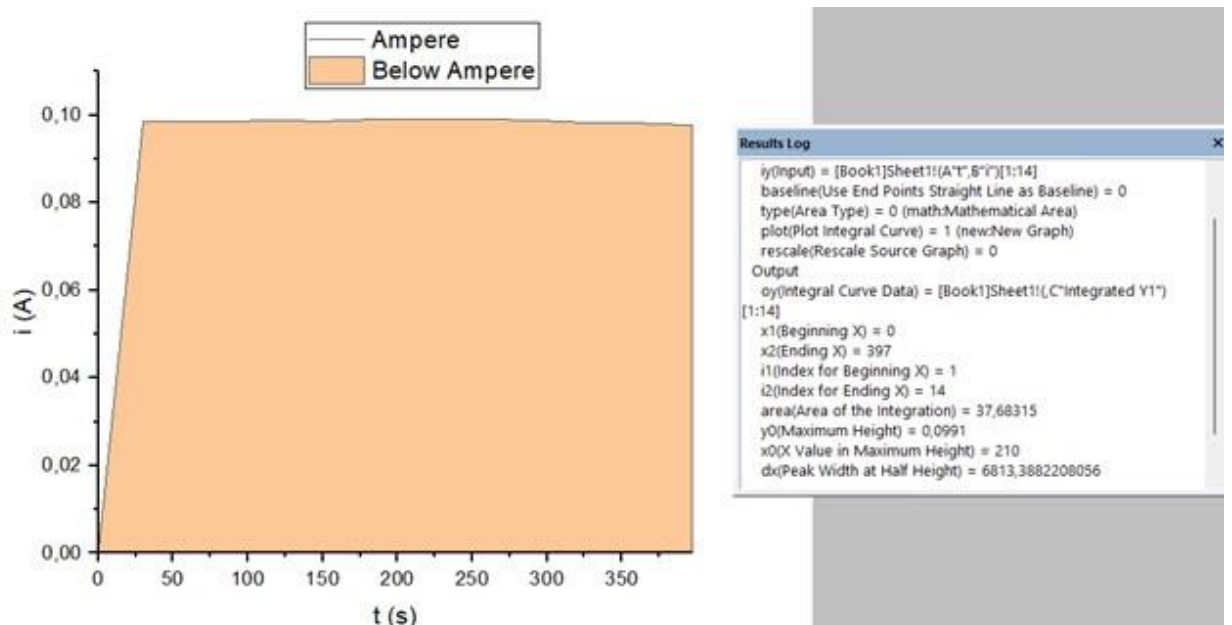
Figura 9-Dados do experimento no app Origin.

Anotações do Experimento			A(X)	B(Y)
Data:	10/01/2022		Long Name	t
Exp. Nº	1		Units	s
t(mim)	t(s)	I(mA)	Comments	segundo
0	0	-		Ampere
0,5	30	98,6		
1	60	98,5	F(x)=	B/1000
1,5	90	98,6	1	0
2	120	98,6	2	30
2,5	150	98,6	3	60
3	180	99	4	90
3,5	210	99,1	5	120
4	240	99,1	6	150
4,5	270	99	7	180
5	300	98,7	8	210
5,5	330	98,2	9	240
6	360	98,2	10	270
	390	97,7	11	300
Término	397	98,1	12	330
			13	360
			14	397
			15	
	Média	98,6		

Fonte: Autor

Em seguida gere o gráfico e aplique a função análise no modo integral, sendo obtido a área = 37.6831 que corresponde 37.6831C, na figura 10.

Figura 10-Dados do experimento - gráfico e app no Origin



Fonte: Autor

Com este valor de carga elétrica e carga elementar obtemos: Com o valor da carga, podemos obter através por meio da equação de carga elétrica o número de elétrons.

$$Q = ne^- \cdot |e|$$

$$ne^- = 37,6831 \text{ C} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} = 2,3551 \times 10^{20} \text{ elétrons.}$$

Aplicando a equação

$$N_A = ne^- / N_{e^-}$$

$$N_A = 2,3552 \times 10^{20} \text{ elétrons} / 4,098 \times 10^{-4} \text{ mols de elétrons}$$

$N_A = 5,74 \times 10^{23}$ , aproximou-se um pouco mais do valor atual em relação aos cálculos que empregaram o papel milimetrado havendo erro na faixa de  $\approx 4,7\%$ .

Comparando os resultados obtidos nas diversas formas de calcular a carga elétrica total envolvida na eletrolise, observa-se valores próximos e dentro da faixa de erro considerada, porém insistimos que os cuidados durante o experimento e suas anotações são fundamentos para obtenção de resultados confiáveis.

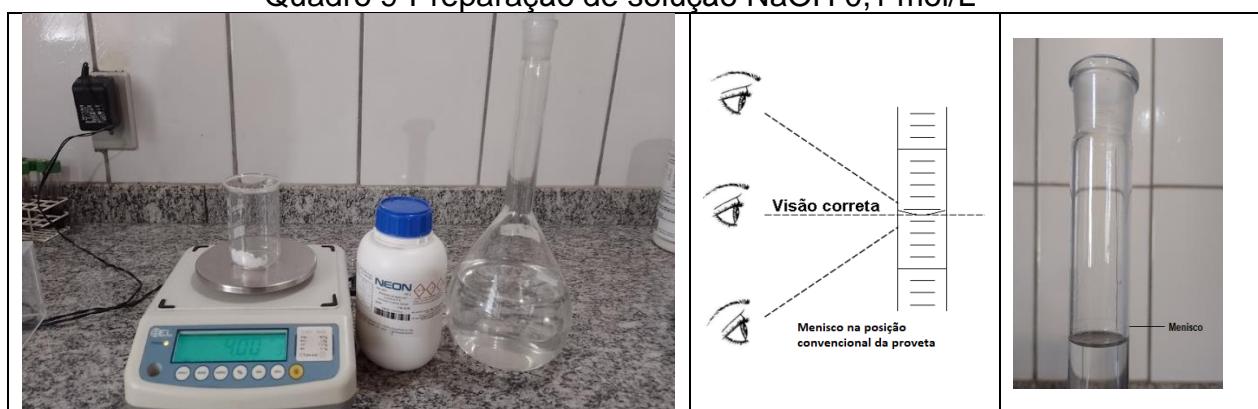
## RECOMENDAÇÕES E CUIDADOS COM O EXPERIMENTO.

Esta seção, professor visa reforçar os cuidados com o preparo e execução do experimento sendo recomendado alguns cuidados tanto na montagem quanto no desenvolvimento e descarte de materiais.

Para montagem do sistema:

A solução eletrolítica emprega hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, caso necessite preparar, pese 4 gramas em balança de precisão adicioná-lo um béquer de 300mL com aproximadamente 100mL de água destilada para dissolução, logo repassar a um balão volumétrico de 1000 mL e completar o volume. Observe adequadamente o menisco, conforme o quadro 9.

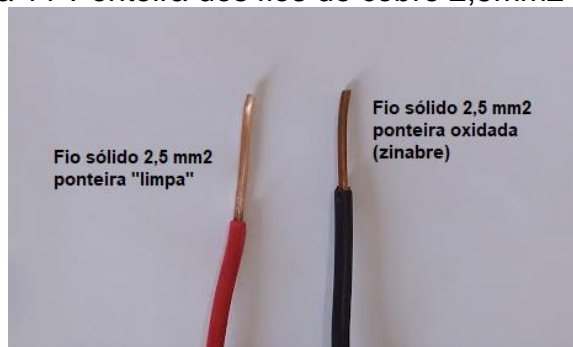
Quadro 9-Preparação de solução NaOH 0,1 mol/L



Fonte: Autor

Para o eletrodo, recomenda-se utilizar o fio sólido ao invés do cabo flex. de cobre na espessura de 1,5 mm<sup>2</sup> ou 2,5 mm<sup>2</sup> (recomendado), visto a maior facilidade de manipulação. Desencapar nas extremidades cerca de 1,0 cm e esteja atento a limpeza delas, podendo ocorrer a formação do zinabre, conforme figura 11.

Figura 11-Ponteira dos fios de cobre 2,5mm<sup>2</sup> sólido-



Fonte: Autor

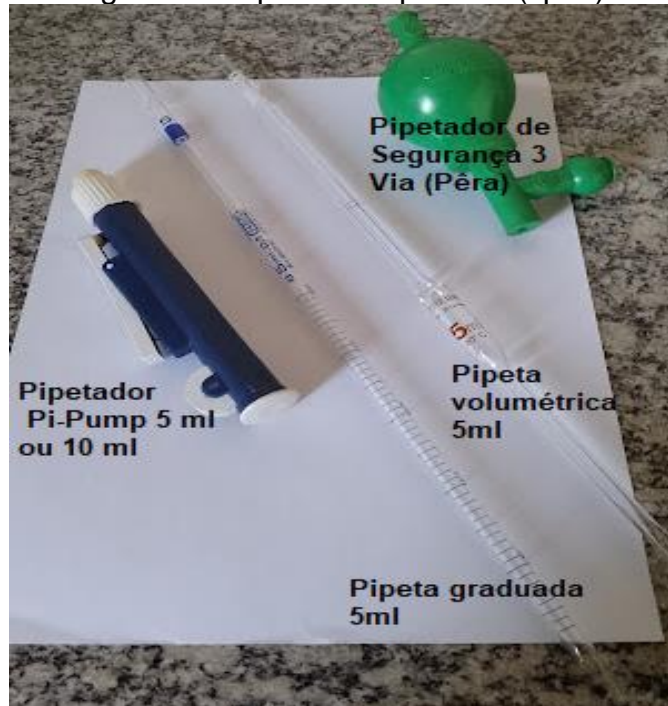
Reforçando os cuidados com o preenchimento dos eletrodos, como mencionado é uma etapa crítica na montagem do aparato experimental. Ao preencher a proveta ou tubos de ensaio de 50mL graduados para montar os eletrodos, fique atento a formação de bolhas de ar, visto sua interferência no resultado. Após a proveta estar preenchida com a solução eletrolítica (NaOH 0,1mol/L), e isenta de bolhas de ar e vedada com o filme plástico a partir do bico de escoamento. Mergulhe-a com cuidado no recipiente com a solução eletrolítica e agite vagarosamente até o filme plástico se soltar da proveta, em seguida mova a proveta até o fio do eletrodo e fixe-os no recipiente conforme apresentado na [quadro 1](#). Obs. Não esqueça de utilizar os EPIs (Luva e óculos de segurança);

Mantenha as provetas que compõem o conjunto dos eletrodos nivelado, pois facilita a leitura do menisco, como detalhado na [figura 3](#), utilize para fixar e nivelar os bastões de vidro ou as pipetas graduadas de 1mL.

#### **Detalhes importantes:**

Para obter maior precisão realize marcações na proveta empregando uma pipeta volumétrica de 5mL. Adicione uma alíquota de 5mL de água na proveta com auxílio de pipetador Pêra ou pipetador Pi-pump e marque com caneta tipo marcador permanente a referência, conforme figura 12.

Figura 12- Pipetas e Pipetador (tipos).



Fonte: Autor

Em relação ao multímetro, empregamos o tipo digital, visto a facilidade na leitura contribuindo no processo de anotações do experimento.

Verifique se as pilhas ou baterias do multímetro empregado estejam confiáveis, com “carga”, na dúvida realize a troca, visto que o tempo de duração do experimento pode variar entre 15 e 30 minutos.

Certifique-se que os contatos das ligações elétricas dos eletrodos com o multímetro estejam presos e firme, reduzindo a interferência por mau contato, caso possível utilize garras tipo jacaré, conforme figura 13.

Figura 13-Multímetro e material de conexão



Fonte: Autor

Recomenda-se realizar uma aula previa com os estudantes, caso deseje que eles executem a montagem do aparato experimental, visto os diversos pontos elencados como críticos do experimento.

### **Limpeza**

Para a limpeza dos materiais utilizados e vidrarias realize o enxague; lavagem com água e detergente, por fim finalize enxaguando com água destilada ou deionizada. Obs. Considerando o emprego do ácido ou base diluído  $<0,1 \text{ mol/L}$

### **Descarte**

No caso, da solução de hidróxido de sódio neutralizar com um ácido fraco ou diluído (ácido acético, por ex.). Acertar o pH entre 5,0 e 8,0 (verificar com papel indicador), descartar na pia sob água corrente;

Os cabos ou fios de cobre, indicamos encaminhar a reciclagem. Evite descartar no lixo comum.

Os pontos destacados objetivam assegurar as condições adequadas para a reprodução do experimento, bem como a segurança coletiva e pessoal durante o processo.

## SUGESTÃO AOS PROFESSORES: ROTEIROS

Caro Colega,

Após a descrição da atividade experimental apresentaremos algumas sugestões de abordagem para sua apreciação, análise e avalie a possibilidade de execução frente a realidade de sua escola.

### 1º Concluindo o conteúdo de eletroquímica com o experimento de eletrólise da água e a constante de Avogadro

Nesta secção consideramos que a conclusão do conteúdo de eletroquímica ocorra com a execução do experimento de eletrolise e determinação da constante de Avogadro, sugerimos a utilização das propostas de mapas conceituais, destacar os “pontos importantes” e as “sugestões aos professores” presentes no produto educacional.

Sugestão:

- ✓ Tema: **Estado de oxidação**

Duração estimada em 3-4 h/aulas.

Iniciar com o tema Estado de Oxidação, seguida das devidas explicações e exemplos a sua escolha, sugere-se atividades que visem a determinação do estado de oxidação (NOX), da determinação do processo de oxidação e redução, da identificação dos agentes oxidantes e redutores e balanceamento de reação redox por semirreação. (02-3h/aulas);

Em seguida indica-se a execução da atividade experimental sobre a reação de oxirredução. Para o experimento acesse [Experimento: reação entre zinco e ácido clorídrico](#). (01h/aula). Obs.: Como a atividade experimental não ocupará a aula inteira, aproveite para tirar dúvidas sobre o estado de oxidação ou rever questões relacionadas a conservação das massas e proporções com alguns exemplos.

- ✓ Tema: **Eletroquímica:**
- ✓ Duração estimada em 7-9 h/aulas.

Discuta juntos aos estudantes noções de Eletricidade, tendo por meta introduzir a questão da eletrização e da natureza elétrica da matéria. Sendo recomendado, se possível articule junto ao professor da disciplina física reforço as questões de cargas elétricas, eletrização, corrente elétrica e noções da relação do primeiro modelo atômico a trazer a existência das cargas (natureza elétrica da matéria). Caso o professor da disciplina física estiver disposto a uma ação interdisciplinar almejada pela BNCC, sugira a utilização do texto presente no produto. E havendo disponibilidade realizem os experimentos sobre eletrização, que devido simplicidade podem ser realizados no decorrer das aulas sobre o tema. Para os

experimentos acessem [Experimento: atração de fragmentos de papel e do filete d'água](#) e [Experimento: eletroscópio](#) (1-2 h/aulas).

Após resolvida a questão da eletricidade, sugerimos iniciar com a primeira etapa da Eletroquímica, abordando junto aos estudantes o tema Pilhas e baterias (células galvânicas). Neste momento poderíamos realizar o experimento sobre condutividade elétrica para introduzir as soluções eletrolíticas (acesse o [Experimento: condutividade elétrica](#)). Em seguida aborda-se os conceitos básicos das células galvânicas juntamente com atividades para os alunos desenvolverem envolvendo a determinação em células galvânicas do ânodo, cátodo, as semirreações de oxidação e redução, o sentido de corrente elétrica, função salina, o potencial da pilha, mas a sua escolha. Porém por experiência própria, surgirá aos estudantes a elaboração texto curto, umas 15 linhas sobre como “seria sua vida sem as pilhas e baterias”, um momento interessante para conversamos sobre a importância e contribuições das células galvânicas a sociedade (2-3 h/aulas).

Para finalizar a esta discussão as células galvânicas e introduzir os primeiros passos no laboratório solicitar um relatório do experimento abrangendo pelo menos material utilizado, observações experimentais e conclusão a partir do [Experimento: pilha de Daniell/pilha simples](#). (01 h/aula).

Agora que estudante está familiarizado com os alguns termos da eletroquímica, abordamos células eletrolíticas (Eletrólise) com agilidade sem perder o foco na aprendizagem sendo sugerido utilização de atividades que envolva a diferenciação das eletrolises (ígneas e aquosa), a identificação em células eletrolíticas do ânodo, cátodo, as semirreações de oxidação e redução, dentre outros conceitos. Sendo interessante a elaboração de uma apresentação (slides) que abordem as contribuições de Faraday a eletrólise, a importância e as contribuições das eletrólise para a sociedade. Observa-se que esta atividade deverá ser realizada com tarefa (02h/aulas)

Sendo possível realizar a atividade experimental sobre revestimento por eletrólise de peças metálicas, aproveitando a discussão do experimento para tira-dúvidas sobre o assunto, acesse [Experimento: revestimento de moeda/chave](#) (01 h/aula).

- ✓ Tema: **Experimento [Eletrólise da água e a constante de Avogadro](#):**
- ✓ Duração estimada em 2-3 h/aulas

Como abordado o experimento Eletrólise da água e a constante de Avogadro objetiva não apenas a reação de eletrólise da água, mas rever os conceitos de eletrólise, as contribuições de Faraday e ainda incentivar atitudes responsáveis, responsáveis durante o

experimento para assim determinar a constante de Avogadro com resultados confiáveis e aceitáveis estimando erros em relação ao valor atual entre 5 e 10%. Ao final das discussões e cálculos esperamos que o estudante possa compreender significado da constante de Avogadro.

Caso haja possibilidade de os estudantes executarem em grupos o experimento necessitaremos de dois momentos, o primeiro a montagem do aparato, pois com apresentado no experimento a montagem do eletrodo isento de bolhas é tarefa árdua que requer prática (01h/aula), já o segundo refere-se à realização do experimento, sendo necessário a montagem do aparato, o desenvolvimento experimental (duração 15 a 20 minutos) e a organização do material utilizado e descarte (1h/aula).

Não havendo a possibilidade de os estudantes realizar o experimento, o professor poderá se possível demonstrá-lo, porém se impossibilidade ainda ocorrer o estudante poderá realizar os cálculos com base em informações de experimento realizado, disponível no material do estudante.

Após a atividade experimental com as informações coletadas (anotações) os estudantes realizam os procedimentos de cálculo descrito no material do estudante e em seguida elaborem um relatório experimental. Indiferente do procedimento empregado, ou seja, executando o experimento, observando a demonstração experimental ou tendo acesso aos dados experimentais, pois o desenvolvido tanto do experimento quanto do cálculo são de suma importância no processo de aprendizagem. Havendo necessidade o professor poderá destinar um momento para tirar dúvidas dos estudantes e/ou revisão dos cálculos (1h/aula).

Destaco mais uma vez que apresentamos sugestões, porém a aplicação delas dependem de sua realidade e perfil, mas gostaríamos que havendo possibilidade realizem algumas das ações proposta, pois diversificação de atividade podem contribuir significativamente na aprendizagem do estudante.

E relembro que no início de cada tema, no preambulo apresentamos uma proposta de mapa conceitual do tema abordado no intuito de partilhá-lo e junto somarmos esforços para aprendizagem dos estudantes. Caso deseje conhecer sobre o mapa conceitual e nosso referencial teórico, a aprendizagem significativa de Ausubel na perspectiva Novak, leia o item mapa conceitual (visão geral).

Observamos ainda que nas propostas da as atividades experimentais apresentamos algumas questões que podem contribuir na interpretação e na aprendizagem dos conceitos abordados no experimento

## 2º Iniciando o conteúdo de eletroquímica com o experimento de eletrólise da água e a constante de Avogadro.

Nesta secção consideramos que iniciemos o conteúdo de eletroquímica com a execução do experimento de eletrolise e determinação da constante de Avogadro, para assim instigar a curiosidade e interesse pelo conteúdo sugerimos a utilização das propostas de mapas conceituais, destacar os “pontos importantes” e as “sugestões aos professores” presentes no produto educacional.

- ✓ Tema: **Experimento Eletrólise da água e a constante de Avogadro**:
- ✓ Duração estimada em 2-3 h/aulas

Como abordado o experimento Eletrólise da água e a constante de Avogadro objetiva não apenas a reação de eletrolise da água, mas despertar o interesse dos estudantes, pelo fenômeno ocorrido, assim aguçando a curiosidade de compreender o fenômeno e as leis que o regem. E incentivar as atitudes responsáveis durante o experimento para assim determinar a constante de Avogadro com resultados confiáveis e aceitáveis estimando erros em relação ao valor atual entre 5 e 10%.

Caso haja possibilidade de os estudantes executarem em grupos o experimento necessitaremos de dois momentos, o primeiro a montagem do aparato, pois com apresentado no experimento a montagem do eletrodo isento de bolhas é tarefa árdua que requer prática (01h/aula), já o segundo refere-se à realização do experimento, sendo necessário a montagem do aparato, o desenvolvimento experimental (duração 15 a 20 minutos) e a organização do material utilizado e descarte (1h/aula).

Não havendo a possibilidade de os estudantes realizar o experimento, o professor poderá se possível demonstrá-lo, porém se impossibilidade ainda ocorrer o estudante poderá um relato do experimento realizado com informações gerais e dados coletados (as anotações) presente no material do estudante.

Após resolvida a questão experimental inicia-se a abordagem dos conteúdos inserindo gradativamente os conceitos envolvidos no experimento, realizando o processo de ida e volta entre o experimento e os conceitos, favorecendo integração entre a diferenciação progressiva e reconciliação integradora proposta por Ausubel, podendo compreender os conceitos relacionados aos conteúdos de estado oxidação, eletroquímica e noções de eletricidade com solidez. E que após todas as discussões envolvendo o experimento e

cálculos efetuados esperamos que o estudante possa compreender significado da constante de Avogadro.

Depois da experimentação, temos como sugestão iniciar pelo:

✓ Tema: **Estado de oxidação**

Duração estimada em 3-4 h/aulas.

Iniciar com a abordagem do tema Estado de Oxidação e com as devidas explicações, junto aos estudantes, sugere-se a sua escolha atividade que visem a determinação do estado de oxidação (NOX), da determinação do processo de oxidação e redução, da identificação dos agentes oxidantes e redutores e balanceamento de reação redox por semirreação. (02-3h/aulas).

Em seguida indica-se a execução da atividade experimental sobre a reação de oxirredução. Para o experimento acesse [Experimento: reação entre zinco e ácido clorídrico](#). (01h/aula). Obs.: Como a atividade experimental não ocupará a aula inteira aproveite para relembrar o experimento e relacionar a reação de oxidação e redução com a reação de decomposição da água, os gases obtidos no experimento.

✓ Tema: **Eletroquímica:**

✓ Duração estimada em 7-9 h/aulas.

Discutir junto aos estudantes noções de Eletricidade, tendo por meta introduzir a questão da eletrização e da natureza elétrica da matéria. Sendo recomendado, se possível articule junto ao professor da disciplina física reforço as questões de cargas elétricas, eletrização, corrente elétrica e noções da relação do primeiro modelo atômico a trazer a existência das cargas (natureza elétrica da matéria). Caso o professor da disciplina física estiver disposto a uma ação interdisciplinar almejada pela BNCC, sugira a utilização do texto presente no produto. E havendo disponibilidade realizem os experimentos sobre eletrização, que devido simplicidade podem ser realizados no decorrer das aulas sobre o tema. Para os experimentos acessem [Experimento: atração de fragmentos de papel e do filete d'água](#) e [Experimento: eletroscópio](#) (1-2 h/aulas).

Após abordado a questão da eletricidade retornamos ao experimento agora discutindo questões sobre a função da fonte de energia, corrente elétrica, a relação entre a corrente alternada (AC) e corrente contínua (DC), a tensão da fonte ou voltagem, a corrente elétrica dentre outras.

Depois de abordar algumas questões envolvendo eletricidade inicia-se iniciar com a primeira etapa da Eletroquímica, o tema Pilhas e baterias (células galvânicas). Neste momento poderíamos realizar o experimento sobre condutividade elétrica para introduzir as soluções eletrolíticas (acesse o [Experimento: condutividade elétrica](#)). Em seguida aborda-se os conceitos básicos das células galvânicas juntamente com atividades para os alunos desenvolverem envolvendo a determinação em células galvânicas do ânodo, cátodo, as semirreações de oxidação e redução, o sentido de corrente elétrica, função salina, o potencial da pilha, mas a sua escolha. Porém por experiência própria, surgirá aos estudantes a elaboração texto curto, umas 15 linhas sobre como “seria sua vida sem as pilhas e baterias”, um momento interessante para conversamos sobre a importância e contribuições das células galvânicas a sociedade (2-3 h/aulas).

Para finalizar a esta discussão as células galvânicas e introduzir os primeiros passos no laboratório solicitar um relatório do experimento abrangendo pelo menos material utilizado, observações experimentais e conclusão a partir do [Experimento: pilha de Daniell/pilha simples](#). (01 h/aula).

Novamente retornamos ao experimento perguntando aos estudantes poderia substituir a fonte de energia por pilhas ou baterias? Funcionária da mesma forma? A reação observada gera ou necessita de energia elétrica? Assemelha-se as células galvânicas? As questões visam aguçar curiosidade e parte delas buscam por aspectos comuns ou incomuns observados entre o experimento da eletrolise e da pilha de Daniell, caso tenha realizado a montagem da pilha

O estudante já deve estar familiarizado com os alguns termos da eletroquímica e podemos abordar as células eletrolítica (Eletrólise) com agilidade sem perder o foco na aprendizagem, sendo sugerido utilização de atividades que envolva a diferenciação das eletrolises (ígneas e aquosa), a identificação em células eletrolíticas do ânodo, cátodo, as semirreações de oxidação e redução, dentre outros conceitos. Sendo interessante a elaboração de uma apresentação (slides) que abordem as contribuições de Faraday a eletrolise, a importância e as contribuições das eletrolise para a sociedade. Observa-se que está atividade deverá ser realizada com tarefa (02h/aulas).

Sendo possível realizar a atividade experimental sobre revestimento por eletrolise de peças metálicas, aproveitando a discussão do experimento para tira-dúvidas sobre o assunto, acesse [Experimento: revestimento de moeda/chave](#) (01 h/aula).

Ao relembrar o experimento buscamos finalizá-lo, pois com informações coletadas (anotações) os estudantes podem realizar os procedimentos de cálculo descrito no material

do estudante e em seguida elaborem um relatório experimental. Havendo necessidade o professor poderá destinar um momento para tirar dúvidas dos estudantes e/ou revisão dos cálculos (1h/aula).

Destaco mais uma vez que apresentamos sugestões, porém a aplicação delas dependem de sua realidade e perfil, mas gostaríamos que havendo possibilidade realizem algumas das ações proposta, pois diversificação de atividade podem contribuir significativamente na aprendizagem do estudante.

E relembro que no início de cada tema, no preambulo apresentamos uma proposta de mapa conceitual do tema abordado no intuito de partilhá-lo e junto somamos esforços para aprendizagem dos estudantes. Caso deseje conhecer sobre o mapa conceitual e nosso referencial teórico, a aprendizagem significativa de Ausubel na perspectiva Novak, leia o item mapa conceitual (visão geral).

Observamos ainda que nas propostas das atividades experimentais apresentamos algumas questões que podem contribuir na interpretação e na aprendizagem dos conceitos abordados no experimento

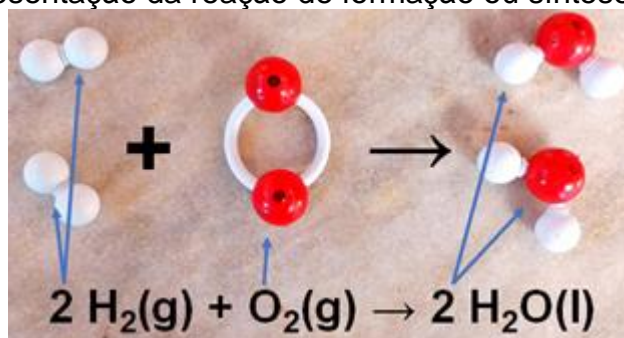
## EXPERIMENTO DE ELETROLISE E A CONSTANTE DE AVOGADRO: ESTUDANTES.

Caro Estudante.

Ao observarmos o mundo ao redor, logo surge indagações sobre sua composição, assim pensamos na matéria, recordamos que matéria ou de modo mais concreto, os materiais, são formados por átomos. Esses átomos formam as diversas substâncias que constituem o todo, desde um grão de areia a uma estrela como nosso sol, enfim o universo.

Como os átomos constituem a matéria, como seria a constituição da água, substância essencial para existência dos seres vivos, incluindo nós, os seres humanos que apresentam mais 60% de água em nosso organismo. Na figura 1, representamos a reação de formação da água e representamos as moléculas das substâncias envolvidas. Nesta representação utiliza-se esferas brancas para os átomos de hidrogênio e já esferas vermelhas para os átomos de oxigênio. Relembramos que a reação envolve duas moléculas de gás hidrogênio ( $H_2$ ) reagindo com uma molécula de gás oxigênio ( $O_2$ ) resultando em duas moléculas de água ( $H_2O$ ) no estado líquido.

Figura 1 -Representação da reação de formação ou síntese da água.



Fonte: Autor

Observando a reação de síntese da água, os átomos das moléculas do gás hidrogênio e do gás oxigênio são recombinados (reorganizados) formando as moléculas de água, porém a quantidade de cada átomo envolvido neste processo não é alterada ou os átomos que reagiram são reorganizados gerando outras substâncias podendo durante o processo liberar ou absorver energia, mas os átomos permanecem os mesmos, apenas se reorganizam em novos arranjos.

Por isso a soma da massa dos reagentes é igual a massa dos produtos, a Lei da conservação das massas observada e estudada por Lavoisier. Ainda observamos relações de proporção entre as quantidades das moléculas, por exemplo, para gerar 2 moléculas de água necessitamos de 1 molécula de gás oxigênio, uma relação de 2:1 seja, para cada 2

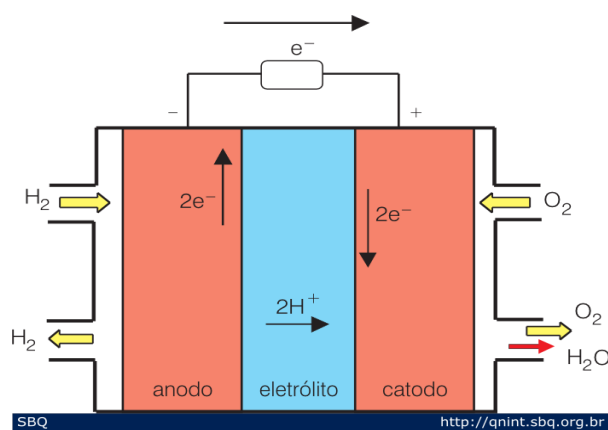
moléculas preciso de 1 molécula, a lei das proporções estabelecida por Proust, para recordar acesse [questões básicas](#) da química.

Estas relações quando foram observadas, estudadas e certificadas por experimentos, impulsionaram a passagem da química de arte (curiosidade) para a ciência atual (conhecimento científico), assim a química permeia pela experimentação (a observação do fenômeno), pela sua representação e pela explicação do ocorrido, tanto no visível (o fenômeno) quanto o invisível (comportamento dos átomos, moléculas...).

Como apresentado a água é essencial, mas a reação também é importante, pois o estudo das reações associadas há outros conhecimentos estão possibilitando avanços tecnológicos com impactos positivos tanto em nossa qualidade de vida quanto ao meio ambiente como por exemplo as células à combustível. Essas células são dispositivos de eletroquímicos que podem ajudar a reduzir as emissões de poluentes na atmosfera sendo empregadas no desenvolvimento de veículos elétricos e híbridos como fonte de energia elétrica, estes veículos gradativamente estão “ganhando” espaço a cada dia apesar das dificuldades relacionadas como o custo para o consumidor final, a autonomia, segurança e outras, porém importante do ponto de vista da sustentabilidade.

Dentre as células à combustível destaca-se as células de hidrogênio que empregam no processo a reação de síntese da água, como apresentado no diagrama apresentado na figura 2, observamos a geração de eletricidade (corrente elétrica), assim temos a entrada e a saída de gás hidrogênio e de gás oxigênio no sistema, porém parte destes gases reagem gerando água. Recordamos que na célula a combustível ocorre o processo de oxidação no ânodo e o processo de redução no cátodo, estes ocorrendo ao mesmo tempo, havendo um fluxo de elétrons do ânodo para o cátodo, convencionalmente do polo negativo para o positivo, para recordar estes temas **ESTADO DE OXIDAÇÃO** e a **ELETROQUÍMICA**.

Figura 2-Células à combustível (Hidrogênio)

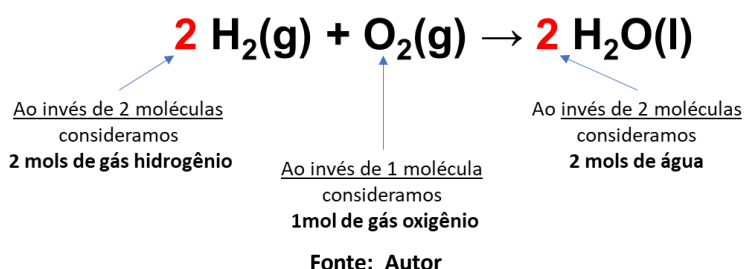


Fonte: SBQ: <http://qnint.s bq.org.br/novo/index.php?hash=conceito.32>

Mas para o empregar a reação de síntese da água no processo de funcionamento da célula à combustível, não “pensamos” em quantidade de moléculas da reação, pois não obteríamos a quantidade necessária de elétrons para que fluxo de elétrons fosse viável possibilitando seu emprego.

No entanto, o coeficiente de componente da reação química pode ser utilizado em função de quantidade de matéria, medida em mol ao invés de quantidade de moléculas, sendo apresentado na figura 3 esta relação com a quantidade de matéria.

Figura 3-Relação entre quantidade de matéria e reação de síntese da água



Contudo ao escrevermos em função de quantidade de matéria, não mais escrevemos em do número de moléculas, mas de uma quantidade “imaginável” de moléculas, representada pela medida mol. Relembrou? Não, veja o quadro ao lado.

Agora empregando a quantidade de matéria, as reações químicas aproximam-se de nossa realidade, pois pode-se relacionar a quantidade de espécies químicas (átomo, uma molécula, um íon, um elétron ou qualquer outra partícula) através da relação entre a massa e a massa molar, assim podemos presumir por meio do cálculo, por exemplo:

- a quantidade material formado ou consumido em reações químicas;
- avaliar e medir a quantidade de energia necessária ou liberado por uma reação química (termoquímica);

## Mol

e

### A constante de Avogadro

O mol, símbolo **mol** é a unidade de medida da quantidade de matéria, no do Sistema Internacional medidas (SI).

Uma unidade de mol contém exatamente  **$6,02214076 \times 10^{23}$**  entidades elementares.

Este número é o valor fixado para a constante de Avogadro. Quando expresso em  $\text{mol}^{-1}$ , temos número de Avogadro ( **$N_A$** )

A quantidade de matéria é representada por “n” corresponde a medida do número entidades elementares especificadas.

A entidade elementar representa a um átomo, uma molécula, um íon, um elétron, qualquer outra partícula ou grupo de partículas especificado

Fonte:

<https://goldbook.iupac.org/terms/view/M03980>

- avaliar e medir as reações químicas que envolvem a geração de corrente elétrica ou que necessitam da corrente elétrica para ocorrer (eletroquímica)
- analisar resultados experimentais (análises) para compreender situações específicas como a toxidade alimentos ou a qualidade da água dentre outras.

Ao observamos no quadro 1, os valores de massa molar das substâncias envolvidas na síntese da água constamos a alteração dos valores de massa molar, mas a quantidade de moléculas não se altera para cada unidade de mol, de valor numérico de  $6,02214076 \times 10^{23}$  entidades elementares, a constante de Avogadro. Destaca-se que Avogadro propõem a hipótese que volumes iguais, de gases diferentes à mesma temperatura e pressão, possuem o mesmo número de partículas a partir seus estudos de gases. Sua hipótese fora aceita após sua morte e os primeiros valores numéricos desta constante obtidos por 1865.

Quadro 1- Massa molar e quantidade de moléculas.

M. Molar $\text{H}_2\text{O}=18\text{g}$	1 mol de $\text{H}_2\text{O}=18\text{g}$ com $6,02 \times 10^{23}$ moléculas; 2 mol de $\text{H}_2\text{O}=36\text{g}$ com $2 \times 6,02 \times 10^{23}$ moléculas portando, temos $12,04 \times 10^{23}$ moléculas
M. Molar $\text{H}_2=2\text{g}$	1 mol de $\text{H}_2=2\text{g}$ com $6,02 \times 10^{23}$ moléculas; 2 mol de $\text{H}_2=4\text{g}$ com $2 \times 6,02 \times 10^{23}$ moléculas portando, temos $12,04 \times 10^{23}$ moléculas
M. Molar $\text{O}_2=16\text{g}$	1 mol de $\text{O}_2=16\text{g}$ com $6,02 \times 10^{23}$ moléculas; 2 mol de $\text{O}_2=32\text{g}$ com $2 \times 6,02 \times 10^{23}$ moléculas portando, temos $12,04 \times 10^{23}$ moléculas

Obs.: Para fins didáticos emprega-se aproximação de  $6,02 \times 10^{23}$  para a constante de Avogadro

Fonte: Autor

Como destacado a quantidade de matéria está presente direta e indiretamente em inúmeros segmentos da química. As vezes estando próximas de nós, mas nem percebemos o seu emprego ou sua importância na interpretação de informações, como por exemplo as

### MASSA MOLAR

A **massa molar** é a massa em gramas de um mol de entidades elementares.

Sendo representada pela letra "**M**" ou as vezes "**MM**" e expressa na unidade **g/mol**.

Referindo-se a massa que contém  $6,02214076 \times 10^{23}$  entidades de determinada substância, (1 mol da substância).

Podemos relacionar diretamente como a massa da molécula, por exemplo a  $\text{H}_2\text{O}$ .

Recordando o cálculo, com base na tabela periódica, obtemos a massa do átomo (u) em seguida multiplicando pela quantidade deste presente na molécula.

$\text{H}_2\text{O}$ , apresenta 2 átomos de Hidrogênio (**H**) e 1 átomo de oxigênio (**O**)

Portanto:

$$2.H = 2x 1u = 2u$$

$$1.O = 1xO = 1x16u = 16u$$

$$\text{Assim: } 2u + 16u = 18u$$

M. Molecular  $\text{H}_2\text{O} = 18u$

=relacionado com quantidade de matéria=

$$\text{M. Molar } \text{H}_2\text{O} = 18\text{g}$$

ou seja, em 18g de água há  $6,02214076 \times 10^{23}$  moléculas.

Fonte: RUSSELL, John Blair; BROTTTO, Maria Elizabeth (coord.),1994.

informações apresentadas nas contas de consumo de água emitidas pelas concessionárias deste serviço público.

Ao recebemos das concessionárias do serviço de saneamento básico, a “conta” ou “fatura” do consumo de água de nossas residências, além do valor a ser pago encontramos outras informações como o consumo médio mensal, a data da próxima leitura, o informe de pendências ou aviso diversos, mas não observamos a presença de algumas informações sobre a qualidade da água, os parâmetros mínimos de qualidade que asseguram a potabilidade (parâmetros mensais),já observaram as informações, destacadas na figura 4.

Figura 4- Informações básica sobre a qualidade da água fornecida nas faturas das concessionárias do serviço de saneamento básico: Água

PARÂMETRO DA SUA ÁGUA						
Reservatório: SISTEMA	01		Período : 01/10/2022 à 31/10/2022			
Parâmetros	Cor	pH	Cloro	Turbidez	Fluor	Coli. Totais
Padrão	até 15UH	6,0 a 9,5	0,2 a 2,0mg/l	até 5UT	até 1,5mg/l	Ausente
Obtidos	0,90	7,10	0,65	0,25	0,00	100%
Qtde Análise	12	12	12	12	0	12

Fonte: Autor

Estas informações sobre a qualidade da água, figura presentes nas faturas de consumo de água das diversas operadoras, vale destacar que além destas análises mensais as operadoras realizam outras semestrais, que abrangem substâncias que oferecem risco a saúde como substâncias orgânicas, inorgânicas, agrotóxicos, radiação e outros grupos abrangendo quase 130 parâmetros de análises, conforme a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

Ao observar o parâmetro cloro (cloro residual livre), ou seja, a concentração presente na água nas formas do ácido hipocloroso (HOCl) ou do íon hipoclorito (OCl<sup>-</sup>), dependendo o agente oxidante utilizado (gás cloro, hipoclorito de sódio ou cálcio), este residual assegurar a permanência da qualidade da água quanto a desinfecção (ausência de microrganismos). Na figura 4, o sistema de água de uma determinada região no mês de outubro apresentou 0,65 mg/L que corresponde 0,65 partes por milhão (ppm) sendo recomendado pela portaria

valores entre 0,2 e 2 mg/L ou (0,2 e 2 ppm), porém a qual quantidade de íons hipoclorito, considerando que o processo de desinfecção empregue hipoclorito de sódio (NaClO).

Caso não se recorde de ppm ou ppb observe no quadro ao lado suas definições.

Calculando a quantidade de íons hipoclorito (cloro residual livre), o ânion, logo:

1ª Determinar a massa molar do ânion hipoclorito (OCl) com auxílio da tabela periódica, lembre-se que não utilizaremos a massa do elétron, visto apresentar massa desprezível frente aos prótons e nêutrons.

$$1.O = 1x 16u = 16u$$

$$1.Cl = 1x Cl = 1x35,45u = 34,45u$$

$$\text{Assim massa molecular: } 16u + 35,45u = 51,45u$$

$$\text{Massa molar (OCl}^-) = 51,45 \text{ g/mol}$$

2ª Determinar a quantidade matéria do ânion hipoclorito a partir do valor apresentado na “conta de água”, mas antes determinar a massa em litro de solução, sendo:

Concentração uma relação entre massa de soluto por volume de solução, neste caso a massa está em miligramas (mg) logo necessitamos da massa em gramas(g), relembramos que 1g corresponde 1000 mg, em regra de três.

<b>g</b> ----- <b>mg</b>	<b>X = 1g x 0,65 mg / 1000 mg</b>
1                    1000	<b>X = 0,65g.mg / 1000 mg</b>
<b>X</b> 0,65	<b>X = 0.00065 g</b>
	<b>X = 6,5 x 10<sup>-4</sup> g</b>

Com o resultado da massa relacionamos com massa molar por regras de três.

<b>Massa de OCl<sup>-</sup></b> ----- <b>mol</b>	<b>X = 1mol x 0,00065 g / 51,45 g</b>
51,45 g/mol                    1 mol	<b>X = 0,00065 mol. g/ 51,45 g</b>
0,00065 g <b>X</b>	<b>X = 0.00001263362 mol</b>
	<b>X ≈ 1,263362 x 10<sup>-5</sup> mol</b>

Com o resultado da quantidade de matéria medida em mol relacionamos com o valor da constante de Avogadro ≈ 6,02 x 10<sup>23</sup>, por regras de três.

<b>n</b> ----- <b>N<sub>A</sub></b>	<b>X = 1,263 x 10<sup>-5</sup> mol x 6,02 x 10<sup>23</sup> un/1 mol</b>
1 mol                    6,02 x 10 <sup>23</sup> un.	<b>X = 7,60543924x 10<sup>18</sup> mol. un / 1mol</b>
1,263 x 10 <sup>-5</sup> mol <b>X</b>	<b>X = 7,60543924x 10<sup>18</sup> un.</b>
	<b>X = 7.605.439.240.000.000.000</b>

## ppm & ppb

Ao nos depararmos com medidas em “partes por milhão” (**ppm**) ou em “partes por bilhão” (**ppb**), estamos nos referindo a concentração de as soluções muito diluídas.

Nesta solução diluída temos a relação matemática:

**1ppm** = 1 parte de soluto por 1.000000 de partes solução.

=relações=

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L} = 1 \mu\text{g/mL}$$

**1ppb** = 1 parte de soluto por 1.000000000 de partes solução.

=relações=

$$1 \text{ ppb} = 0,001 \text{ mg/L} =$$

Portanto obtemos quantidade de 7.605.439.240.000.000.000 (7quintilhões, 605 quatrilhões, 439 trilhões e 240 bilhões) de ânions de hipoclorito de sódio contidos em 0,65 ppm (mg/L), ou seja, gigantesco e imensurável em nossa mente, mas um valor real que nos mostra que a nível microscópico (o não visível) é mensurável e quantidade de entidades elementares são gigantescas e influenciam nossas vidas. Recordando esta quantidade de íons hipoclorito presente na água tratada encontra-se dentro faixa de segurança para o consumo e ainda contribui em assegurar a qualidade da água potável na rede de distribuição.

Ufá!!! Que número! Obtido para apenas 0,65 ppm e para caso de partes por bilhão a situação é a mesma, lembrando estamos escrevendo sobre as soluções diluídas. Neste sentido veja o exemplo do chumbo metálico, metal facilmente encontrado em baterias automotivas e as inúmeras vezes descartas inadequadamente potencializando a contaminação das águas, a portaria de potabilidade considera água potável que apresentam concentração menores de 0,01 mg/L (0,01 ppm) ou ainda a questão de compostos orgânicos que oferecem risco a saúde e os agrotóxicos que apresentam risco na faixa de ppb ( $\mu\text{g/L}$ )

Como apresentado podemos “ver” a reação química em pensando seus coeficientes em função da quantidade de moléculas ou em função da quantidade de matéria (mol). A escolha dependerá da situação, mas a nível macroscópico (visível) empregaremos a quantidade de matéria, pois conseguimos medir (mensurar) o mundo ao redor, mas com as contribuições de Avogadro podemos calcular a quantidade das entidades elementares ao nível microscópico (o invisível) aos nossos olhos. Assim relacionando o macroscópico com microscópico por exemplo a massa dos materiais que podemos medir com facilidade com uma balança a quantidade de moléculas, as quais não conseguimos vê-las.

A seguir o apresentamos o experimento da eletrolise da água na qual obteremos a produção de gás hidrogênio e gás oxigênio, porém nosso intuito vai além da produção destes gases. Lembra-se que a reação de produção da água empregada para o desenvolvimento das células a combustível de hidrogênio, para a geração de corrente elétrica sendo está uma aplicação que vai além apenas da produção de água. Em nosso caso empregaremos o processo de eletrólise da água para obter em sala, o valor numérico da constante de Avogadro com relativa precisão utilizando materiais de fácil acesso com realização de uma atividade experimental controlada e com mínimo de riscos a todos os envolvidos.

Para a realização da atividade experimental necessitaremos obter os materiais relacionados na lista.

## LISTA DO MATERIAL EXPERIMENTAL:

Material sugerido para execução do experimento para a confecção de um sistema de eletrólise.

- ✓ 02 eletrodos de fio de cobre 2,5 ou 4,0 mm<sup>2</sup> (sólido);
- ✓ 02 provetas de 50 mL ou tubo ensaio graduado 50 mL (vidro)
- ✓ 02 pipetas graduadas de 1mL ou bastão de vidro (adaptação como suporte aos eletrodos);
- ✓ 01 pipetas volumétricas de 5mL ou pipeta graduada de 5mL;
- ✓ 01 recipiente de plástico ou vidro com capacidade de 1,5 a 2,0 L;
- ✓ 01 multímetro com escala de voltagem (DC) e amperagem (A) com escala entre 20-200 mA ou equivalente;
- ✓ 01 cronômetro ou smartphone/celular com esta função;
- ✓ 01 Conjunto fios ou cabos para conexão entre o eletrodo, multímetro e fonte AC/DC;
- ✓ 01 fonte AC/DC de 9 V a 12 V ou bateria de 9V;
- ✓ 01 fita isolante
- ✓ 01 Tesoura;
- ✓ 01 Flanela de limpeza (algodão ou microfibr);
- ✓ 01 solução de NaOH (hidróxido de sódio) 0,1 mol/L
- ✓ 01 Equipamento de proteção individual (EPI)
- ✓ 01 luvas de látex ou similar
- ✓ 01 óculos de segurança (recomendado)
- ✓ Sendo opcional estes materiais:
  - ✓ 01 Potenciômetro linear de 5 K $\Omega$  ou 10 K $\Omega$ ;
  - ✓ 01 Interruptor (liga/desliga).

**FIQUE ATENTO:** As sugestões, observações e descarte de materiais que estão presentes no decorrer do material. Para facilitar a identificação dos materiais, observe a figura 05.

Figura 5-Material básico para realização da eletrólise.



Fonte: Autor

## INSTRUÇÕES DE MONTAGEM APARATO EXPERIMENTAL

Para realizarmos a montagem do experimento de eletrólise da água, necessitamos de uma solução acidificada ou basificada, neste caso sugerimos a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L visto a facilidade de aquisição deste reagente, o preparo da solução e de visualização do menisco nos eletrodos

Uma vez definido a solução a ser utilizada, como indicado hidróxido de sódio 0,1 mol/L, adicione-a no recipiente (plástico ou vidro) cerca de  $\frac{3}{4}$  da capacidade dele. Na sequência posicione os eletrodos confeccionados com o fio sólido, deixando-os distantes e com extremidades mergulhadas na solução.

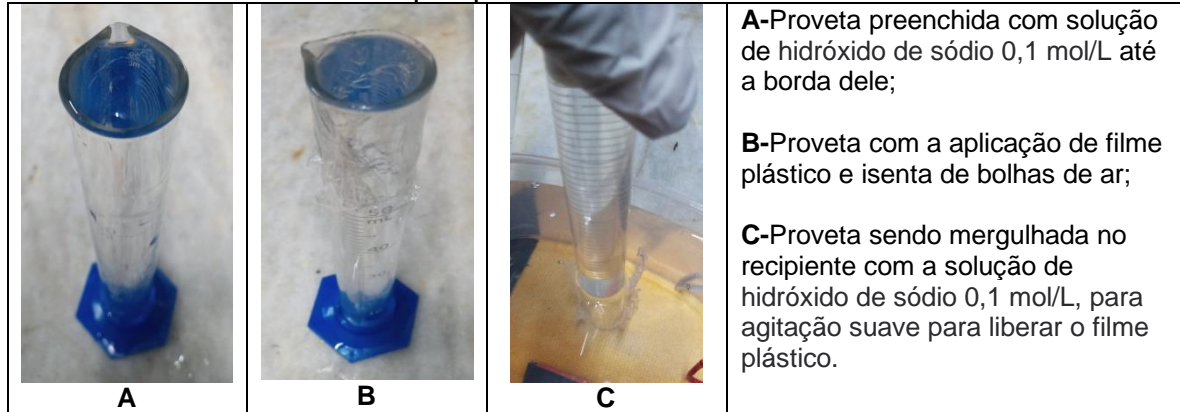
Em seguida iremos montar as células eletrolíticas com as provetas ou tubos de ensaio graduado de 50mL, sugerimos por garantia marcá-los com auxílio de uma pipeta volumétrica de 5 mL antes da montagem do experimento assegurando maior precisão, caso não possua a pipeta volumétrica empregue a graduada e água para a marcação.

Considera-se esta montagem como crítica, pois as células eletrolíticas devem estar isentas de bolhas, logo preferimos os tubos de ensaio graduados, mas em função da dificuldade de aquisição, optamos por utilizar as provetas de 50mL.

Nesta etapa realizamos o enchimento da proveta com a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L até a borda, em seguida aplicamos o filme plástico vedando a borda, caso a proveta apresente bico de escoamento, comece a vedação por ele, certifique-se a ausência de bolhar de ar, caso não ocorra repita esta etapa, não esqueça de utilizar as luvas. Esta etapa considero crítica para o resultado do experimento, pois as bolhas contribuem para dados não confiáveis, portanto seus resultados também podem ser duvidosos. Provavelmente você repetir no início algumas vezes este processo até obter sucesso as provetas isentas de bolhas, não se desamine no processo.

Agora com a proveta isenta de bolha de ar, mergulhe com cuidado a proveta no recipiente com a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L e agite vagarosamente até o filme plástico se soltar da proveta, logo mova a proveta até o fio do eletrodo e fixe-os no recipiente, conforme detalhado no quadro 2.

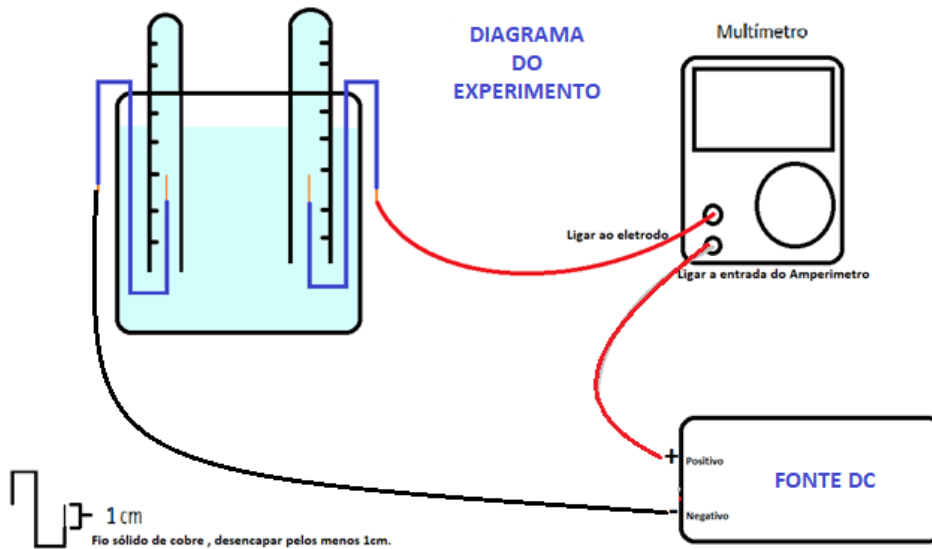
Quadro 2 -Etapas para montar as células eletrolíticas.



Fonte: Autor

Após posicionar, fixar e nivelá-las em seguida conectar os fios conforme o diagrama simplificado sem os componentes opcionais, conforme representado na figura 6.

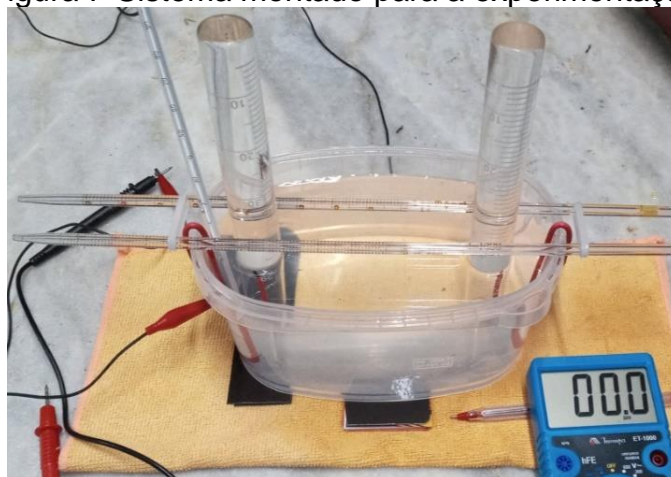
Figura 6-Esquema simplificado ligações elétricas sem componentes opcionais.



Fonte: Autor

Após a montagem espera-se que sistema para o processo de eletrólise seja similar ao montado, retratado na figura 7 .

Figura 7-Sistema montado para a experimentação



Fonte: Autor

## ORIENTAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

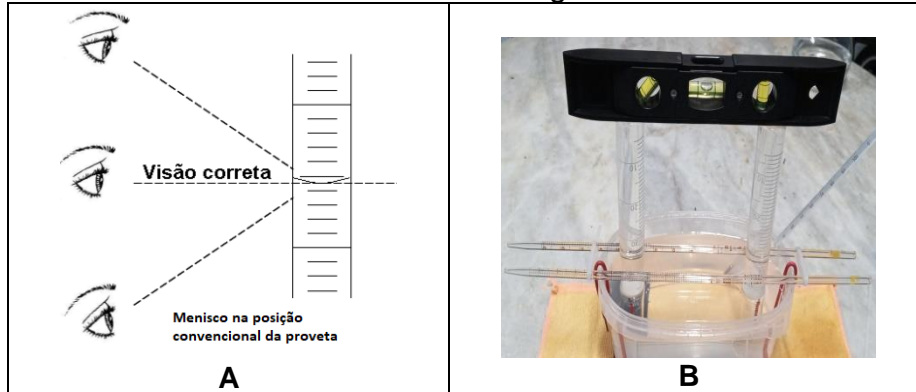
Antes de iniciarmos o experimento, verificar as ligações elétricas, conferir há ausências de bolhas de ar no eletrodo e caso tenha optado em adicionar um interruptor, verifique que esteja na posição desligado antes de conectar a fonte de energia.

Quando conectar a fonte de energia ou ligar o interruptor, o cronômetro deverá ser acionado, nesta etapa poderá anotar a marcação do cronômetro em intervalos de minuto ou de segundos até atingir o volume esperado de 5 mL do gás hidrogênio no eletrodo do polo negativo (o cátodo), recorde-se que visando assegurar maior precisão recomenda-se marcar no tubo de vidro da proveta ou tubo graduado a referência dos 5 mL com auxílio de uma pipeta graduada.

A marcação da medição do tempo no cronometro poderá seguir outro intervalo de tempo, sendo sugerido a cada 30 segundos, já que objetivo é estabelecer o valor médio da corrente elétrica no intervalo de tempo necessário para atingir o volume de 5mL.

Em relação questão do menisco, pois como a proveta ou tubo graduado está invertido deve-se estar atento à marcação do volume. Em caso dúvida sobre a leitura de volume, a posição correta para leitura do menisco é ao nível dos olhos, conforme retratado no quadro 3. E ainda para facilitar a leitura do menisco, recomenda-se o nivelamento das provetas ou tubos graduados favorecendo a leitura do menisco.

Quadro 3-Leitura do menisco e sugestão de nivelamento







Legenda: A: Posição da visualização do menisco e B: Nivelamento .

Fonte: Autor (Adaptado)

Como na eletrolise da água envolve a liberação de gás, podemos nos deparar formação intensa de bolhas (turbulência) dificultando a leitura do menisco. Esta rapidez da reação pode ocorrer em função da concentração da solução eletrolítica, da tensão e intensidade da corrente elétrica, nesta situação recomenda-se utilizar uma fonte AC/DC que forneça menor tensão e baixa amperagem. Caso considerar necessário, recorreremos ao emprego de um potenciômetro, para ajustar a intensidade da formação das bolhas, faça o ajuste, marque no potenciômetro e novamente monte o sistema, conforme quadro 4.

Quadro 4- Observações: Efeito da turbulência e potenciômetros

				<p><b>A:</b> Tubo graduado com a ocorrência intensa de bolhas (turbulência);  <b>B e C:</b> potenciômetro (resistores variáveis);  <b>D:</b> Tubo graduado sem a ocorrência intensa de bolhas (turbulência).</p>
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	

Fonte: Autor

Durante a realização do experimento tanto o professor e você aluno devem estar atentos aos procedimentos de segurança mínimo como o emprego de luva de látex ou similar, visto empregarmos no processo de eletrólise da água, uma solução básica (diluída).

Reforçando, antes de ligar a fonte de energia (9 ou 12 V DC), o cronômetro deverá estar a “zerado”, as ligações elétricas com o multímetro estabelecidas e o mesmo ajustado na escala entre 20-200 mA.

Ao iniciar o experimento anotar tempo necessário para atingir o volume de 5mL de gás Hidrogênio ( $H_2$ ) no eletrodo do processo de redução (catodo). Ao efetuar as leituras de corrente elétrica, observará pequenas oscilações na leitura da amperagem do multímetro. Sugerimos que anote a corrente elétrica a cada minuto ou intervalo de 30 segundo, para estabelecer a média da corrente elétrica empregado no experimento e utilizarmos nos

cálculos. Obs.: Considerando a concentração da solução empregada (0,1 mol/L), o tempo de duração do experimento dependerá da tensão e corrente elétrica aplicadas no processo da eletrólise em média de 15 a 20 minutos.

Segue uma sugestão de tabela para anotar os dados (quadro 5). Com os dados anotados e auxílio (mediação) do professor pode-se obter com tranquilidade o valor numérico da constante de Avogadro. Não esqueça de anotar a pressão atmosférica, para isso utilize um aplicativo de climatológico e a temperatura da solução.

Quadro 5-Modelos de tabela para anotações do experimento.

Anotações do Experimento			Anotações do Experimento		
Data:			Data:		
Exp. Nº			Exp. Nº		
t(mim)	t(s)	I(mA)	t(mim)	t(s)	I(mA)
1	60	-	0,5	30	
2	120		1	60	
3	180		1,5	90	
4	240		2	120	
5	300		2,5	150	
6	360		3	180	
			3,5	210	
Término			4	240	
	<b>Média</b>		4,5	270	
			5	300	
			Término		
				<b>Média</b>	
Fonte: Autor( modelo 01)			Fonte: Autor( modelo 02)		
T(°C) = _____ °C			T(°C) = _____ °C		
P(hPA) ambiente= _____ hPa			P(hPA) ambiente= _____ hPa		
Fonte DC = _____ V			Fonte DC = _____ V		
Solução NaOH = 0,1 mol/L			Multímetro digital		
Multímetro digital			Modelo _____		
Modelo _____					

Fonte: Autor

Uma vez iniciado o processo não poderá ser interrompido, havendo a interrupção por qualquer motivo (multímetro desligado, fora de escala, anotação de corrente elétrica inadequada ou duvidosa, dentre outras imprevisto), o sistema deve ser montado novamente, já que os eletrodos não devem conter bolhas, sendo recomendado a utilização da lista de conferência, acesse o [checklist](#).

## CÁLCULOS E CONCEITOS

### ANOTAÇÃO DE DADOS EXPERIMENTAIS (EXEMPLIFICAÇÃO)

Assim que realizarem o experimento, vocês terão os dados necessários para realizarem os cálculos para a obtenção da constante de Avogadro.

Como exemplo, segue uma planilha de dados obtidos em um experimento (quadro 6) para juntos desenvolvemos os cálculos e a determinação do valor da constante de Avogadro.

Quadro 6-Dados obtidos de experimento realizado em 2022

Anotações do Experimento			Anotações do Experimento		
Data:	10/01/2022		Data:	10/01/2022	
Exp. Nº	1		Exp. Nº	1	
t(mim)	t(s)	I(mA)	t(mim)	t(s)	I(mA)
0	0	-	0	0	-
0,5	30	98,6	1	60	98,5
1	60	98,5	2	120	98,8
1,5	90	98,6	3	180	99,0
2	120	98,8	4	240	99,1
2,5	150	98,6	5	300	98,7
3	180	99,0	6	360	98,2
3,5	210	99,1	Término	397	98,1
4	240	99,1		<b>Média</b>	98,6
4,5	270	99,0	Fonte: Autor( modelo 01)		
5	300	98,7	T(°C) ambiente = 23°C		
5,5	330	98,2	P(hPA) ambiente= 1009 hPa		
6	360	98,2	Fonte DC = 12V		
Término	397	97,7	Solução NaOH = 0,25 mol/L ( 10g/L)		
	<b>Média</b>	98,6	Multimetro digital : ET1000 (Minipa)		
Fonte: Autor( modelo 02)					

Fonte: Autor

### DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO

Para iniciarmos os cálculos relembramos que as semirreações que ocorrem no cátodo e no ânodo, por meio da aplicação de uma corrente elétrica por meio de uma fonte de energia de corrente contínua (DC) é ligado no cátodo, onde ocorre o processo de redução e no ânodo, onde ocorre o processo de oxidação.

Recordando que no experimento o polo negativo da fonte foi conectado ao catodo e positivo conectado no ânodo, sendo empregado como eletrólito, a solução de hidróxido de sódio (NaOH) de concentração 0,1 mol/L, solução básica. Nesta situação temos dissociação iônica e a autoionização da água. Logo:

1-Dissociação da solução de hidróxido de sódio:  $2 \text{NaOH(aq)} \rightarrow 2 \text{Na}^{\text{(aq)}} + \text{OH}^{\text{(aq)}}$

2-Autoionização da água:  $2 \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow 2 \text{H}^{\text{(aq)}} + 2 \text{OH}^{\text{(aq)}}$ , esta reação ocorrendo em escala reduzida

Agora, verifica-se quais íons participam ativamente na eletrolise, seguindo a escala de descarga, na figura 6.

Figura 6-Ordem de descarga de alguns íons

Cátions cátodo (polo negativo)	Ânions ânodo (polo positivo)
$\text{Al}^{3+}$	$\text{PO}_4^{3-}$
$\text{Ba}^{2+}$	$\text{NO}_3^-$
$\text{Ca}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-}$
$\text{Na}^+$	$\text{F}^-$
$\text{K}^+$	<b><math>\text{OH}^-</math></b>
<b><math>\text{H}^+</math></b>	$\text{Cl}^-$
$\text{Ag}^+$	$\text{Br}^-$
$\text{Cu}^{2+}$	$\text{I}^-$
$\text{Ni}^{2+}$	
$\text{Cr}^{3+}$	
$\text{Fe}^{2+}$	
$\text{Zn}^{2+}$	

Fonte: MORA; SIHVENGER ,2006, p. 242 e Química na Prática:UFPR,2012(Adaptação)

Prioridade de descarga:

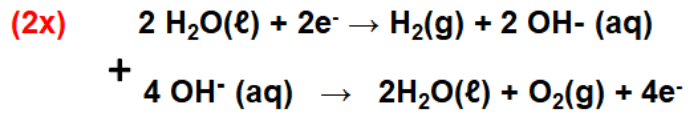
- ✓  $\text{H}^+ > \text{Na}^+$
- ✓  $\text{OH}^{\text{(base)}} > \text{OH}^{\text{(água)}}$

Portanto:

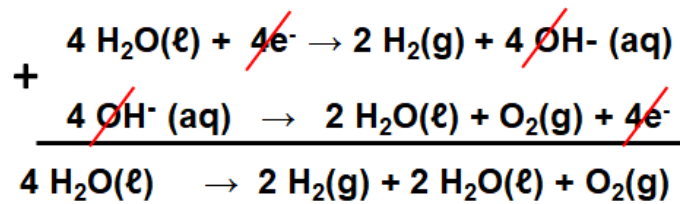
Semirreação catódica:  $2 \text{H}_2\text{O}(\ell) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^{\text{(aq)}}$

Semirreação anódica:  $4 \text{OH}^{\text{(aq)}} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^-$

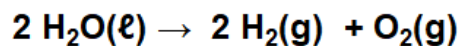
Para obtermos a reação global devemos somar estas semireações ( as etapas ) , mas antes de soma-las, multiplicamos a por 2 a semirreação catódica, visto balancear a quantidade de eletrons envolvidos no processo de eletrolise.



Executando a multiplicação da semirreação catódica e somatória das semirreações, lembrando que espécies químicas iguais, podem ser somadas ou subtraídas em função para posição de reagente ou produto que ocupam na reação, ou seja “uma espécie química presente na posição produto ou reagente nas reações serão somadas, já em posições oposta serão subtraídas” e o resultado estará na equação global. Veja abaixo:



SIMPLIFICANDO



Reação global da eletrólise:  $2\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

Com base na equação fica evidente que a quantidade de gás hidrogênio formada será o dobro da quantidade de gás oxigênio, visto que a relação na equação química corresponde 2:1. Caso deseje relembrar questões básicas como as interpretações da reação, a leitura da informação da reação e do cálculo estequiométrico acesse [questões básicas](#).

Agora que revemos as reações do processo de eletrólise da água. Iniciamos os cálculos.

**1ª etapa**, corresponde a determinação da quantidade de matéria gerada de gás hidrogênio no experimento, neste caso optamos por encará-lo quando obtivermos 5 mL, pois a meta é obtermos o valor da constante de Avogadro, logo o experimento deve ser controlado.

Com base nos dados do experimento que estamos utilizando de exemplo, [quadro 6](#). Nesta etapa utilizaremos a temperatura medida de 23°C e pressão ambiente de 1009 hPa (hectopascal). Assim utilizaremos a equação dos gases geral dos gases ideais, retratada no quadro 7.

Quadro 7- Equação dos Gases e relação com os dados experimentais.

<p><b>PV=nRT</b></p> <p>P-pressão (Pa) ;  V-volume (m<sup>3</sup>) ;  n-quantidade de matéria (mol);  T-temperatura (K) ;  R-Constante dos gases = 8.3145 J/Kmol .</p>	<p>Logo a medida:  De <b>pressão</b> está na unidade hectopascal (hpa) a convertemos para a unidade Pascal (Pa);  O <b>volume</b> está na unidade mililitros (mL) a convertemos para a unidade metro cúbico (m<sup>3</sup>);  A <b>temperatura</b> na unidade <i>Celsius</i> (°C) a converteremos para a unidade Kelvin(K).  E utilizaremos a Constante dos gases(R) = 8.3145 J/Kmol obteremos a quantidade de matéria (n), na unidade de medida mols.</p>
--	--

Fonte: Autor

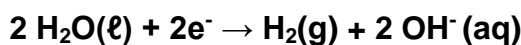
Executando as conversões das unidades de medidas visando a adequação as medidas da equação da equação dos gases ideais com base no sistema internacional de medidas(SI), descritas no quadro 8.

Quadro 8 - Conversão de unidades de medida e resultado obtido com equação dos gases.

<p>Pressão ambiente, P= 1009 hPa = 100900 Pa, lembrado da relação de 100 Pa que corresponde a 1hPa, por regras de três, obtemos:</p>	<p>P(Pa) ---- P(hPa)  100Pa    1 hPa  x            1009 hPa  <b>X= 1009x100 hPa.Pa/1hPa</b>  <b>X= 100900 Pa</b></p>
<p>Volume = 5mL = 5/1000 = 5x10<sup>-3</sup> L =5x10<sup>-3</sup> L /1000L = 5x10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup>, lembrado das relações, 1 litro corresponde a 1000 mL, logo 1 m<sup>3</sup>, corresponde a 1000L, por regra de três temos:</p>	<p>V(L) ---- V(ml)  1 L        1000ml  x            5ml  <b>X= 1x5 L.ml /1000 ml</b>  <b>X= 0,005 L = 5x10<sup>-3</sup> L</b></p> <p>V(m<sup>3</sup>) ---- V(L)  1 m<sup>3</sup>      1000L  x            5x10<sup>-3</sup> L  <b>X=1x5x10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>. L /1000 L</b>  <b>X = 0,005 m<sup>3</sup>. L /1000 L</b>  <b>X=0,000005 m<sup>3</sup> = 5x10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup></b></p>
<p>Temperatura= 23°C = 296,15 K, lembrando T(K)= T(°C) +273,15</p>	<p>T(K)= 23+ 273,15 = 296,15K</p>
<p>Com os dados experimentais com as devidas adequações de unidades, e aplicando a equação dos gases obtemos <b>nH<sub>2</sub>= 2,049x10<sup>-4</sup> mol</b>, guarde esta informação obtida.</p>	<p>PV=nRT  nH<sub>2</sub>=PV/RT  nH<sub>2</sub>=<u>100900 Pa x 5x10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup></u>  8,3145 J / K mol x 296,15 K  nH<sub>2</sub>= 0,5045 Pa. m<sup>3</sup> /2462,3391 (J / K mol).K  nH<sub>2</sub>= 2,049x10<sup>-4</sup> mol</p>

Fonte: Autor

**2º Etapa**, refere-se a determinarmos a quantidade de materia dos eletrons envolvidos na semirreação catódica, assim temos o calculo da quantidade de eletrons expressa em mols, conforme descrição do calculo , no quadro 9.



Quadro 9-Determinação quantidade de elétrons (mol)

Logo, a semirreação que, “necessita de <u>2 mols de elétrons</u> para obtermos 1 mol de gás hidrogênio”, por meio da regra de três obtemos <b>4,098x10<sup>-4</sup> mol</b> elétrons ( <b>Ne<sup>-</sup></b> ), mas uma vez aguarde a informação.	$\begin{array}{r} n\text{H}_2 \text{-----} \text{e}^- \\ 1 \text{ mol} \qquad \qquad 2 \text{ un} \\ 2,049 \times 10^{-4} \text{ mol} \qquad X \\ X = 2 \times 2,049 \times 10^{-4} \text{un. mol} / 1 \text{mol} \\ X = 4,098 \times 10^{-4} \text{un. de elétrons} \end{array}$
---	---

Fonte: Autor

**3º Etapa**, Agora para estabelecermos relação com as contribuições de Faraday ao estudo e desenvolvimento dos processos de eletrólise utilizaremos a equação de carga eletrica, no quadro 10

Quadro 10-Equação de carga elétrica (Contribuição Faraday)

$Q = i \cdot t$ Q- carga (C) i- corrente elétrica (A) t- tempo (s)	Logo: <b>i</b> , representa a corrente elétrica com unidade de medida, Ampere(A); <b>t</b> , representa o tempo com unidade de medida, segundos(s); <b>Q</b> , representa a carga elétrica com unidade de medida em coulomb(C).
---	--

Fonte: Autor

Para isto consultamos os dados do experimento novamente, no [quadro 6](#) ,pois a equação de carga eletrica depende da corrente eletrica e do tempo. Ao consultar os dados obtemos o tempo decorrido para a obtenção dos 5mL de gás hidrogênio e construir uma gráfico da corrente eletrica em função tempo para assim termos a média da corrente eletrica com maior precisão.

Para a construção do gráfico da corrente eletrica função do tempo utilizaremos o eixo X para os dados de tempo em segundos e para eixo Y, os dados de corrente eletrica em miliamperes(mA), ao final com o valor médio da corrente eletrica a converteremos em ampere (A), fique atento para este procedimento.

No quadro 11, reorganizamos as informações contidas no [quadro 6](#), indicando o eixo X e Y, assim recordamos das coordenadas (x,y) para construção do gráfico e extração do valor da corrente eletrica.

Quadro 11-Organizando os dados para construção do gráfico t (s) x i (mA)

	Eixo X	Eixo Y
t(min)	t(s)	i(mA)
0	0	-
1	60	98,5
2	120	98,8
3	180	99
4	240	99,1
5	300	98,7
6	360	98,2
Término	397	98,1

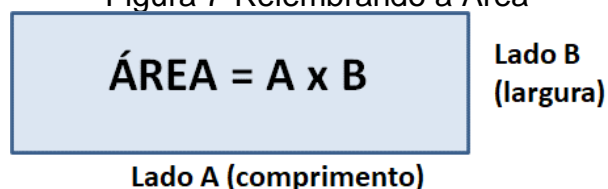
Fonte: Autor

**Detalhe importante:** Esteja atento a escala do gráfico, como sugestão utilize papel milimetrado, pois facilitar a construção e cálculos. Para a escala observamos o maior valor numérico de cada eixo em seguida verificamos o espaço disponível no papel, neste caso milimetrado no tamanho A4 na posição paisagem contém 180 mm na vertical (eixo y) e 270 mm (eixo x).

Sugerimos quando possível que cada milímetro do papel corresponda a uma unidade de medida, em nosso caso no eixo x, temos 397 unidades de tempo, mas apenas 180 milímetros, logo não é possível utilizar um milímetro por unidade tempo, sendo assim a escala utilizada será 4:1 ou cada milímetro equivalerá a quatro unidades de tempo. Já no eixo y com temos 180 milímetros e apenas aproximadamente 100 unidade de corrente elétrica utilizaremos a escala de 1:1.

Com o gráfico construído, agora podemos empregar o recurso matemático da área. Se observamos a relação entre x e y, podemos calcular a área abaixo da linha do gráfico, pois a medida de área refere-se à relação matemática através da multiplicação entre lado A e lado B, exemplificando se fosse um terreno seria “lado A, o comprimento” e o “lado B, a largura”, obteríamos a área do terreno em metros quadrados (m<sup>2</sup>) caso a medição dos lados estivesse em metros (m), veja a figura 7.

Figura 7-Relembrando a Área



Fonte: Autor

Recordando a equação de [carga elétrica](#), constatamos que carga elétrica depende da multiplicação entre corrente elétrica e tempo, logo área abaixo da linha do gráfico

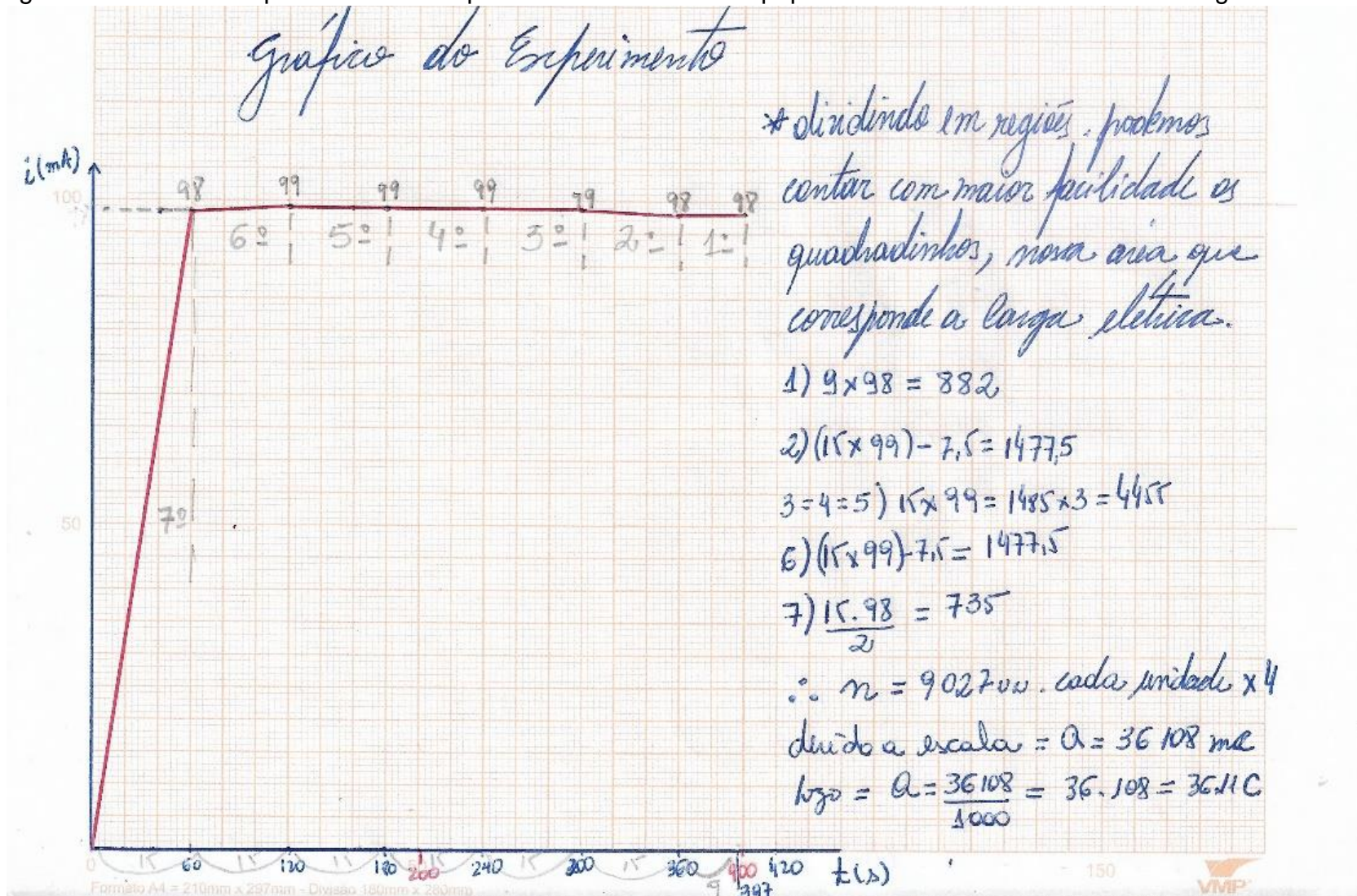
corresponde ao valor da carga elétrica total do experimento, pois multiplicar o eixo x pelo eixo y equivale a multiplicar corrente elétrica por tempo.

Neste caso ao empregarmos o papel milimetrado basta contar os quadrinhos, os milímetros<sup>2</sup> abaixo da linha do gráfico assim teremos o valor da área do gráfico que numericamente equivalerá a carga elétrica total.

Segue-se dividir o gráfico em setores (regiões) para fazer a contagem dos quadradinhos (milímetros<sup>2</sup>) no esboço do gráfico, veja na figura 8, que dividimos este em sete regiões que somadas totalizaram 9207 mm<sup>2</sup>, porém lembra-se que cada milímetro no eixo do tempo correspondia a 4 unidades, logo a área total deve ser multiplicada por 4, assim obtemos a carga elétrica de 36108 mC, mas precisamos adequar carga de milicoulomb (mC) a coulomb (C). Observa-se que resultado de carga elétrica obtida em mC, pois os dados obtido no multímetro de corrente elétrica e utilizados na construção do gráfico estão em mA, logo 1 C = 1000 mC convertendo por regra de três,  $Q = 36,108 \text{ C} \approx 36,11 \text{ C}$

Q(C)-----	Q(mC)
1	1000 mC
X	36180 mC
$X = 1 \times 36180 \text{ C} \cdot \text{mC} / 1000 \text{ mC} = X = 36,180 \text{ C}$	

Figura 8- Gráfico do experimento de tempo x corrente elétrica em papel milimetrado com o cálculo de carga elétrica



Fonte: Autor

**4º Etapa**, com o valor da carga elétrica obtida, pode-se determinar por meio da equação de carga elétrica do ponto de vista da eletrostática a quantidade de elétrons utilizada no experimento de eletrólise, conforme o quadro 12.

Quadro 12 -Equação carga elétrica (Eletrostática).

<p><b>Q= N .  e </b>          Q- Carga elétrica (C)          N- Número de elétrons           e - carga elétrica elementar</p>	<p>Logo:          Q=36,11 C           e , carga do elétron determinada pelos experimentos por Robert Andrews Millikan (1868-1953), qual empregamos o valor de <math>1,6 \times 10^{-19}</math> C</p>
---	--

Fonte: Autor

$$Q = N \cdot |e|$$

$$36,11 \text{ C} = N \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$N = 36,11 \text{ C} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$N = 2,256875 \times 10^{20} \text{ elétrons}$$

**5º Etapa**, para finalizar relacionarmos o número de elétrons utilizados no processo eletrolise juntamente com quantidade de matéria de elétrons obtidos anteriormente, Lembrando os íons hidrogênio receberam elétrons no catodo gerando o gás hidrogênio, logo empregando a equação representada no quadro 13, podemos obter o número de Avogadro.

Quadro 13-Equação para determinar a constante de Avogadro

<p><b><math>N_A \cdot n_{e^-} = N_e</math></b>  <math>N_A</math>-constante de Avogadro  <math>N_e</math>- Número de elétrons  <math>n_{e^-}</math>= quantidade de quantidade de matéria</p>	<p>Logo:  <math>N_e = 2,256875 \times 10^{20}</math> elétrons  <math>n_{e^-} = 4,098 \times 10^{-4} \text{ mol } e^-</math></p>
---	---

Fonte: Autor

$$N_A \cdot n_{e^-} = N_e$$

$$N_A = N_e / n_{e^-}$$

$$N_A = 2,256875 \times 10^{20} \text{ e}^- / 4,098 \times 10^{-4} \text{ mol } e^-$$

$$N_A = 5,507 \times 10^{23} / \text{mol.}$$

Portanto neste experimento o valor obtido corresponde a  **$5,507 \times 10^{23}$** , valor próximo do valor atual  $6,02214179 \times 10^{23}$  entidades visto a margem de erro estimada em 5% a 10 %, já que realizou-se o experimento utilizando materiais de baixo custo sendo destinado a fins didáticos.

Como já expresse os pontos criticos temos a questão na montagem a presença das bolhas de ar, na decorrer do experimento as anotações da corrente eletrica e ainda o cálculo da carga eletrica media, interferem significativamente nos resultados. Mas acesse [o emprego de recursos tecnologicos](#) para verificar outros meios para carga eletrica media.

## ATIVIDADE (DADOS DE EXPERIMENTOS)

Agora você em grupo com os colegas poderá se desafiar em realizar este experimento de eletrolise com mediação do professor, e verificar qual valor será obtido? Se aproximará do valor da constante? Qual será a faixa de erro? Vamos lá ...

Mas caso não seja possível realizar o experimento de eletrólise da água proponho outro desafio determinar o valor da constante por meio dos dados de outro experimento realizado. Segue os dados na tabela 1.

Tabela 1-Dados de experimentos 2022

Anotações do Experimento			Anotações do Experimento		
Data:	ALUNOS-2A		Data:	ALUNOS-2B	
Exp. Nº	1		Exp. Nº	1	
t(mim)	t(s)	I(mA)	t(mim)	t(s)	I(mA)
0	0	0	00:00	0	0
00:30	30	32,1	00:30	30	45,1
01:00	60	32,4	01:00	60	45,3
01:30	90	32,6	01:30	90	45,1
02:00	120	32,5	02:00	120	45,3
02:30	150	32,6	02:30	150	46,2
03:00	180	32,5	03:00	180	46,2
03:30	210	32,5	03:30	210	46,3
04:00	240	32,5	04:00	240	46,7
04:30	270	32,4	04:30	270	45,6
05:00	300	32,4	05:00	300	45,4
05:30	330	32,6	05:30	330	45,2
06:00	360	32,5	06:00	360	44,1
06:30	390	32,6	06:30	390	43,9
07:00	420	32,6	07:00	420	43,8
07:30	450	32,5	07:30	450	43,9
08:00	480	32,5	08:00	480	43,8
08:30	510	32,5	08:30	510	43,7
09:00	540	32,5	09:00	540	43,9
09:30	570	32,5	09:30	570	43,5
10:00	600	32,5	10:00	600	43,7
10:30	630	32,4	10:30	630	43,6
11:00	660	32,3	11:00	660	43,7
11:30	690	32,2	11:30	690	43,8
12:00	720	32,2	12:00	720	43,6
13:30	750	32,1	13:30	750	43,8
13:00	780	32,2	13:00	780	43,6
13:30	810	32,2	13:30	810	43,8
14:00	840	32,1	Término	817	43,8
14:30	870	32,1		<b>Média</b>	
15:00	900	32,2			
15:30	930	36,3			
16:00	960	36,3			
16:30	990	32,1			
17:00	1020	32,3			
17:30	1050	32,1			
18:00	1080	32,1			
18:30	1110	32,1			
19:00	1140	32,1			
Término	1165	32,1			
	<b>Média</b>				

<p>DADOS T(°C) ambiente = 29°C P(hPA) ambiente= 1010 hPa Fonte DC = 9V Solução NaOH = 0,1 mol/L Multimetro digital : ET1000 (Minipa)</p>	<p>DADOS T(°C) ambiente = 29°C P(hPA) ambiente= 1010 hPa Fonte DC = 12V Solução NaOH = 0,1 mol/L Multimetro digital : ET1000 (Minipa)</p>
--	---

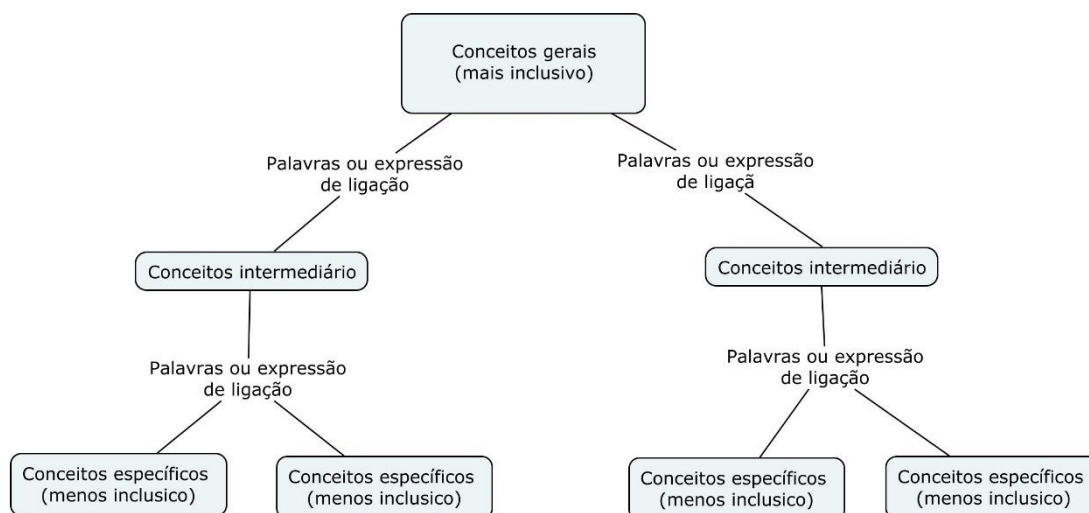
Fonte: Autor

## MAPA CONCEITUAL: VISÃO GERAL

Por meio da apreensão de um mapa conceitual inicia-se o tema Estado de Oxidação. O pesquisador Joseph Novak desenvolveu o mapa conceitual com base na teoria de Aprendizagem Significativa David Ausubel tendo por meta representar relações entre conceitos assim contribuindo para o processo de ensino.

No geral o mapa conceitual apresenta uma estrutura hierárquica de conceitos, partindo de conceitos gerais passando a conceitos intermediários a conceitos específicos, estes em caixa de texto, respectivamente partindo da região superior para a inferior do mapa. Havendo linhas de ligação que relacionam os conceitos por meio de verbos ou expressões dando sentido a conexão entre os conceitos (MANRIQUE; FERRÃO, 2014), conforme o esquema na figura 14.

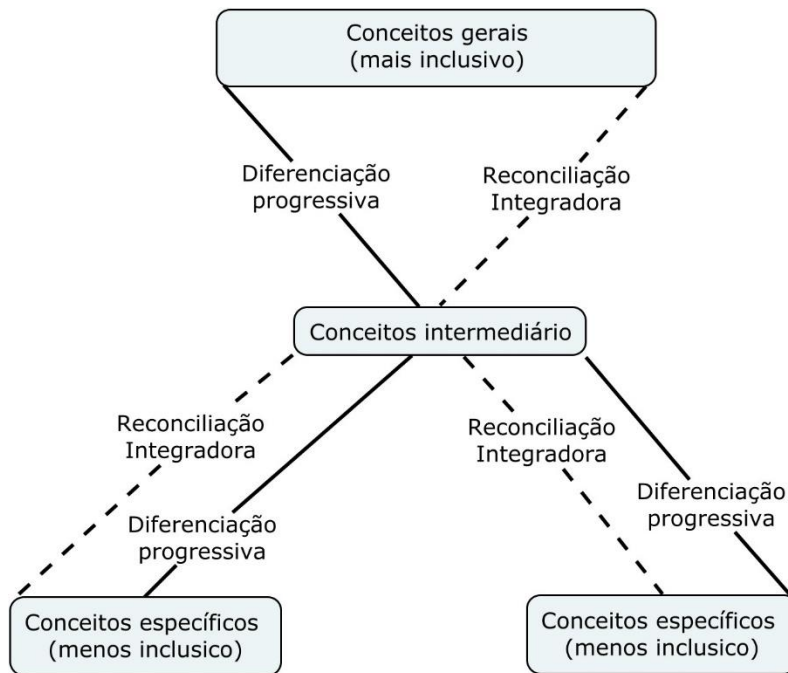
Figura 14-Esquema básico do mapa conceitual



Fonte:(MOREIRA, 2006, p. 47) -Adaptação

Além da relação entre os conceitos, segundo Novak o mapa possibilita a interação entre a diferenciação progressiva e reconciliação integradora (integrativa) promovendo interação entre os conceitos ou seja “subir e descer “ as hierarquias entre os conceitos, explorando suas relações, figura 15 . Lembrando a diferenciação progressiva refere-se a apresentação das ideias gerais e inclusivas sendo gradativamente diferenciadas ao específico, já a reconciliação integradora explora as relações entre as ideias, “apontando similaridades e diferenças importantes e reconciliando as discrepâncias reais e aparentes”, sendo estes processos fundamentais para a aprendizagem significativa .(MOREIRA, 1983, p. 63; MOREIRA; MASINI, 2006, p. 56)

Figura 15-Interação entre a diferenciação progressiva e reconciliação integradora



Fonte: MORREIRA, 1983, p. 65: Adaptação

Finalizando esta breve visão sobre os mapas conceituais, cada mapa é único, pois apresenta uma visão de organização para determinado tema ou assunto, por isso, iniciamos o diálogo com uma proposta de mapa conceitual neste caso sobre o tema Estado de oxidação.

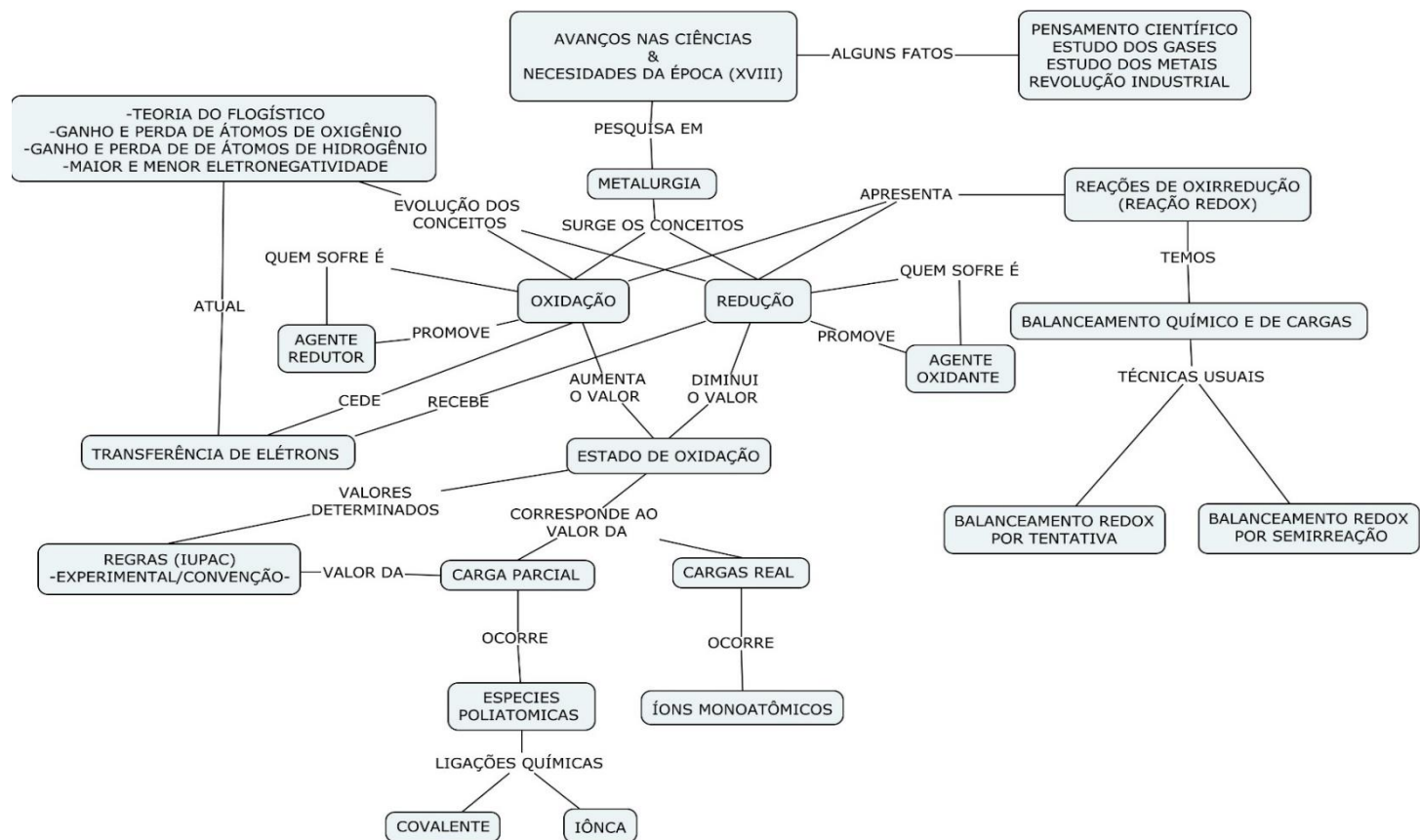
Ainda destacamos que eles apresentam vantagens e desafios juntos aos estudantes, como vantagens a ênfase na estrutura conceitual do tema em estudo, apresenta o grau de inclusividade e generalidade em ordem hierárquica facilitando a aprendizagem, por outro lado o mapa deve ter significado para o estudante e estruturado para facilitar a leitura e entendimento, apesar de poderem abordar assunto complexo ou confuso (MORREIRA; MASINI, 2006, p. 56–57).

Assim como esta proposta, os demais mapas apresentados nos próximos itens seguem esta estrutura descrita na visão Novak, na interação e diálogo entre diferenciação progressiva e reconciliação integradora (integrativa).

# ESTADO DE OXIDAÇÃO

## UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL: ESTADO DE OXIDAÇÃO

Figura 16-MAPA CONCEITUAL - ESTADO DE OXIDAÇÃO.



Fonte: AUTOR

Visão geral sobre mapas conceitual, vide pág. 66 ou [acesse aqui](#).

Acesso on-line do mapa conceitual: <https://cmapscloud.ihmc.us/viewer/cmap/1YLD3J18B-4QH57F-JL>

## PONTOS IMPORTANTES

- ✓ Os termos oxidação e a redução surgiram através das pesquisas sobre os metais, durante a ascensão da metalurgia na revolução industrial, no século XVIII;
- ✓ A oxidação e redução estão relacionadas à transferência de elétrons, ou seja, ao ganho ou à perda de elétrons, abrangendo um número maior de compostos;
- ✓ Nas reações de oxirredução, a transferência de elétrons ocorre simultaneamente. Nestas reações além do balanceamento químico realiza-se o balanceamento de carga elétrica. Para isto podemos empregar as [técnicas de balanceamento redox](#), dentre elas, o balanceamento por semirreação;
- ✓ O estado de oxidação corresponde à carga elétrica do átomo quando se assume a ruptura das ligações químicas com outros átomos, seja esta ligação iônica ou covalente;
- ✓ Para determinar o número de oxidação de um elemento utiliza-se um conjunto de regras tendo como referência as orientações da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC);
- ✓ Para se determinar se elemento está sofrendo oxidação ou redução basta observar como varia o número de oxidação da espécie durante uma reação química. Se o número de oxidação aumenta, o elemento sofre a oxidação; por outro lado, se o número de oxidação da espécie diminui, esta é redução durante o processo reacional.
- ✓ A espécie química que sofre a oxidação é chamada de agente redutor. Isto porque, durante este processo elétrons são liberados no sistema reacional e então recebidos pela outra espécie química que participa da reação, que sofrerá o processo de redução. Deste modo, para que esta espécie possa ser reduzida é necessário que a outra espécie seja oxidada, e, portanto, é chamada de agente oxidante. Assim, a espécie que doa elétrons sofre a oxidação e promove a redução da outra espécie é chamada de agente redutora, e a espécie química que sofre a redução e promove a oxidação da outra espécie é chamada de agente oxidante;
- ✓ As reações oxirredução constituem a base da eletroquímica estando presente em diversos dispositivos, equipamentos ou processos (tecnologias), estando também relacionados a processos biológicos (fotossíntese ou respiração celular).

## SUGESTÃO AO PROFESSOR

Caro colega.

Seguem algumas sugestões, que podem contribuir na prática pedagógica e na abordagem do conteúdo Estado de oxidação.

**Artigo:** Explorando os conceitos de oxidação e redução a partir de algumas características da história da ciência: Revista Química Nova na Escola

- Artigo publicado na revista Química Nova explora a oxidação e redução a partir da história da ciência de Camila R. Dias de Oliva, Amary C. Ferreira, Simone F. B. Tófani e Fernando C. Silva publicado em 2020;



**Experimento:** Reação entre zinco e ácido clorídrico

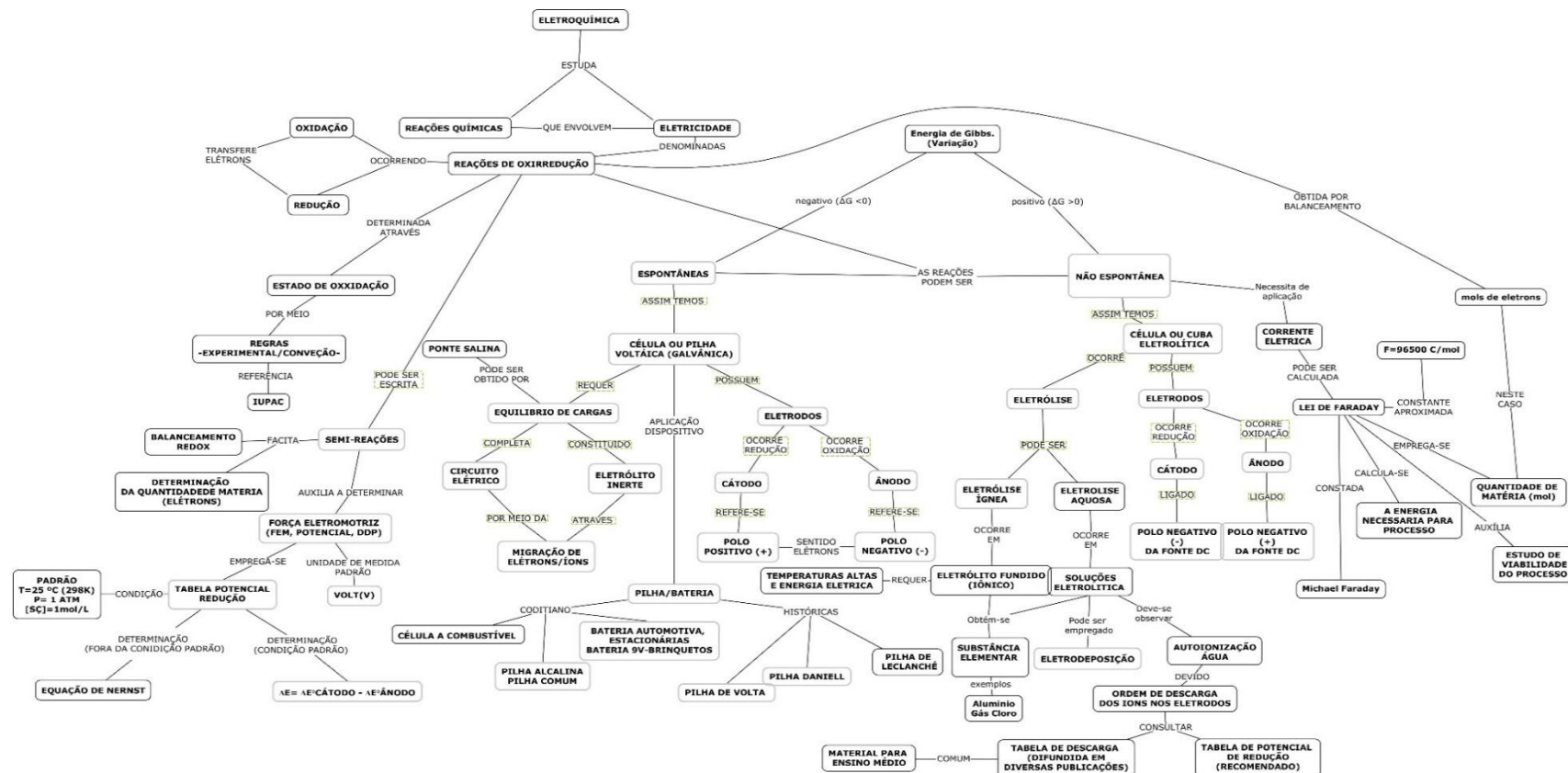
- Experimento que envolve a reação de oxidação e redução entre o metal zinco com ácido clorídrico e contém questões aos alunos



# ELETRQUÍMICA:

## UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL: ELETRQUÍMICA-PILHAS/BATERIAS E ELETRÓLISE

Figura 17-Mapa conceitual -Eletroquímica (células galvânicas e eletrolítica).



Fonte: Autor

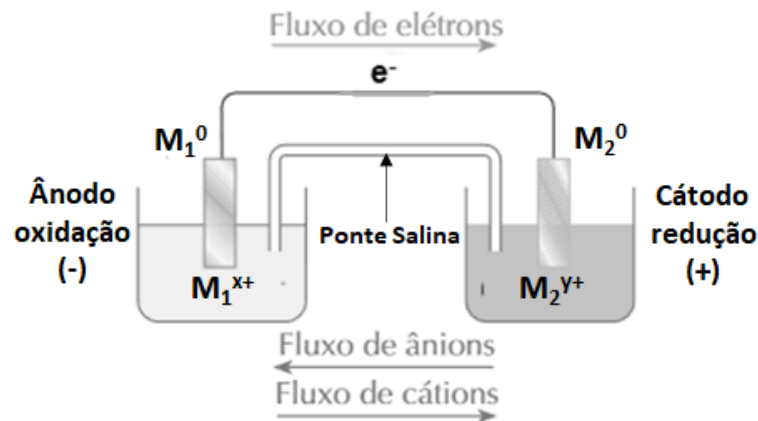
Visão geral sobre mapas conceitual, vide pág. 66 ou [acesse aqui](#).

Acesso on-line do mapa conceitual: <https://cmapscloud.ihmc.us/viewer/cmap/1YFQDGM84-1PF23KG-8GR>

## PONTOS IMPORTANTES: CÉLULAS GALVÂNICAS

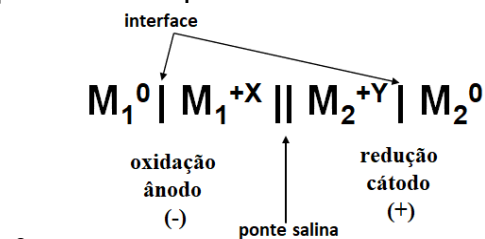
- Nas células galvânicas ocorrem reações de oxirredução espontâneas;
- No ânodo ocorre a semirreação de oxidação correspondendo ao polo negativo (-) da célula galvânica, já no cátodo ocorre a semirreação de redução correspondendo ao polo positivo (+), veja o diagrama, no quadro 5.
- O sentido do fluxo dos elétrons parte do polo negativo (ânodo) para o polo positivo (cátodo), a relação deste movimento ordenado de elétrons em função do tempo refere-se a corrente elétrica (i). Relembrando  $i=Q/t$ . e  $Q=n \cdot e^- \cdot 1,6 \times 10^{-19}C$ ;
- A ponte salina proporciona o equilíbrio de cargas através da movimentação dos íons (cátions e ânions) das soluções dos eletrodos, destaca-se que a ponte não transporta os elétrons, com indicado na figura 20.

Figura 18-Diagrama de célula galvânica com a presença da ponte salina



Fonte: PERRUZO e CANTO,2006 p.96 (Adaptado)

- As células galvânicas podem ser representadas conforme as regras da IUPAC



- Para o cálculo do potencial da célula galvânica pode-se utilizar os potenciais de redução das reações que ocorrem no ânodo e no cátodo da célula eletroquímica, a partir da tabela de potencial de redução padrão. As condições definidas como padrão para medição do potencial de redução, referem-se às medidas obtidas em soluções contendo os íons na concentração de 1 mol/L, a 25°C e 1 bar.

$$\Delta E^0 = E_{\text{cátodo}}^0 - E_{\text{ânodo}}^0$$

- Para o cálculo do potencial da célula galvânica em situações diferente das condições padrão de concentração, pressão e temperatura, utilizamos a equação de Nernst, sendo esta equação a base para desenvolvimento de equipamentos empregados em eletroanalítica, dentre eles os pHmetros.

$$E = E^0 - \frac{RT \ln Q}{nF}$$

- As pilhas e baterias comerciais atuais derivam da evolução das pilhas de Volta, Daniell e Leclanché, mas o princípio geral segue a mesma base.

## SUGESTÃO AO PROFESSOR

Caro Colega,

Segue algumas sugestões que podem contribuir na prática pedagógica e na abordagem do conteúdo de eletroquímica (pilhas e baterias)

**Artigo:** Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio: Revista Química Nova na Escola

- Artigo publicado na revista Química Nova na Escola apresenta uma proposta experimental objetivando a aprendizagem de eletroquímica de Bruno P. Diniz, Alice S. Alves, Leandro C. Lemes, Luís Antônio da Silva e Valéria A. Alves publicada em 2020.



**Experimento:** Pilha de Daniell - Pilha simples

- Experimento que envolve a montagem da pilha de Daniell.



**Experimento:** Condutividade elétrica

- Experimento que envolve a observação da condutividade elétrica



**Experimentos em vídeo :**SBQ-Química Nova Interativa

Na página da Sociedade Brasileira de Química, seção química interativa, sala de aula, temos a publicação sobre Pilhas e Baterias que apresenta diversas sugestões em vídeo de montagem experimental de pilhas, sob a edição de Leila Cardoso Teruya e coordenação de Guilherme Andrade Marson.


PubliSBQ JBCS QN QNEsc QNint RVq BE Quid\* EditSBQ Digite aqui Pesquisar

✓ JBCS ✓ QN ✓ QNEsc ✓ QNint ✓ RVq Por relevância Por mais recentes

Cadastre-se Login

Química Nova Interativa Apoio

Você está em: Home: Salas de Aula: Pilhas e Baterias pesquisam...



## PONTOS IMPORTANTES :CÉLULAS ELETROLÍTICAS

- Nas células eletrolíticas ocorrem reações de oxirredução por meio da aplicação de uma corrente elétrica.
- No ânodo ocorre a semirreação de oxidação, já no cátodo ocorre a semirreação de redução, sendo necessário para reação uma fonte de energia externa.
- No processo de descarga dos íons nos eletrodos na eletrólise aquosa ocorre “certa” competição, visto a presença de pelo menos dois cátions e/ou ânions. Para verificar qual dos cátions e ânions será preferencial no início compara-se os potenciais padrão de redução e oxidação. Porém é comum empregar as tabelas de ordem de descarga, presentes em diversos materiais consultados, mas recomenda-se analisar os potenciais padrão e situações da eletrólise, como a autoionização da água;
- Como nas células galvânicas, as células as eletrolíticas também devem ser balanceadas (balanceamento de oxirredução), tanto em relação aos átomos, elétrons e cargas, sendo sugerido o balanceamento por semirreação. Vale reforçar que na eletrólise aquosa deve-se estar atento a equação de dissociação do eletrólito e da autoionização da água.
- Ao realizar o cálculo do potencial da célula eletrolítica o resultado será negativo ( $\Delta E < 0$ ), como esperado para uma reação que ocorre pela aplicação de uma corrente elétrica, ao contrário das células galvânicas.
- Para que a reação possa ocorrer, a tensão aplicada nos terminais dos eletrodos por meio da fonte de energia externa deverá ser superior ao valor do potencial obtido pelo cálculo de  $\Delta E^\circ$ .
- As leis de Faraday relacionam a corrente elétrica com a constante de Avogadro e assim com a quantidade de matéria sendo indispensáveis para o emprego do processo de eletrólise nos setores produtivos, pois nos permite estimar o consumo de energia elétrica, o tempo necessário para o processo ocorrer e a quantidade de material a ser obtido ou utilizado, dados indispensáveis na análise da viabilidade de um processo de eletrólise em larga escala e para a reflexão sobre a sustentabilidade nos processos de produção.

## SUGESTÕES AO PROFESSOR

Caro colega,

Segue algumas sugestões, que podem contribuir na prática pedagógica e na abordagem do conteúdo de eletroquímica (eletrólise)

**Artigo:** Michael Faraday rumo as leis da Eletrólise: alguns experimentos: Revista Química Nova na Escola.

- Artigo publicado na revista Química Nova na Escola apresenta as contribuições de Michael Faraday a eletrólise de Mateus Carneiro Guimarães dos Santos, Paulo Alves Porto e Neide Maria Michellan Kiouranis publicado em 2020.



**Experimento:** Revestimento de moeda/chave

- Experimento envolve o revestimento de objeto através do processo de eletrólise.



**Experimentos em vídeo:** SBQ-Química Nova Interativa

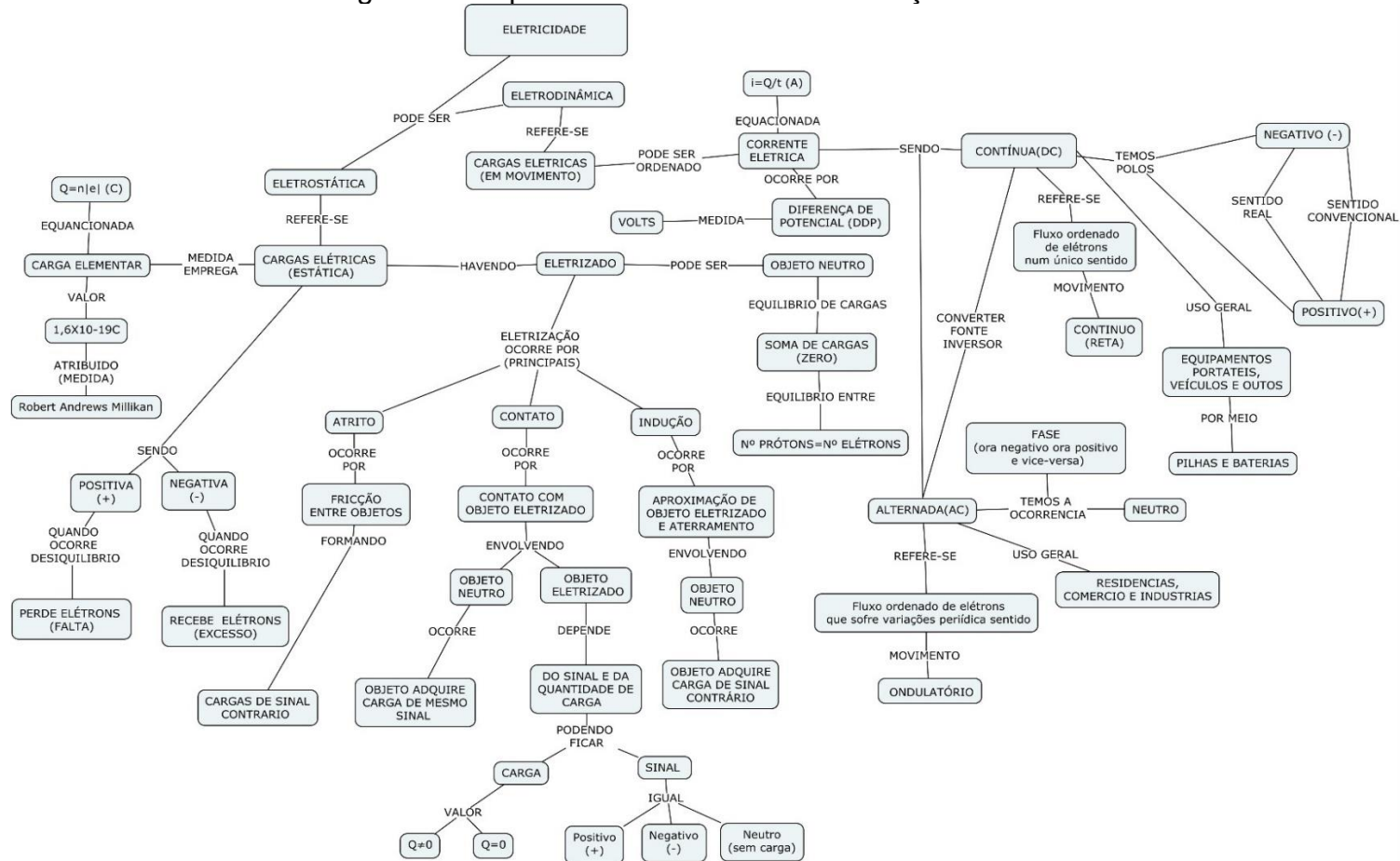
- Na página abaixo da Sociedade Brasileira de Química, na seção química interativa, sala de aula, temos a publicação sobre eletrólise que apresenta diversas sugestões em vídeo de atividades experimentais, sob a edição de Artur Guazzelli Leme Silva, e Leila Cardoso Teruya, e coordenação de Guilherme Andrade Marson



# ELETRICIDADE:

## UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL: ELETRICIDADE

Figura 19-Mapa conceitual -Eletricidade: noções básicas



Fonte: Autor

Visão geral sobre mapas conceitual, vide pág. 66 ou [acesse aqui](#).

Acesso on-line do mapa conceitual: <https://cmapscloud.ihmc.us/viewer/cmap/1YFPN59H9-5ZM2Z0-1KY>

## PONTOS IMPORTANTES: NOÇÕES DE ELETRICIDADE

- A questão da eletricidade instiga a curiosidade humana desde a antiguidade com primeiros relatos de Platão;
- A partir de diversas pesquisas realizadas deste século XVI, compreendemos melhor a natureza elétrica da matéria, deste do processo de eletrização a presença de cargas elétricas no modelo atômico, com a proposta de Thomson, proporcionando diversos avanços tanto tecnológico consequentemente melhorando a qualidade de vida.
- Na eletricidade estática, os elétrons são transferidos de um objeto a outro, gerando as cargas negativas e positivas. A eletrização dos objetos é obtida através do processo de atrito, de contato e da indução. Lembrete: Na formação dos cátions e ânions observamos a transferência dos elétrons.
- A carga elétrica total pode ser medida através da equação  $Q = n |e|$ , onde a carga elementar (carga do elétron) corresponde a  $1,6 \times 10^{-19}C$ .
- Na eletricidade dinâmica, a corrente elétrica corresponde aos elétrons em movimento ordenado devida à diferença de potencial elétrico conhecida como ddp ou tensão.
- A corrente elétrica apresenta-se de duas formas, devido a sua origem, como a contínua (DC) ou a alternada (AC) sendo mensurada em Ampere (A).
- A corrente contínua (DC) está relacionada a energia elétrica obtida através das reações de oxirredução espontâneas que ocorre nos dispositivos (pilhas e baterias), apresentando polo negativo e positivo com um fluxo de carga contínua.
- A corrente alternada (AC), obtida por gerador eletromagnético, corresponde a um fluxo de carga ondulatório com frequência padrão no Brasil de 60Hz, variando sua tensão nominal por exemplo de 110V a 220V, sendo esta fornecida pelas concessionárias de energia elétrica a sociedade;
- Utilizamos as fontes AC/DC para converter a corrente elétrica alternada para contínua para recarregarmos as pilhas e baterias recarregáveis empregadas nos “celulares” e veículos;
- Destaca-se com o emprego da energia fotovoltaica (energia solar) temos o processo de converter a corrente contínua em alternada através do equipamento denominado inversor, que pode estar ligado a um conjunto de baterias estacionária (DC).

## SUGESTÕES AO PROFESSOR

Caro Colega,

Segue algumas sugestões, que podem contribuir na prática pedagógica e na abordagem das noções de eletricidade (eletrostática e corrente elétrica).

**Artigo:** Eletricidade e a Química: Revista Química Nova na Escola.

- Artigo publicado na revista Química Nova na Escola apresenta relações entre a eletricidade e a química de Maria da Conceição Marinho Oki publicado em 2000



**Artigo:** Explorando a existência de cargas elétricas na Matéria. Revista Química Nova na Escola

- Artigo publicado na revista Química Nova na Escola relata abordagem de questão da eletricidade no ensino de química de Eva Teresinha de Oliveira Boff e Marli Dallagnol Frison publicado em 1996.



**Experimento:** Eletroscópio

Experimento envolve o estudo da eletrização



ATIVIDADE EXPERIMENTAL  
PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

**Experimento: Eletroscópio**



**Experimento:** Atração

Experimento envolve o estudo dos processos de eletrização



ATIVIDADE EXPERIMENTAL  
PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

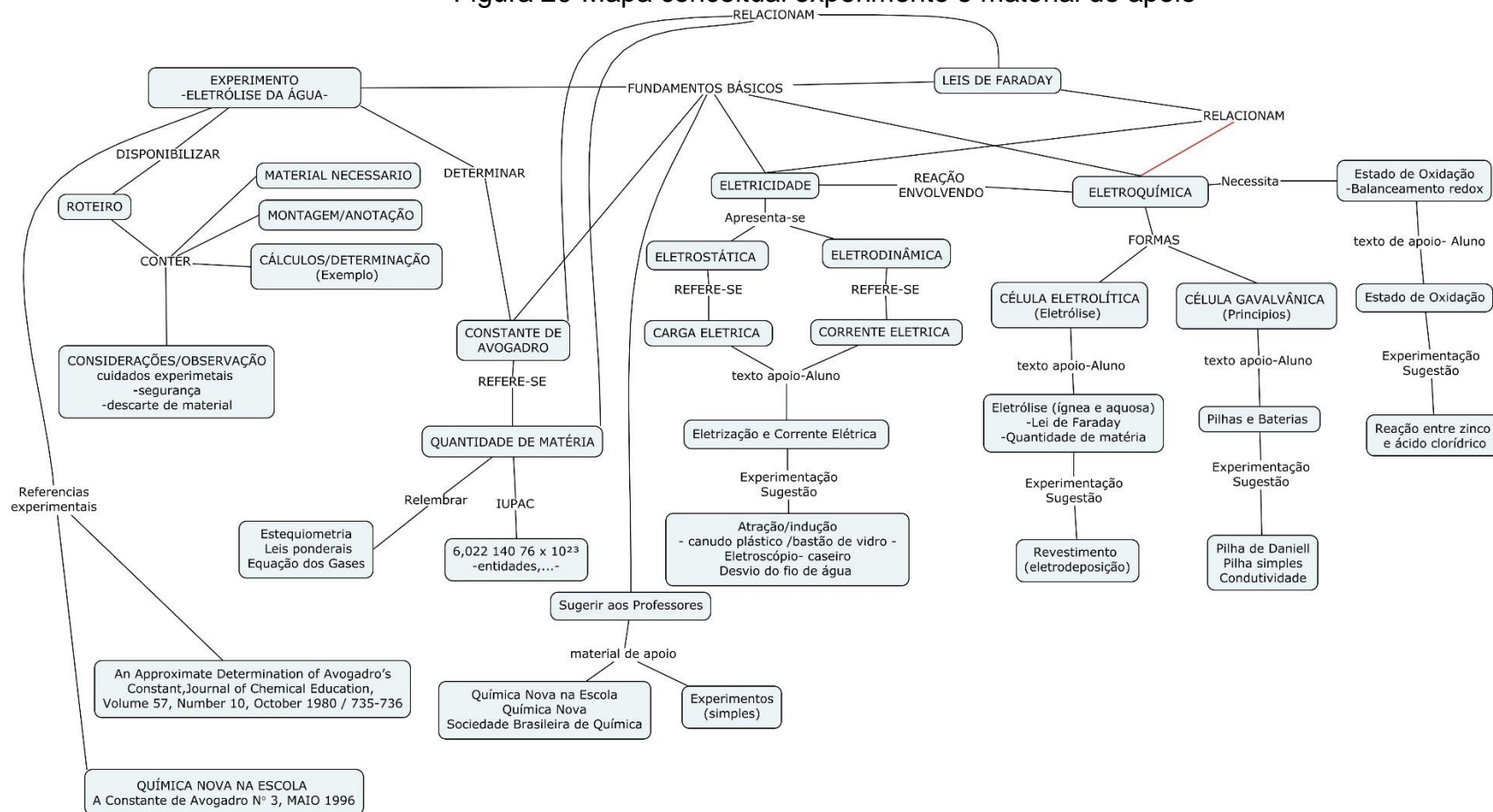
**Experimento: Atração de fragmentos de papel e do filete d'água**



## ELETROLISE & CONSTANTE DE AVOGADRO: MAPA CONCEITUAL:

### UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL: ELETROLISE & CONSTANTE DE AVOGADRO

Figura 20-Mapa conceitual experimento e material de apoio



Fonte: Autor

Visão geral sobre mapas conceitual, vide pág. 66 ou [acesse aqui](#).

Acesso on-line do mapa conceitual <https://cmepscloud.ihmc.us/viewer/cmap/1XXXGXJ38-10CS4X6-1CY>

## REFERÊNCIAS

BRASIL, M. DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular**.2018.

BRASIL, M. DA S. DO M. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. Brasília. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>.

GIANI, K. **A experimentação no Ensino de Ciências: possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa**. Mestrado Profissional em Ensino de Ciências— Brasília: Universidade de Brasília, maio 2010.

KOTZ, J. C. et al. **Química Geral e Reações Químicas - Volume 2 - Tradução da 9ª edição norte-americana**. 9. ed. Porto Alegre.: Editora BookMan, 2016. v. 2

MANRIQUE, A. L.; FERRÃO, N. S. **The use of concept maps as an indicator of significant learning in Calculus**. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/271646670>>.

MATO GROSSO DO SUL (ESTADO), S. DE E. DE E. **Currículo de referência de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande-MS: SED, 2021, 2021.

MORA, N. D.; SIHVENGER, J. C. Química Geral: Laboratório de Materiais. Em: **Química Geral: Laboratório de Materiais**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná-Unioeste, 2006.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitiva ao ensino de Física**. 1ª ed. Porto Alegre: Editora Universidade, 1983.

MOREIRA, M. A. **A teoria da Aprendizagem significativa e sua interpretação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília (UNB), 2006.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. p. 111, 2006.

OLIVEIRA, J. R. S. DE. 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**, p. 25–45, 2010.

## APENDICES

### CHECKLIST: ELETROLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADO LISTA DE MATERIAL

- 02 eletrodos de fio de cobre 2,5 ou 4,0 mm<sup>2</sup> (sólido);
- 02 provetas de 50 mL ou tubo ensaio graduado 50 mL (vidro)
- 02 pipetas volumétricas graduadas de 1 mL ou bastão de vidro;
- 01 pipetas volumétricas de 5 mL ou pipeta graduada de 5 mL;
- 01 recipiente de plástico ou vidro com capacidade de 1,5 a 2,0 L;
- 01 multímetro com escala de voltagem (DC) e amperagem (A) com escala entre 20-200 mA ou equivalente;
- 01 cronômetro ou smartphone/celular com esta função;
- 01 Conjunto fios para conexão entre o eletrodo, multímetro e fonte AC/DC;
- 01 fonte AC/DC de 9 V a 12 V ou bateria de 9V;
- 01 fita isolante
- 01 Tesoura;
- 01 Flanela de limpeza (algodão ou microfibra);
- 01 solução de NaOH (hidróxido de sódio) 0,1 mol/L ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico) 0,05 mol/L, observa-se que o ácido sulfúrico requer registro na Polícia Federal.

### LISTA DE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)

- 01 luva de látex ou similar
- 01 óculos de segurança (recomendado)

### LISTA DA MONTAGEM

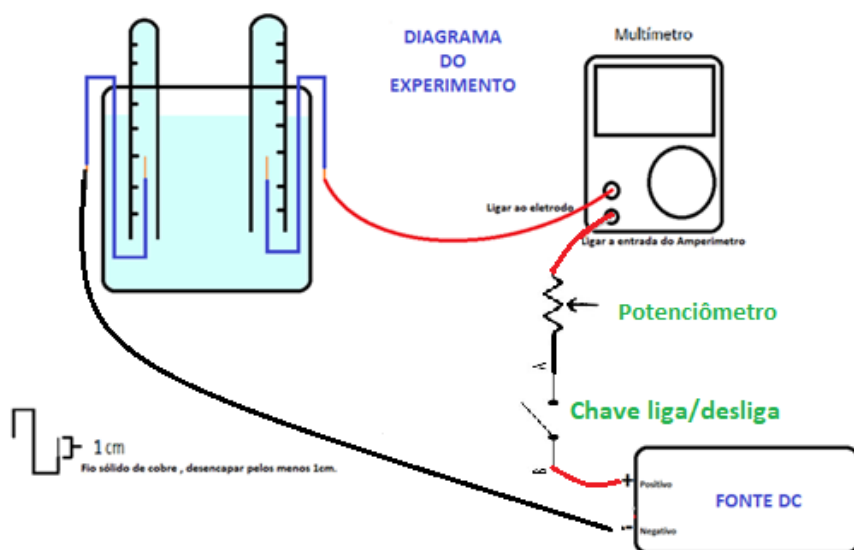
- Verificar concentração da solução NaOH 0,1 mol/L
- Verificar concentração da solução H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 mol/L
- Verificar a montagem elétrica ([conforme diagrama simplificado](#)):
  - ligação com multímetro
  - limpeza das pontas dos fios de cobre de 4 mm<sup>2</sup> ou 2,5 mm<sup>2</sup>
- Verificar a presença de bolhas nos tubos do eletrodo.
- Verificar o cronometro, quando estar zerado
- Verificar material para anotações
- Caso, realizar a atividade em grupo, distribua as tarefas e verifique que todos os membros estão cientes e pronto antes do início da experimentação.

☐ Caso, realizar a atividade em grupo, distribua as tarefas e verifique que todos os membros estão cientes e pronto antes do início da experimentação.

### LISTA DE MATERIAL OPCIONAL

- ☐ 01 Potenciômetro linear de 5 K $\Omega$  ou 10 K $\Omega$ ;
- ☐ 01 Interruptor (liga/desliga).
- ☐ Verificar a montagem elétrica (conforme diagrama simplificado abaixo);
- ☐ Montar o sistema, ajustar o potenciômetro. Após ajuste montar novamente o sistema para começar o experimento;
- ☐ Verificar o ajuste do potenciômetro objetivando o controle da redução da formação em excesso das bolhas.

Figura 1-diagrama da eletrolise - com componentes opcionais.



Fonte: Autor

## TÉCNICAS DE BALANCEAMENTO DE OXIRREDUÇÃO (DESCRIÇÃO)

### 1- Método por tentativa.

1ª etapa: determinar o estado de oxidação de todas as espécies químicas participantes da reação química empregando o número de oxidação (NOX);

2ª etapa: verificar quais espécies químicas estão em oxidação e redução. E a variação total do Nox ( $\Delta$ ) da oxidação e redução;

3ª etapa: inverter os valores de  $\Delta$  da oxidação e redução;

4ª etapa: determinar os demais coeficientes do balanceamento por tentativa.

### 2- Método por semirreação.

1ª etapa: determinar o estado de oxidação de todas as espécies químicas participantes da reação química empregando o número de oxidação (NOX);

2ª etapa: verificar quais espécies químicas estão em oxidação e redução. E escrever as semirreações de oxidação e redução;

3ª etapa: realizar o balanceamento químico (átomos) das espécies químicas da oxidação e redução. E as respectivas quantidades de elétrons em cada semirreação;

4ª etapa: igualar o total de cargas no termo (lado) dos reagentes e produtos em função do meio reacional.

Quando em meio ácido o equilíbrio deve ser realizado com a adição de íons  $H^+$  no termo adequado. Já se meio for básico o equilíbrio deve ser realizado com a adição de íons  $OH^-$ , no termo adequado.

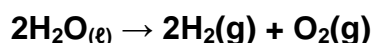
5ª etapa: igualar quantidade do elemento Hidrogênio através da adição de água no termo adequado. Observar a quantidade do elemento Oxigênio, se necessário ajustar, porém na maior parte das vezes está balanceado;

6ª etapa: igualar a quantidade de elétrons e somar as semirreações ao final as quantidades de elétrons cedidas e recebidas serão anuladas (KOTZ et al., 2016, p. 873–875).

## QUESTÕES BÁSICAS:RELEMBRANDO

Em relação a Conservação das massas e balanceamento químico, observa-se:

No reagente temos na equação química abaixo, duas moléculas de água líquida (H<sub>2</sub>O), cada constituída de 2 átomos de hidrogênio e 1 átomo de oxigênio, totalizando 4 átomos de hidrogênio e 2 átomos de oxigênio no lado do reagente, já observando o lado do produto temos duas moléculas de 1) e uma molécula de gás oxigênio (O<sub>2</sub>), logo temos dois átomos de hidrogênio em cada molécula de gás hidrogênio, que totalizam 4 átomos hidrogênio, enquanto o gás oxigênio apresenta 2 átomos de oxigênio no total.



Uma questão simples para nós (professores) mas, as vezes são questões que nossos alunos têm dificuldades, impedindo a compreensão adequada de diversos conceitos.

Portando ao observar a equação química, acima em relação ao reagente e produto observa-se que a quantidade de átomos de cada elemento químico está na mesma quantidade tanto do lado do reagente quanto do produto, logo o total da massa envolvida no produto e reagente são as mesmas.

Vale destacar junto aos alunos, que os átomos dos elementos presentes no reagente “reorganizam-se” gerando novas substâncias, sendo os mesmos elementos, como as mesmas massas atômicas, mas novos arranjos, como temos a mesma quantidade de átomos de cada elemento em cada lado da reação, a massa também será a mesma, como observado por meio experimental e relatado por Antoine Lavoisier, hoje conhecida pela 1ª Lei ponderal, a lei da conservação das massas.

**“Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”, atribuída a Antoine Lavoisier.**

Já em relação aos coeficientes estequiométricos podemos observar a proporção entre as substâncias presentes na reação química, neste caso da equação de decomposição da água, temos 2 moléculas de água gerando por meio da decomposição 2 moléculas de gás hidrogênio e 1 molécula de gás oxigênio.

Logo, observamos a relação de 2 moléculas de água para 2 moléculas de gás hidrogênio (2H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub>----2H<sub>2(g)</sub>) portando 2 moléculas de água produzem 2 moléculas de gás hidrogênio, caso tenha 6 moléculas de água produzem 6 moléculas de gás hidrogênio, ou seja, temos uma proporção. O mesmo ocorrendo com água com o gás hidrogênio, já a relação será de 2 moléculas de água para 1 molécula de gás oxigênio (2H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub>----O<sub>2(g)</sub>).

Ainda podemos relacionar nesta reação a relação entre seus produtos, gás hidrogênio e gás oxigênio sendo de 2 moléculas de gás hidrogênio para 1 molécula de gás oxigênio ( $H_{2(l)} \rightarrow O_{2(g)}$ ). Estas relações de proporção são conhecidas com a 2ª lei ponderal, a Lei das proporções, atribuídas a Joseph Louis Proust e para estes cálculos podemos empregar a “Regra de três”.

**“Toda substância possui uma proporção constante, em massa, na sua composição, e a proporção na qual reagem e se formam é constante.”, atribuído a Joseph Louis Proust**

Ao utilizar a hipótese de Avogadro, inicialmente proposta a partir de estudos de gases, sendo descrito por diversos livros didáticos por “Volumes iguais, de quaisquer gases, nas mesmas condições de pressão e temperatura, apresentam a mesma quantidade de moléculas das substâncias” a relação conhecida por quantidade de matéria, com unidade de medida, o mol. Destaca-se que alguns livros didáticos e publicações na web trazem informações confusas sobre o conceito de quantidade de matéria, às vezes confundido a unidade de medida (mol) como sinônimo de quantidade de matéria.

Em relação a massa, “o pesar” para o aluno. Não conseguimos mensurar uma molécula, mas podemos mensurar uma porção de moléculas, medindo a massa desta porção da matéria, por meio de balanças. Assim podemos relacioná-la com base na hipótese de Avogadro, a quantidade de  $6,02 \times 10^{23}$  entidades (elétrons, átomos, íons, moléculas), logo um mol corresponde a este valor de entidades.

Já recordamos e relacionamos as quantidades de moléculas com a quantidade de matérias, obedecendo às leis ponderais, nas reações químicas, utilizando as representações das reações químicas (as equações) e a proporções por meio da estequiometria.

Reforçamos as relações com base na equação ( $2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ ), podemos ler a reação em função de quantidade de matéria, seguindo também as proporções, portanto temos como reagente 2 mols de moléculas de água líquida produzindo 2 mols de gás hidrogênio e 1 mol de gás oxigênio. Logo podemos ainda junto ao aluno, relembrar que não conseguimos medir a massa de uma molécula, mas de uma porção de moléculas, neste caso a quantidade de matéria, 1 mol que contém  $6,02 \times 10^{23}$  moléculas, que podemos medir facilmente e relacionar diretamente a uma reação.

Exemplificando no caso da molécula de água ( $H_2O$ ), a massa molecular dela corresponde a massa de 2 átomos do elemento hidrogênio e 1 átomo de oxigênio, utilizando a [tabela periódica](#) teremos massa de 18,00 u (unidade de massa atômica), pensando em quantidade de matéria, 1 mol de água corresponde a 18,00 g (gramas) contendo  $6,02 \times 10^{23}$

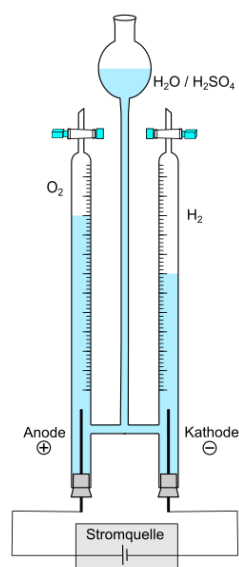
moléculas, no qual podemos medir, trazendo para próximo do aluno a medição e as reações químicas.

## CURIOSIDADE EM RELAÇÃO AO EXPERIMENTO

Curiosidade, o experimento de referência desta atividade experimental seção 50-minute experimente no artigo “An Approximate Determination of Avogadro’s Constant”, publicado no Journal of Chemical Education no volume 57, number 10 em outubro 1980 pág. 735 a 736, empregou-se um voltímetro de Hoffman para determinar o valor da constante de Avogadro.

Em substituição ao voltímetro de Hoffman, equipamento de alto custo, empregamos provetas nos eletrodos e a solução de hidróxido de sódio como eletrólito. Mas abaixo segue a representação e imagem do voltímetro de Hoffmann. E ainda uma sugestão de vídeo que utiliza este equipamento em eletrolise.

Figura 2- Voltímetro de Hoffmann



Sugestão:  
<https://youtu.be/NkBfhs7PU4U>



Fonte: [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Hoffmannscher\\_Zersetzung-app.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Hoffmannscher_Zersetzung-app.svg)

### EXPERIMENTOS: SUGESTÕES

### EXPERIMENTO: REAÇÃO ENTRE ZINCO E ÁCIDO CLORÍDRICO

#### Introdução

Utilizamos em nosso cotidiano uma variedade de materiais obtidos da natureza por meio de transformações físicas e/ou químicas. Relembramos que quando ocorre uma alteração em seus componentes, temos uma transformação química (reação química). Caso contrário trata-se de uma transformação física.

Nas reações químicas observa-se a presença dos reagentes (substâncias que os átomos serão recombinados) e produtos (substâncias resultantes), logo podemos evidenciar algumas reações por meio da mudança de cor, da liberação de gás (efervescência), da formação de um sólido (precipitado), do aparecimento de chama ou luminosidade e da alteração de temperatura, dentre outras. Mas nem sempre podemos afirmar que ocorreu uma reação química baseando nas alterações ocorridas no sistema como exemplo a mistura de água e álcool ou água e sal de cozinha.

Logo, as reações podem ser classificadas em síntese, decomposição, simples troca ou dupla troca. E ainda envolverem trocas de calor (reações endotérmica/exotérmicas) ou transferências de elétrons (reações de oxirredução). Vejamos o experimento abaixo.

#### Objetivos

- Evidenciar a reação de oxirredução entre o zinco metálico e o hidrogênio proveniente do ácido clorídrico diluído;
- Verificar a existência e comprovação da Lei de conservação das massas.

#### Materiais e reagentes

- 01 Solução de HCl (1 mol/L ou 2 mol/L);
- 01 Zinco metálico (granulado ou lascas);
- 01 rolha de borracha ou tampa para tubo de ensaio;
- 01 pipeta de 2 mL;
- 01 espátula;
- 01 Balança;
- 01 Papel toalha;
- 01 pera;
- 01 bexiga de ar;
- 01 suporte para tubos de ensaio.

#### Procedimentos

Em um tubo de ensaio, adicionar solução de ácido clorídrico (1 mol/L ou 2 mol/L) até atingir aproximadamente a metade da capacidade do tubo.

Utilizando uma balança, pesar o suporte para tubos de ensaio com o tubo e o ácido, a bexiga (caso for utilizá-la), juntamente com o zinco metálico. E anotar o valor da massa total em gramas (g).

Em seguida adicionar ao tubo com ácido, zinco metálico e tampar a boca desse tubo com a tampa, (ou a bexiga, se for o caso). Esperar a reação cessar e novamente anotar a massa total em gramas.







Obs.: Sugere-se que essa atividade seja realizada em grupo, porém conforme sua realidade (espaço físico, condições de segurança, quantidade de material disponível e de

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

alunos), não seja adequada, sugere-se uma demonstração, visto as atividades experimentais com descrito em diversos artigos e dissertações como (OLIVEIRA, 2010) e GIANI (2010) que podem motivar e despertar a atenção dos alunos.

#### 1-Montagem e resultados

	
<p>Obtenção de Zinco metálico (lamina delgada)</p>	<p>Material empregado</p>
	
	
<p>Exp.2: Zinco c/ 10mL solução HCl 1mol/L</p>	<p>Exp.2: Zinco c/ 10mL solução HCl 1mol/L após 20 min</p>

Fonte: Autor

#### Cuidados/recomendações:

Como emprega-se ácido, recomenda-se utilizar jaleco, luva e óculos de proteção. Porém cabe ao educador avaliar a necessidade de outro aparato ou ação de proteção, visto sua realidade.

Para o descarte do ácido clorídrico, neutralizar com hidróxidos ou carbonatos, havendo a monitoramento do pH que deverá estar entre 6 e 8, se necessário utilizar banho de gelo. Após a neutralização, descartar lentamente na pia sob água corrente.

#### Sugestão de questões

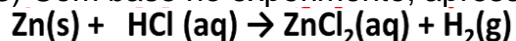
## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

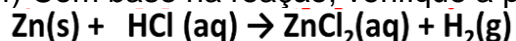
- 1) O experimento confirma o enunciado de qual lei? O que diz esta lei?
- 2) A partir de suas observações do experimento, houve evidências de reação química?

Quais?

- 3) Com base no experimento, apresente o balanceamento químico da reação.



- 4) Com base na reação, verifique a presença do processo de oxidação e redução.



**Consideração:** As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões ou alterar a estrutura do experimento, pois a meta consiste em verificar a reação de redox e ainda aproveitar o momento para lembrar as leis ponderais e o balanceamento químico.

## EXPERIMENTO: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

### Introdução

As substâncias apresentam diversas características ou propriedades, as quais podem determinar suas aplicações, dentre as propriedades destacamos a propriedade de materiais conduzirem a corrente elétrica.

Através da medida da condutividade elétrica observa-se o nível de condução elétrica de alguns materiais sendo assim sendo classificados como condutores, semicondutores ou isolantes.

Mas quando levamos aquele choque elétrico ao tomarmos banho ou quando utilizamos a maquina de lavar roupas está também relacionado com a condutibilidade elétrica? Ou ainda com as ligações químicas?

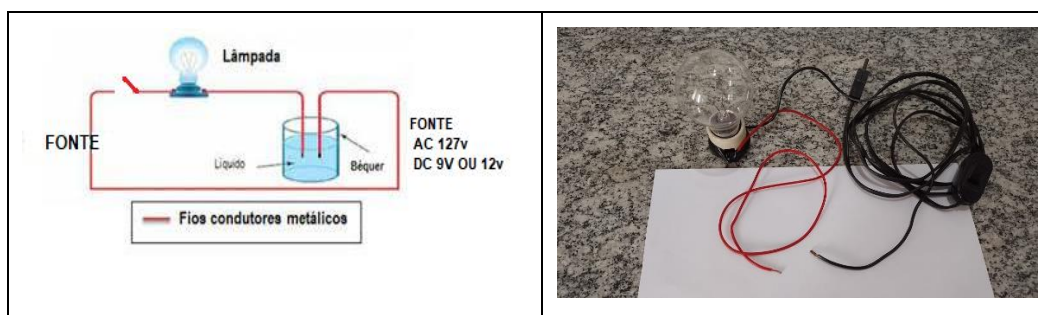
### Objetivos

- Compreender as condições para que haja condução de eletricidade;
- Relacionar a condutividade elétrica com as ligações químicas presente nas substâncias;
- Discutir a relação das ligações químicas, processos de ionização e dissociação na condutividade elétrica;
- Diferenciar a corrente alternada (AC) e corrente contínua (DC).

### Materiais e reagentes

- 01 Solução de sacarose (diluída);
- 01 Solução de ácido clorídrico diluído 0,1 mol/L;
- 01 Solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L;
- 01 Solução de cloreto de sódio (diluída);
- 01 Cloreto de sódio (sólido);
- 01 Água de destilada;
- 06 Béquer ou copo transparente de 100mL ou 200mL;
- 02 Vidro relógio
- 01-soquete para lâmpada;
- Lâmpada incandescente. 60W ou 20 W / 127 V;
- 01-Fonte AC/DC 9V ou 12V;
- 01 led ou lâmpada automotiva 12V;
- 01 Fita isolante;
- Conectores ou fios para montagem.

1-Diagrama e montagem de sistema.



Fonte: Autor

### Procedimento experimental

Monte conforme diagrama abaixo. Podendo ser empregado em corrente AC ou DC. Apenas observe a lâmpada a ser utilizada, quando AC empregar a lâmpada 60W ou 20W, já quando DC empregar a lâmpada automotiva.

Em cada béquer de 100 mL, adicionar entre 50 e 70mL quando das soluções ou sólidos.

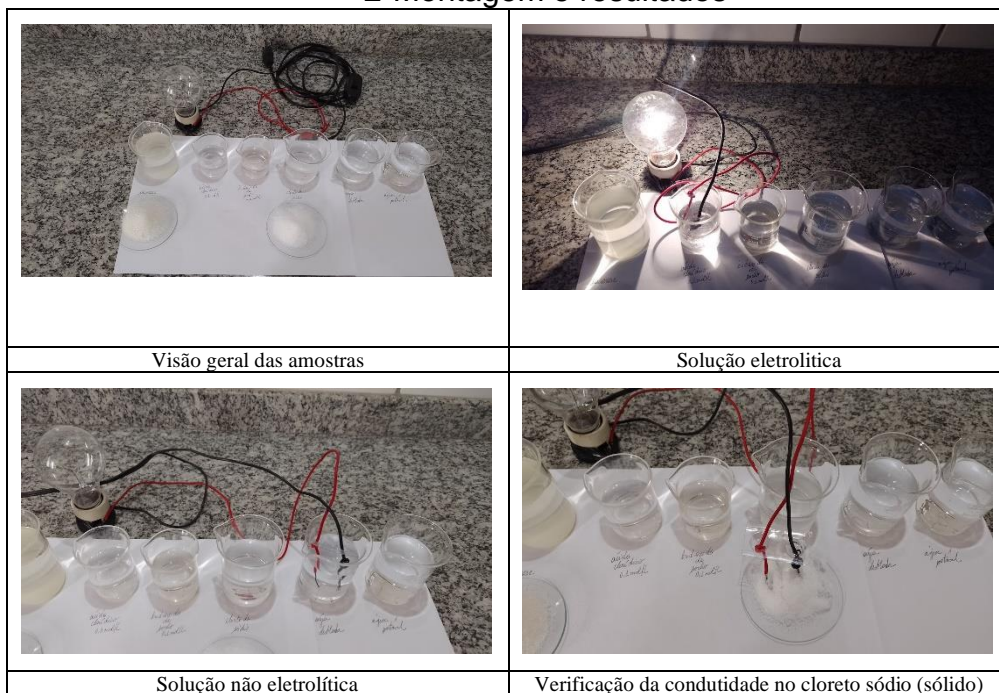
- A-Solução de sacarose (diluída);
- B- Sacarose (sólido);
- C-Solução de ácido clorídrico diluído 0,1 mol/L;
- D-Solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L;
- E- Solução de cloreto de sódio (diluída);
- F- Cloreto de sódio (sólido);
- G- Água de destilada;
- H- Água potável.

Realizar o teste em cada béquer e anotar as observações tanto quando a condutibilidade, luminosidade (alta, média ou baixa). Sugere-se alteração a concentração da solução de sacarose, do cloreto de sódio e até misturá-los visto a questão soro caseiro.

Sugestão: Após teste com água, adicione uma pitada de cloreto de sódio, e lentamente insira os terminais na solução. Peças para os alunos anotarem as observações. Em seguida, agite a mistura, insira novamente os terminais e peças para anotar as observações. Momento para abordar a diluição, mistura de substância, lembrar do agitar o suco para ficar uniforme ou o caso de agitarmos alguns medicamentos antes de ingerir.

Pois além da verificação das soluções eletrolíticas, questionar ou relacionar com as ligações químicas, a formação dos íons (ionização e dissociação), e relação a concentração de íons.

### 2-Montagem e resultados



Fonte: Autor

#### Sugestão de questões

- 1) Quais frascos corresponde a soluções eletrolíticas
- 2) O que ocorreu nos frascos com sólidos? Justifique.
- 3) A condutividade está relacionada com as ligações químicas.
- 4) Houve condução elétrica quando houve a mistura da solução de sacarose com o sal (lembrando o soro caseiro)? Comente.
- 5) Agitação favorece a dissolução, influência também a condutividade?

**Consideração:** As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões ou alterar a estrutura do experimento.

## EXPERIMENTO: PILHA DE DANIELL/PILHA SIMPLES

### Introdução

John Frederic Daniell (1745-1827) propôs uma pilha, constituída de uma placa de cobre e outra de zinco, mergulhadas em soluções dos respectivos metais, interligadas através solução salina, sendo dispositivo conhecido por Pilha de Daniell. Neste experimento observamos a reação de oxirredução com formação de íons e verificamos os conceitos relacionados a eletroquímica e a corrente elétrica, neste caso DC.

Relembramos que na pilha de Daniell e parecida com a pilha de Volta, pois possuem os mesmos eletrodos, cobre e zinco. O eletrodo de cobre corresponde ao polo positivo e o de zinco, o polo negativo, porém mais eficiente devido a ponte salina, permanecendo com carga por mais tempo. E futuramente com base nos princípios na pilha de Daniel, George Leclanché (1839-1882), propõe a pilha seca, sendo a base das pilhas atuais.

### Objetivos

- Montar a pilha de Daniell;
- Evidenciar o funcionamento da Pilha de Daniell;
- Efetuar a medição do potencial da pilha em volts;
- Relembrar os conceitos relacionados às semirreações e reação global.

### Materiais e reagentes

- 01 Solução sulfato de cobre II ( $\text{CuSO}_4$ ) 1 mol/L;
- 01 Solução sulfato de cobre ( $\text{ZnSO}_4$ ) 1 mol/L;
- 01 placa metálica de cobre;
- 01 placa metálica de zinco;
- 02 Béquer ou copo transparente de 100mL
- 01 voltímetro ou multímetro com a função voltagem;
- 01 Solução de cloreto de sódio (saturada) ou cloreto de potássio 3,0mol/L: empregada na ponte salina
- 01 tubo tipo U ou mangueira 1/8 (15-20cm) flexível: utilizado na montagem da ponte salina;
- 02 pedaços de algodão: empregado no fechamento do tubo da ponte salina
- Conectores ou fios para montagem.
- 01 placa metálica de alumínio
- 01-solução de água sanitária (hipoclorito de sódio 2-2,5%);

### Procedimento experimental(A)

No béquer de 100 mL, adicionar aproximadamente 50 mL da solução de sulfato de cobre II (1,0 mol/L) e em outro a mesma quantidade da solução de sulfato de zinco (1,0 mol/L);

Mergulhe as placas metálicas de cobre na solução de sulfato de cobre II e na solução sulfato de zinco, a placa de zinco metálico.

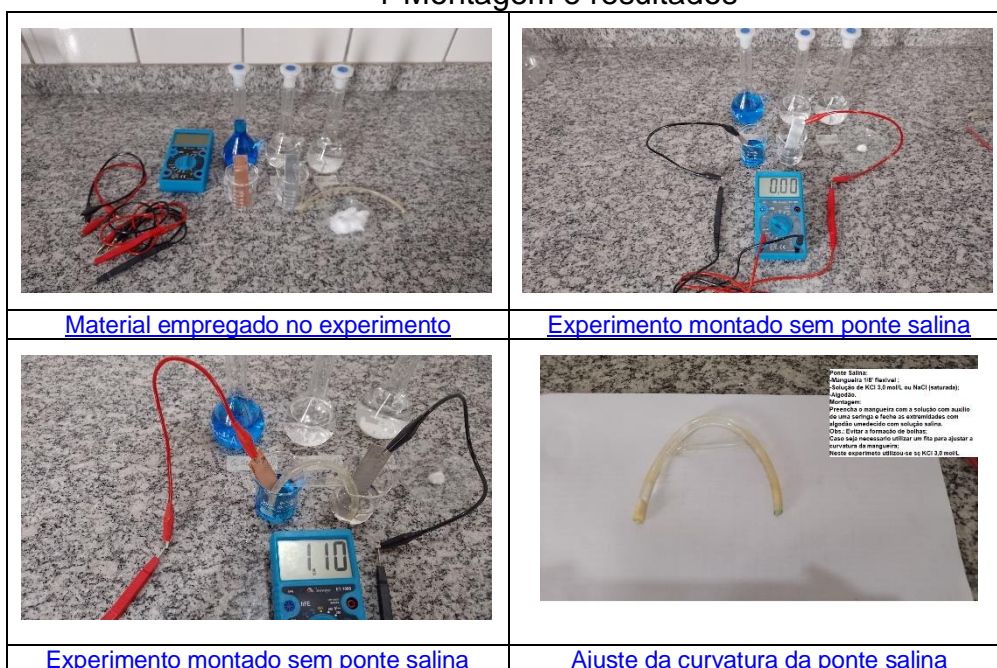
Em seguida liga-se as placas metálicas no multímetro, ajustado para função voltímetro preferencialmente na escala até 20 Volts, DC.

Ao inserirmos a ponte salina, o multímetro começa a registrar a tensão. Pode-se ainda ligar um relógio, led outro equipamento que opere na tensão registrada da pilha

Obs.:

1. Para montagem da ponte salina que proporciona o equilíbrio iônico, preencha o tubo tipo U ou mangueira com solução de cloreto de sódio sem deixar bolhas. Após preenchimento feche as extremidades com algodão umedecido de pela solução de cloreto de sódio.
2. Caso considere necessário monte outra e ligue em série para obter maior tensão.
3. Na montagem da ponte salina, preencha a mangueira flexível com auxílio de uma seringa e feche as extremidades com algodão umedecido com a solução salina. Evite a formação de bolhas de ar, sendo necessário utilize uma fita para ajustar a forma para mangueira. No experimento abaixo utilizou-se solução de KCl 3,0 mol/L.

#### 1-Montagem e resultados



Fonte: Autor

#### Procedimento experimental (B)

Em um béquer de 100 mL, adicione duas placas metálicas, uma de cobre e outro alumínio;

Em seguida liga-se as placas metálicas no multímetro, ajustado para função voltímetro preferencialmente na escala até 20Volts DC.

Logo adiciona-se adicionar aproximadamente 50 mL de água sanitária (hipoclorito de sódio 2-2,5%) no béquer com as placas metálicas. Neste o multímetro começa a registrar a tensão. Pode-se ainda ligar um relógio, led outro equipamento que opere na tensão registrada da pilha

Obs.: Caso considere necessário monte outra e ligue em série para obter maior tensão.

### 2-Montagem e resultados

		
<a href="#">Material empregado no experimento</a>	<a href="#">Experimento com placa de alumínio</a>	<a href="#">Experimento com papel alumínio</a>



Fonte: Autor

### Sugestão de questões

1. Apresente a equação de oxirredução com base neste experimento A (Pilha de Daniell).
2. Mudança de atitudes ou de vida cotidiana ocasionado pela difusão das pilhas/baterias.
3. Com base em seus conhecimentos, caracterize o descarte consciente?
4. Compare a pilha de cobre e alumínio com a pilha cobre e zinco.

### Consideração:

- As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões.
- Sugere o experimento B em virtude a simplicidade de obter os materiais do experimento.
- Vídeos sobre os experimentos:

1-Pilha de Daniell (cobre/zinco): <a href="https://www.youtube.com/watch?v=U3BsZ8GwxkU">https://www.youtube.com/watch?v=U3BsZ8GwxkU</a>	
2-Pilha de cobre/alumínio: <a href="https://youtu.be/YZURktIBF9M">https://youtu.be/YZURktIBF9M</a>	

### EXPERIMENTO: REVESTIMENTO DE MOEDA/CHAVE

#### Introdução

Como abordado a eletrólise refere-se há uma reação de oxirredução, neste caso não espontânea obtida a partir da aplicação de corrente elétrica em um meio em que os íons estejam livres contribuindo no equilíbrio de cargas e íons.

A eletrólise pode ocorrer em meio reacional obtido pela da fusão de substâncias iônicas, a eletrólise ígnea ou em meio aquoso, a eletrólise aquosa.

Dentre suas aplicações, destaca-se seu emprego no revestimento de peças com metais que se oxidam com maior facilidade que o metal constituinte da peça, a eletrodeposição, nesta condição também conhecida por galvanoplastia,

#### Objetivos

- Evidenciar o processo de eletrolise aquosa, revestindo o objeto metálico.
- Refletir sobre o emprego do processo de eletrólise.

#### Materiais e reagentes

- 01 Fonte AC/DC 9V ou 12V;
- 01 Solução sulfato de cobre II ( $\text{CuSO}_4$ ) 1 mol/L;
- 01 Béquer ou copo transparente de 100mL;
- 01 chave ou moeda;
- 01 placa metálica de cobre;
- Conectores ou fios para montagem.

#### Procedimento experimental:


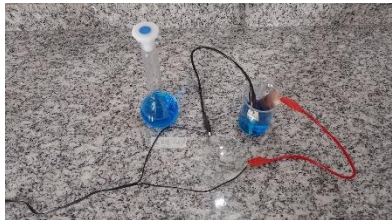

No béquer adicionar 70mL de solução de sulfato de cobre 1,0 mol/L; Prenda a chave ou moeda ao polo negativo da fonte AC/DC e positivo placa de cobre.

Mergulhe a chave ou moeda, juntamente com placa cobre na solução, sem que as tenhas contato;

Ligue a fonte AC/DC e anote suas observações, tanto em relação aos objetos e coloração da solução.

Obs.: Limpe a superfície que será revestida com detergente, caso considerar necessário realizar o lixamento para melhor limpeza.

#### 1-Montagem e resultados

		
<a href="#">Material empregado no experimento</a>	<a href="#">Experimento- Revestimento (Cobre)</a>	<a href="#">Resultado do Experimento (t=5')</a>

Fonte: Autor

#### Sugestão de questões

1. O experimento evidencia o processo de eletrolise? Comente sua importância.
2. Caso chave fosse construída de zinco, apresente a reações de oxirredução.

3. Seria possível medir o consumo de energia? Como?

#### Consideração:

- As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões ou alterar a estrutura do experimento.
- Considerações: Vídeo sobre o experimento:

1-Eletrodeposição (revestimento por cobre):

<https://www.youtube.com/watch?v=jdM78LVN1i8>



### EXPERIMENTO: ATRAÇÃO DE FRAGMENTOS DE PAPEL E DO FILETE D'ÁGUA

#### Introdução

Desde a antiguidade vários fenômenos integrava o ser humano, como os relatos o âmbar, ao serem atritados adquiriam a propriedade de atraírem pequenos objetos como fios de cabelo. Apenas 1600 com trabalhos de William Gilbert começa-se a utilizar a palavra “eletricidade” para referir-se a estes fenômenos, sendo esta derivada do grego, “âmbar”, “elektron”.

A partir de experimentos realizados até o século XVII concluíram que diversos materiais como vidro e peles de animais apresentam esta característica. Destaca-se as pesquisas de Charles François Cisternay du Fay, que evidenciaram a presença de duas formas de eletricidade, na época definida como eletricidade vítrea “, e o presente no âmbar de “eletricidade resinosa e observação da atração e repulsão entre-las. Com outras pesquisas como Benjamin Franklin e Robert Millikan possibilitaram a melhor a compreensão da eletricidade.

Há este fenômeno denominado de eletricidade estática, os tipos eletricidade de proposta por Charles du Fay, as cargas positivas e negativas, podendo ser quantizadas (medidas) por meio do valor da carga do elétron ( $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ ) obtido através das pesquisas de Millikan. E a compreensão dos processos de eletrização (atrito, indução e contato) a partir dos modelos atômicos, em destaque o modelo de Thomson que propôs o primeiro átomo com a presença de cargas elétricas.

#### Objetivo

- Evidenciar o fenômeno da eletrização por atrito e indução

#### Materiais e reagentes

- 1 Pente (plástico);
- 1 canudo plástico ou bastão de vidro;
- 1 pedaço de papel (papel higiênico ou papel toalha);
- 1 pedaço de tecido – lã;

#### Procedimento

##### A-Experimento com fragmentos de papel

1- Friccione o pente junto ao cabelo ou pedaço lã, aproxime-o junto aos pedaços de papel picado e verifique o que acontece. (Anotar as observações).

Ou

1- Friccione o canudo plástico com um pedaço de papel em seguida aproxime-o dos pedaços de papel picado e verifique o que acontece. (Anotar as observações).

##### B-Experimento do filete de água

1- Abra a torneira deixando o filete de água caindo.

2-Friccione o canudo de plástico vigorosamente com um pedaço de papel em seguida, aproxime-o do filete de água e verifique o que acontece. (Anotar as observações)

#### Cuidados/recomendações:

Caso realize o atrito do pente junto ao cabelo, ele deve estar seco.

Na dificuldade de encontrar canudo de plástico, utilize um bastão de vidro

### SUGESTÃO DE QUESTÕES

1. O experimento evidencia o processo de eletrização? Comente.
2. Com uma série triboelétrica, seria possível indicar os sinais das cargas nos objetos eletrizados (positivo e negativo)?
3. Quais dos experimentos relaciona-se com eletrização por atrito e indução. Justifique

1-Série Triboelétrica.

Materiais	
+	Ar
	Pele
	Vidro
	Mica
	Cabelo humano
	Nylon
	Lã
	Seda
	Alumínio
	Papel
	Algodão
	Madeira
	Aço
	Borracha
	Cobre
	Prata
	Ouro
	Acrílico
	Poliéster
	Poliétileno
	PVC
	Silicone
	Teflon
-	

Fonte: Jr. Orlando, Material de Apoio: Lab. Física III (apostila), p.2, UFRB

### 1-Montagem e resultados experimento A



Fonte: Autor



### 2-Montagem e resultados experimento B



Fonte: Autor

#### Consideração:

- As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões ou alterar a estrutura do experimento.
- Considerações: Vídeos sobre o experimento:

1-Experimento do filete d'água-SED-PR: <a href="http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=18238">http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=18238</a>	
2-Experimentos sobre eletrização- UNIVESP: <a href="https://youtu.be/MvV46hVy3_Y?list=PLxI8Can9yAHd6UyZv0OsjmWCM5TydcVYS">https://youtu.be/MvV46hVy3_Y?list=PLxI8Can9yAHd6UyZv0OsjmWCM5TydcVYS</a>	

### EXPERIMENTO: ELETROSCÓPIO

#### Introdução

Em 1787, o clérigo e físico britânico Abraham Bennet (1749 –1799) construiu instrumento para observação das cargas elétricas, sendo mais sensíveis que o Pêndulo Eletrostático. Era constituído por uma extremidade de metal que possuía, internamente a um recipiente de vidro, duas folhas de ouro suspensas. Caso um objeto estivesse eletrizado as folhas de ouro apresentariam uma notável repulsão, recordando os avanços na montagem dos experimentos e desenvolvimento de equipamentos impulsionam os avanços nas pesquisas científicas,

#### Objetivos

- Evidenciar o fenômeno da eletrização por meio do eletroscópio de folha;
- Verificar experimentalmente o princípio de funcionamento do eletroscópio.

#### Materiais e reagentes

- 01 Eletroscópio de folha (artesanal)
- 01 canudo plástico;
- 01 bastão de vidro;
- 01 pedaço de papel (papel higiênico ou papel toalha)

#### Procedimento

1) Utilizar o eletroscópio de folha artesanal. Com eletroscópio na bancada, realizar a eletrização do canudo por atrito com papel higiênico ou papel toalha. localizados alguns eletroscópios de folhas.

2) Aproxime e afaste o canudo da esfera metálica do eletroscópio, sem tocar. Observe e anote;

3) Agora encoste o canudo e afaste-o seguidamente. Observe e anote;

4) Pegue no bastão de vidro, eletrize-o com papel higiênico e aproxime do eletroscópio de folha, sem tocar. Observe e anote;

5) Toque na esfera do eletroscópio com o bastão de vidro e afaste-o. Observe e anote;

6) Para finalizar, eletrize novamente o canudo e aproxime-o novamente a esfera do eletroscópio.de folha, sem tocar. Observe e anote.

#### 1-Montagem e resultados experimento B



Fonte: Autor

Obs.: Montagem do eletroscópio de folha.

Eletrostática: Eletroscópio de Folha. **Projeto Física e cidadania.**  
Universidade federal de juiz de Fora (UFJF) disponível em  
<https://www.ufjf.br/fisicaecidadania/aprendendo-e-ensinando/faca-voce-mesmo/eletroscopio-de-folhas/>



#### Sugestão de questões

Com base nas observações e anotações, responda.

- 1-Explique o observado nas etapas 2 e 3.
- 2-Em relação a etapa 4. Quais as diferenças observadas entre o plástico e o vidro?
- 3-Explique o observado nas etapas 5 e 6. E represente-as.
- 4-Com base na Série triboelétrica, os sinais das cargas nos objetos eletrizados (positivo e negativo), nas etapas 2 e 5

#### Consideração:

- As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões ou alterar a estrutura do experimento.

## ANEXOS

### ANEXO A- PROPOSTA TÉCNICA DO MULTÍMETRO DIGITAL UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS

#### TENSÃO DC

- Faixas: 200mV, 2000mV, 20V, 200V, 600V;
- Precisão: 200mV  $\pm(0,5\%+3D)$   
2000mV ~ 200V  $\pm(0,8\%+5D)$   
1000V  $\pm(1,0\%+5D)$ ;
- Resolução: 1 $\mu$ V, 1mV, 10mV, 100mV, 1V;
- Proteção de Sobrecarga: 1000V DC e 220V AC para faixa 200mV ou 750V RMS para todas as outras faixas.

#### TENSÃO AC

- Faixas: 200V, 600V;
- Precisão: (2,0%+10D);
- Resolução: 100mV, 1V;
- Resposta em frequência: 40Hz ~ 200Hz;
- Proteção de Sobrecarga: 1000V DC ou 750V RMS para todas as faixas.

#### RESISTÊNCIA

- Faixas: 200 $\Omega$ , 2000 $\Omega$ , 20k $\Omega$ , 200k $\Omega$ , 2000k $\Omega$ ;
- Precisão: 200 $\Omega$   $\pm(1,0\%+10D)$   
2000 $\Omega$  ~ 2000k $\Omega$   $\pm(1,0\%+4D)$ ;
- Resolução: 0,1 $\Omega$ , 1 $\Omega$ , 10 $\Omega$ , 100 $\Omega$ , 1k $\Omega$ ;
- Tensão em Aberto: < 3V;
- Proteção de Sobrecarga: 15 segundos no máximo de 220V RMS.

#### TESTE DE hFE

- Faixa: 0 ~ 1000;
- Corrente de base: 10 $\mu$ A;
- Vce: 2,8V;
- O display exhibe o valor de hFE do transistor em teste.

#### ACESSÓRIOS

1. Manual de Instruções;
2. Pontas de Prova (1 par).

#### CORRENTE DC

- Faixas: 2000 $\mu$ A, 20mA, 200mA, 10A;
- Precisão: 2000 $\mu$ A ~ 20mA  $\pm(1,8\%+2D)$   
200mA  $\pm(2,0\%+2D)$   
10A  $\pm(2,0\%+10D)$ ;
- Resolução: 1 $\mu$ A, 10 $\mu$ A, 100 $\mu$ A, 10mA;
- Proteção de Sobrecarga:  
Fusível de 500mA/250V para mA;  
**Sem proteção para a entrada 10A.**
- Corrente Máxima: 10A (tempo de teste menor que 10 segundos);
- Queda de Tensão: <200mV.

#### TESTE DE DIODO

- Faixa:  $\rightarrow$
- Tensão de circuito aberto aproximadamente 2,8V;
- Corrente direta de aprox. 1mA;  
O valor de tensão de uma junção PN de silício costuma ser por volta de 0,5 ~ 0,8V.
- Proteção de Sobrecarga: 15 segundos no máximo de 220V RMS.

#### TESTE DE CONTINUIDADE

- Faixa:  $\rightarrow$
- Acima de 70 $\Omega$ , o alarme sonoro não é ativado. O alarme sonoro é ativado quando o objeto medido está com boa condutividade;
- Proteção de Sobrecarga: 15 segundos no máximo de 220V RMS.

#### ACESSÓRIOS OPCIONAIS/REPOSIÇÃO

Entre em contato conosco para obter peças de substituição e acessórios opcionais para seu instrumento de medição.

Utilize sempre acessórios originais Minipa.

1. Ponta de prova MTL-01, MTL-22, MTL-23, MTL-24 MTL-37.
5. Certificado de Calibração.

## ANEXO B- LISTA DE LOCALIZAÇÃO DE ALGUNS MATERIAIS – LDM

MATERIAL			MATERIAL			MATERIAL			MATERIAL		
QT	LC		QT	LC		QT	LC		QT	LC	
1	ME	Acetato de sódio - 50g	2	GA	Bureta de vidro - 10 ml	5	MN	Conjunto garra jacaré vermelho	1	MH	Floroglucina (sol. 1%) - 25 ml
1	ME	Ácido acético - 100 ml	2	MJ	Bússola magnética pequena	4	DI	Conjunto para Jardinagem (04 itens)	1	DG	Fogareiro (tipo camping)
2	MH	Ácido clorídrico	1	MJ	Cabo de Cole em cobre polido	5	MN	Conjunto pino banana preto	1	ML	Fonte entrada 110/220V s/ saída
1	MH	Ácido nítrico - 100 ml	6	E3	Caixas escuras de plástico	5	MN	Conjunto pino banana vermelho	2	MH	Formaldeído - 100 ml
2	MH	Ácido sulfúrico - 100 ml	1	DI	Caleidoscópio	1	MJ	Cronômetro digital	2	DI	Frasco de vidro c/ tampa p/ coleta
1	MH	Alaranjado de metila - 100 ml	1	E3	Calorímetro	2	MK	Diapasão tipo garfo alumínio "LA"	1	DI	Frasco de vidro grande c/ tampa
2	MH	Alcool etílico - 100 ml	1	E4	Câmara escura tubular	1	ME	Dicromato de amônia - 100g	5	MO	Frasco lavador (pisseta) - 125 ml
5	MP	Afinete cabeça colorida - 40 unid.	1	PF	Câmera de vídeo alta resolução	1	ME	Dicromato de potássio - 100g	10	E2	Frasco plástico p/ solução - 50 ml
1	MG	Alumínio metálico em lâminas	1	MJ	Caneta laser	1	DI	Dilatômetro a laser AUTOLABOR	1	DI	Funil de plástico médio
1	GA	Ampola p/ decantação - 50 ml	5	GA	Cápsula de porcelana p/ evaporação	2	MK	Dinamômetro 2N	5	GV	Funil de vidro pequeno
1	MJ	Anilina amarela (corante) - 10 ml	2	ME	Carbonato de cálcio (99%) - 50g	2	MK	Dinamômetro 5N	5	MK	Garra (pinça) de alumínio p/ bureta
1	MJ	Anilina azul (corante) - 10 ml	1	DI	Caminho de madeira Plano Inclinado	1	E4	Disco de Newton	5	MI	Garra de madeira p/ tubo de ensaio
1	MJ	Anilina vermelha (corante) - 10 ml	1	MI	Carrinho solar	1	PE	Dupla hélice de DNA	5	MN	Garra de jacaré c/ derivação preto
1	MJ	Anilina verde (corante) - 10 ml	5	SV	Cartas (03) do Jogo Cadeia Alimentar	1	SQ	Embalagem saco plástico 3L	5	MN	Garra de jacaré c/ derivação vermelho
2	ML	Anteparo p/ projeção	5	SV	Cartas (07) do Jogo Biomas Brasileiros	1	ME	Enxofre em pó - 50g	1	ME	Gelatina sólida incolor - 50g
2	MJ	Antídoto universal - 30g	5	SV	Cartas ovais (08) Jogo Metamorfose	1	MJ	Eosina amarela (sol. Aquosa - 3%)	1	ME	Glicerina bidestilada - 100 ml
1	MP	Apagador para lousa branca	5	SV	Cartas (2x65) do Jogo Stop	5	E1	Erlenmeyer de vidro - 125 ml	5	MN	Graal de porcelana c/ pistilo
5	MK	Argola inox para mufa	5	SV	Cartas (30+30) do Jogo Montagem	5	MI	Escova de limpeza p/ tubos de ensaio	1	ML	Haste pequena inox c/ ponta (pino)
1	SR	Avental PVC branco	5	SV	Cartas (40) Jogo Pirâmide Alimentar	5	MN	Esfera de aço - Ø 20 mm	3	ML	Haste inox sem ponta
1	MH	Azul de bromotímol - 100 ml	5	SV	Cartas (10) de Ilusão de Ótica	5	MN	Esfera de vidro (bola de gude)	1	MG	Hidróxido de amônio - 100 ml
1	MJ	Azul de metileno em pó - 25g	5	SV	Cartas endoparasitas (06)	5	MI	Espátula colher reta inox - 120 mm	2	ME	Hidróxido de sódio - 50g
1	MH	Azul de timol - 100 ml	1	DI	Cartelas Atividades de Proporção	1	ML	Espelho côncavo de vidro - converge.	1	MP	Ímã de neodímio
1	ML	Balança digital (precisão 1g)	1	DG	Cartucho de gás descartável	1	ML	Espelho convexo de vidro - diverge.	10	MP	Ímãs anisotrópicos
5	E1	Balão fundo chato de vidro - 125 ml	2	MF	Carvão ativo em pó - 50g	3	ML	Espelho flexível - 50x120 mm	1	MF	Iodeto de potássio - 100g
1	SQ	Balão inflável - 50 unid.	1	ME	Cloreto de amônio - 100g	3	ML	Espelho plano de vidro - 60x60x5 mm	2	MM	Lâmina p/ barbear - cx 03 unid.
1	E1	Balão p/ destilação c/ saída lateral	1	ME	Cloreto de cálcio - 50g	1	PF	Esqueleto Humano - 45 cm	1	MM	Lâmina p/ microscópio - cx 50 unid.
2	E2	Balão volumétrico de vidro - 100 ml	1	ME	Cloreto de estanho II - 50g	1	DI	Estetoscópio	1	MG	Lâminas preparadas (6º ao 9º ano)
1	DI	Bandeja plástica (grande)	1	ME	Cloreto de ferro II - 100g	1	EF	Estojo de Ferramentas (08 itens)	1	MG	Lâminas preparadas - cx 12 unid.
5	E3	Bandeja plástica (pequena)	1	ME	Cloreto de potássio - 100g	1	PS	Estojo Primeiros Socorros (08 itens)	1	MM	Laminula p/ microscopia - 100 unid.
1	MK	Barbante algodão grosso (pequeno)	1	ME	Cloreto de sódio - 100g	1	MP	Etiquetas autoadesivas c/ 90 unid.	10	MN	Lâmpada 12Vx3W
5	GV	Bastão de vidro maciço	1	MG	Clorofórmio	2	MH	Fenolftaleína - 100 ml	5	GV	Lamparina com pavio
1	MH	Benzina retificada - 100 ml	1	MG	Cobre metálico em lâminas - 5 unid.	1	MG	Ferro metálico em lâminas c/ 5 unid.	1	SR	Lava olhos frasco plástico - 500 ml
5	GV	Béquer de vidro - 50 ml	1	DI	Colchetes em haste metálico nº 4	1	ME	Ferrocianeto de potássio - 50g	5	MN	Led circular amarelo - 3 mm
5	GV	Béquer de vidro - 100 ml	1	GA	Condensador reto de vidro s/ juntas	1	ML	Filtro p/ projetor - azul	5	MN	Led circular verde - 3 mm
3	E2	Béquer de vidro - 250 ml	1	E4	Conector pino banana preto	1	ML	Filtro p/ projetor - verde	5	MN	Led circular vermelho - 3 mm
1	DI	Béquer de vidro - 1000 ml	1	E4	Conector pino banana vermelho	1	ML	Filtro p/ projetor - vermelho	1	ML	Lente de vidro bicôncava - 50 mm
1	ME	Bicarbonato de sódio - 100g	1	MN	Conector sindal - 4 mm	1	MJ	Fio (linha) de nylon - 100m	1	ML	Lente de vidro biconvexa - 50 mm
5	MM	Bisturi descartável nº 15 unid.	1	ML	Conjunto de lentes p/ banco óptico	2	ME	Fio de níquel-cromo (metro)	1	MG	Limalha de ferro em pó - 100g
1	MJ	Borato de sódio (bórax) PA - 100g	1	E4	Conjunto de minerais (15 exemplares)	1	MM	Fita adesiva - 12mmx20m	1	MH	Lugol (tintura de iodo) - 100 ml
2	GV	Borbulhador (Termômetro de Galileu)	5	MN	Conjunto garra jacaré preto	1	MN	Fita isolante - 19mmx10m	5	MI	Lupa de vidro

LEGENDA							
Conjunto Didático	CD	Estojo nº 2	E2	Maleta J	MJ	Sacola R	SR
Depósito Inferior	DI	Estojo nº 3	E3	Maleta K	MK	Sacola S	SS
Gaveta	GV	Estojo nº 4	E4	Maleta L	ML	Sacola T	ST
Depósito de Gás	DG	Maleta E	ME	Maleta M	MM	Sacola U	SU
Estojo de Ferramentas	EF	Maleta F	MF	Maleta N	MN	Sacola V	SV
Porta Frontal	PF	Maleta G	MG	Maleta O	MO		
Primeiros Socorros	PS	Maleta H	MH	Maleta P	MP		
Estojo nº 1	E1	Maleta I	MI	Sacola Q	SQ		

The background of the entire page is a light blue gradient. Scattered across this background are numerous water droplets of various sizes, some appearing as simple circles and others as more complex, rounded shapes with highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance. The droplets are more densely packed in the top-left and bottom-right corners.

**DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO  
POR MEIO DE ELETRÓLISE DA ÁGUA:**

**uma abordagem experimental para o ensino de química  
no ensino médio**

**José Alberto Melão dos Santos**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Santos, José Alberto Melão dos

Determinação da constante de Avogadro por meio da eletrólise da água [livro eletrônico] : uma abordagem experimental para o ensino de química no ensino médio / José Alberto Melão dos Santos ; orientador Onofre Salgado Siqueira ; coorientadora Gisele Afonso Bento Mello. -- Bandeirantes, MS : Ed. do Autor, 2023.

PDF

Bibliografia

ISBN 978-65-00-80472-0

1. Constante de Avogadro 2. Eletroquímica  
3. Química (Ensino médio) 4. Química (Ensino médio) -  
Experiências 5. Química - Estudo e ensino  
I. Siqueira, Onofre Salgado. II. Mello, Gisele Afonso  
Bento. III. Título.

23-172244

CDD-540.7

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Química : Estudo e ensino 540.7

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
INSTITUTO DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL



# DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR MEIO DA ELETRÓLISE DA ÁGUA:

uma abordagem experimental para o ensino de  
química no ensino médio

JOSÉ ALBERTO MELÃO DOS SANTOS

Produto educacional (e-book) elaborado  
como um dos requisitos necessários à  
aquisição do título de Mestre no Programa  
de Mestrado profissional em Química em  
Rede Nacional - PROFQUI

Orientador Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira  
Coorientadora Prof.<sup>a</sup>. Dra. Gisele Afonso Bento Mello

*“Volumi eguali di gas nelle stesse  
condizioni di temperatura e di  
pressione contengono lo stesso  
numero di molecole”*

*Amedeo Avogadro*

---

# APRESENTAÇÃO

---

Caro, colega professor ou professora,

Todos nós vivenciamos, no dia a dia, as dificuldades de ensinar conteúdos de química.

Assim, em bate-papo com colegas educadores da área e pesquisas realizadas em publicações acadêmicas (artigos, dissertações e teses) observa-se problemas relatados no ensino dos conteúdos relacionados ao número de Avogadro e com a temática de eletroquímica, além de outros conteúdos essenciais ao tema.

Um dos principais problemas destacados com relação ao número de Avogadro envolve o seu significado como unidade de quantidade da matéria pois, em geral, dá-se muita atenção aos cálculos e quase nenhuma ao significado ou como é obtido e os cálculos envolvidos.

Dentre as principais dificuldades relatadas no ensino de eletroquímica temos os conceitos de células galvânicas e eletrolíticas, ânodo e cátodo, ponte salina e o sentido do movimento dos elétrons, além dos conceitos mais elementares como o estado de oxidação, as leis de Faraday e as noções básicas de eletricidade, como carga elétrica e corrente elétrica alternada ou contínua (SILVA JÚNIOR et al., 2012).

Assim, considerando a exigência de se desenvolver um produto educacional por parte do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), bem como as observações apresentadas em parágrafos anteriores, apresentamos neste e-book uma sequência didática baseada na determinação experimental do número de Avogadro por meio da eletrólise da água.

Neste sentido, esta proposta de material educacional aborda os conteúdos seguindo os princípios da aprendizagem significativa de David

Paul Ausubel, mas com enfoque na perspectiva de Joseph Donald Novak, considerando a educação como um conjunto de experiências cognitivas, afetivas e psicomotoras que favorecem o engrandecimento humano, podendo ser caracterizado pela aquisição do conhecimento que proporciona uma nova visão de realidade, contribuindo para a compreensão da sociedade e do seu cotidiano, e ainda estimulando uma visão crítica de seu contexto. Neste processo de aprendizagem valoriza-se os conhecimentos prévios e as experiências pessoais dos estudantes na construção do conhecimento.

Aqui, será apresentado um roteiro experimental para ser desenvolvido por estudantes para a determinação do número de Avogadro. Este permite a obtenção experimental da constante de Avogadro com precisão de aproximadamente 10%, sendo um experimento controlado voltado a área de ensino. Também são indicadas sugestões de artigos, páginas da web e experimentos todos em português, auxiliando a compreensão do experimento com link para conteúdos internos (no ebook) e externos (na web) e ainda destacamos pontos que consideramos importantes nos conteúdos relacionados ao experimento (estado de oxidação, eletroquímica e eletricidade).

Este e-book está dividido em dois momentos. O primeiro momento apresenta um experimento destinado à Educação Básica, Ensino Médio, que utiliza materiais de fácil acesso e baixo custo que permitindo realização da eletrólise da água para a determinação da constante de Avogadro. Este material contém a descrição dos materiais e reagentes necessários, a instrução de montagem, o procedimento e os cuidados experimentais detalhados, para que esta atividade prática possa ser realizada com segurança em escolas. E qual a relevância deste experimento? Como sabemos, a grandeza “quantidade de matéria” é essencial para o balanceamento de equações químicas e para cálculos estequiométricos, e, a partir de um processo simples de eletrólise da

água, que envolve reações de oxirredução, e o uso da Lei de Faraday para o cálculo da energia necessária para o processo de eletrólise, o experimento permite relacionar e integrar os conteúdos destacados no segundo momento do e-book para a obtenção do valor numérico da constante de Avogadro, dentro de uma faixa de erro aceitável para fins didáticos.

Já o segundo momento, destaca-se os pontos importantes em relação aos conteúdos “estado de oxidação”, “eletroquímica (pilhas/bateria e eletrólise)” e “noções de eletricidade” que constituem a base teórica para compreensão da experimentação. O início de cada tópico começa por uma proposta de mapa conceitual do conteúdo, em seguida de pontos de destaque e indicamos sugestões de material ao (à) professor (a) de revistas científicas como ‘Química Nova’ e ‘Química Nova na Escola’, materiais disponíveis na página da “Sociedade Brasileira de Química” e alguns experimentos de fácil execução.

Deste modo, espera-se que este produto educacional contendo mapas conceituais, contextualização, e sugestões de leitura ao (à) docente, bem como uma proposta experimental, que possa contribuir, positivamente, no processo de ensino da temática eletroquímica, servindo como um material de apoio, que possa ser utilizado e/ou adaptado em sua prática pedagógica de ensino.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
1. EXPERIMENTO: ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADRO 14	
1.1. BREVE RESGATE HISTÓRICO .....	14
1.2. COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: BNCC e o REFERENCIAL DE MS .....	15
1.2.1. OBJETIVO GERAL .....	16
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	16
1.3. MATERIAL EXPERIMENTAL:.....	16
1.4. INSTRUÇÕES DE MONTAGEM APARATO EXPERIMENTAL.....	18
1.5. ORIENTAÇÕES DO DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL .....	20
1.6. DADOS EXPERIMENTAIS .....	22
1.7. DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO.....	24
2. PROPOSTAS DE ROTEIRO EDUCACIONAL .....	29
2.1. INICIANDO O CONTEÚDO DE ELETROQUÍMICA COM O EXPERIMENTO DE ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADRO. ....	29
2.2. CONCLUINDO O CONTEÚDO DE ELETROQUÍMICA COM O EXPERIMENTO DE ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADRO .....	35
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DESTE E-BOOK.....	40
3.1. MAPA CONCEITUAL: UMA VISÃO GERAL.....	44
4. SUGESTÃO DE MATERIAIS EDUCACIONAIS AOS PROFESSORES .....	48
4.1. ESTADO DE OXIDAÇÃO .....	49
4.1.1. UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL.....	49
4.1.2. PONTOS IMPORTANTES: ESTADO DE OXIDAÇÃO .....	50
4.1.3. SUGESTÃO AO PROFESSOR: ESTADO DE OXIDAÇÃO .....	51
<b>Artigo:</b> Explorando os conceitos de oxidação e redução a partir de algumas características da história da ciência: Revista Química Nova na Escola .....	51
<b>Experimento:</b> Reação entre zinco e ácido clorídrico.....	51
4.2. ELETROQUÍMICA-PILHAS/BATERIAS E ELETRÓLISE.....	52
4.2.1. UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL.....	52
4.2.2. PONTOS IMPORTANTES: CÉLULAS GALVÂNICAS.....	53
4.2.3. SUGESTÃO AO PROFESSOR: CÉLULAS GALVÂNICAS .....	55

<b>Artigo:</b> Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio: Revista Química Nova na Escola .....	55
<b>Experimento:</b> Pilha de Daniell - Pilha simples .....	55
<b>Experimento:</b> Condutividade elétrica .....	55
<b>Experimentos em vídeo :</b> SBQ-Química Nova Interativa .....	55
4.2.4. PONTOS IMPORTANTES:CÉLULAS ELETROLÍTICAS.....	56
SUGESTÕES AO PROFESSOR:CÉLULAS ELETROLÍTICAS.....	57
<b>Artigo:</b> Michael Faraday rumo as leis da Eletrólise: alguns experimentos: Revista Química Nova na Escola. ....	57
<b>Experimento:</b> Revestimento de moeda/chave.....	57
<b>Experimentos em vídeo:</b> SBQ-Química Nova Interativa.....	57
<b>4.3. ELETRICIDADE (NOÇÕES DE ELETRICIDADE) .....</b>	<b>58</b>
4.3.1. UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL:.....	58
4.3.2. PONTOS IMPORTANTES: NOÇÕES DE ELETRICIDADE .....	59
4.3.3. SUGESTÕES AO PROFESSOR: NOÇÕES DE ELETRICIDADE.....	60
<b>Artigo:</b> Eletricidade e a Química: Revista Química Nova na Escola .....	60
<b>Artigo:</b> Explorando a existência de cargas elétricas na Matéria. Revista Química Nova na Escola.....	60
<b>Experimento:</b> Eletroscópio .....	60
<b>Experimento:</b> Atração.....	60
<b>4.4. ELETRÓLISE DA ÁGUA E CONSTANTE DE AVOGADRO .....</b>	<b>61</b>
4.4.1. UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL.....	61
<b>5. EMPREGO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS: SUGESTÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>6. RECOMENDAÇÕES E CUIDADOS COM O EXPERIMENTO. ....</b>	<b>66</b>
<b>EBOOK- ESTUDANTES .....</b>	<b>1</b>
<b>1. EXPERIMENTO DE ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADRO AOS ESTUDANTES .....</b>	<b>1</b>
1.1. LISTA DO MATERIAL EXPERIMENTAL: .....	8
1.2. INSTRUÇÕES DE MONTAGEM APARATO EXPERIMENTAL.....	9
1.3. ORIENTAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL .....	11
1.4. ATIVIDADE DE DETERMINAÇÃO (DADOS DE EXPERIMENTOS) .....	14
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>82</b>
<b>APENDICES.....</b>	<b>82</b>
A: CHECKLIST: ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADO.....	82

B: DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO (Estudante).....	84
C: POTÊNCIA DE BASE 10 E NOTAÇÃO CIENTÍFICA .....	94
D: TÉCNICAS DE BALANCEAMENTO DE OXIRREDUÇÃO (DESCRIÇÃO) .....	97
E: QUESTÕES BÁSICAS:RELEMBRANDO .....	98
F: CURIOSIDADE EM RELAÇÃO AO EXPERIMENTO .....	101
G: EXPERIMENTOS DE APOIO.....	102
EXPERIMENTO: REAÇÃO ENTRE ZINCO E ÁCIDO CLORÍDRICO .....	102
EXPERIMENTO: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	105
EXPERIMENTO: PILHA DE DANIELL/PILHA SIMPLES.....	108
EXPERIMENTO: REVESTIMENTO DE MOEDA/CHAVE .....	111
EXPERIMENTO: ATRAÇÃO DE FRAGMENTOS DE PAPEL E DO FILETE D'ÁGUA .....	113
EXPERIMENTO: ELETROSCÓPIO .....	116
<b>ANEXO</b> .....	<b>118</b>
A: PROPOSTA TÉCNICA DO MULTÍMETRO DIGITAL UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS.	118

## INTRODUÇÃO

A curiosidade humana em relação as observações de fenômenos naturais como a atração de pedaços de palhas, fragmentos de madeira ou cortiça, pela pele de carneiros quando atritado com âmbar (*elektron*), estes e outros fenômenos percorrem nossa história desde Tales de Mileto (636-546 A.C). Entretanto, somente a partir do XVI com estudos Willian Gilbert (1540-1603), as primeiras explicações sobre a eletrização e a eletricidade começam a serem reconhecidas como fenômeno, ocasionando a intensificação dos seus estudos.

O início dos estudos de eletrofisiologia (eletricidade médica/animal) realizados por Luigi Galvani (1737-1798) e as controvérsias com Alessandro Volta proporcionaram o desenvolvimento da primeira pilha entre 1799 e 1800, chamada pilha de Volta, ou pilha voltaica, que como o nome “pilha” sugere, vem do empilhamento de placas do metal cobre com o metal zinco separados por discos embebidos em solução ácida, tal como era a pilha de Volta. E foi a partir desta pilha, em que foi possível relacionar as reações químicas com a obtenção de energia elétrica. Entretanto, esta pilha de Volta descarregava rapidamente em função do consumo da corrente elétrica, o que foi minimizado com o aprimoramento e desenvolvimento de novas pilhas, como as pilhas de Daniell e de Leclanché (seca), desenvolvidas respectivamente por John Frederic Daniell (1790-1845) e George Leclanché (1839-1882), e que são as bases das pilhas e baterias comerciais que utilizamos até os dias atuais.

Nesta época, também Anthony Carlisle (1768-1840) e William Nicholson (1753-1815) utilizaram a “pilha elétrica” na decomposição da água, o que contribuiu no desenvolvimento da eletrólise. Adicionalmente, as observações de Michael Faraday (1791-1867) que permitiram determinar as “relações de proporcionalidade entre a quantidade de matéria decomposta e a quantidade de eletricidade utilizada”, foram contribuições sobre a natureza da matéria no século XIX, que confirmaram a natureza elétrica da matéria, “consolidando a teoria atômica e as partículas subatômicas”(OKI, 2000).

Estes fatos históricos relatados nos relembram e reforçam que os avanços tecnológicos de nossa sociedade são “frutos” de inúmeras pesquisas que facilitam e melhoram a nossa qualidade de vida. Na química, por exemplo, temos a eletroquímica que assume um papel importante em diversos segmentos, como *i*) no revestimento de materiais, como objetos cromados para decoração, *ii*) na produção substâncias

elementares, como, por exemplo, a obtenção de alumínio metálico a partir da bauxita, e também *iii*) na geração de energia, como, por exemplo, na obtenção do gás oxigênio na Estação Espacial Internacional, sendo todas estas aplicações obtidas a partir do processo de eletrólise, que é composto de reações de oxirredução. E para compreendermos todos estes processos e similares, necessitamos entender as contribuições dos estudos de Michael Faraday (lei de Faraday), que nos permite calcular a energia necessária para realizar o processo, bem como as relações entre quantidade de matéria e a constante de Avogadro.

No intuito de compreendermos as bases da eletroquímica e promovermos o diálogo entre as demais disciplinas da Ciências da Natureza (biologia e física) como sugere a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), empregando os princípios da aprendizagem significativa proposta por David Paul Ausubel na perspectiva de Joseph Donald Novak, valorizando os conhecimentos prévios dos estudantes, suas experiências pessoais e interações.

O ebook, utiliza-se os mapas conceituais e as interações propostas e debatidas por Johnstone (2000) entre níveis de conhecimento químico, o macroscópio (o que observamos o visível), o submicroscópio (o que não observamos diretamente, o invisível) e representacional (como representamos ou escrevemos a linguagem utilizada na química)

Neste e-book, apresentamos o experimento “Eletrólise da água e constante de Avogadro” tendo uma proposta de material ao educador e outra para os estudantes. Após o experimento supracitado, destacamos pontos que consideramos relevantes nos temas Estado de oxidação, Eletroquímica (células galvânicas e células eletrolíticas) e Eletricidade (noções de eletrostática e corrente elétrica), contendo:

- ✓ Mapa conceitual do conteúdo abordado (uma proposta), que pode ser acessado online;
- ✓ Pontos importantes do conteúdo, que tem por objetivo recordar os principais conceitos relacionados ao experimento e presentes na proposta de mapa conceitual;
- ✓ Sugestões ao (à) professor(a), que como o próprio nome se refere, são sugestões de materiais explicativos, pedagógicos e atividades experimentais que podem ser consultados pelo(a) docente da disciplina, de acordo com suas necessidades.

Aproveite nossa proposta de abordagem dentro de sua realidade educacional, pois acreditamos que juntos podemos contribuir no processo de aprendizagem de nossos estudantes.

---

# ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADO: PROFESSORES

---



Prezado(a) professor(a)

Como apresentado o experimento de eletrólise proposto vai além da decomposição da água, da obtenção dos gases hidrogênio e oxigênio, mas ao realizarmos experimento de forma controlada, procedendo com rigor na montagem do aparato experimental, no desenvolvimento, nas observações, e no registro das informações geradas no experimento podemos determinar o valor numérico da constante de Avogadro com confiabilidade e precisão entre 5 e 10% para fins didáticos.

A atividade experimental abre a oportunidade de provocar questionamentos em nossos estudantes sobre os conceitos estudados, os impactos destes conceitos no meio científicos e em nosso cotidiano. Ora promovendo a contextualização sugerida e incentivada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), ora mobilizando a participação ativa do estudante, o protagonismo jovem.

Espera que a atividade experimental proporcione ao estudante, além da compreensão básica do processo de eletrólise e de sua importância nos processos industriais, possa estender a compreensão da constante de Avogadro, para além de um valor numérico, todavia este nos auxilie nas análises e compreensão de situações diversas. Como em soluções diluída, pode-se empregar as concentrações em partes por milhão (ppm) ou partes por bilhão (ppb), valores considerados insignificantes, mas que compreendem uma quantidade “gigantesca” de uma espécie química. Por exemplo, a presença de chumbo na água cuja quantidade superior a 0,01 ppm (mg/L) oferece risco a nossa saúde, dentre outras mais, como os agrotóxicos que estão na faixa de ppb ( $\mu\text{g/L}$ ), estando estas relatadas na Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2021).

Na sequência apresentaremos o experimento, apontando as competências e habilidades em relação a Base Nacional Comum Curricular e ao Currículo de Referência de Mato Grosso do Sul, juntamente com a descrição do experimento com orientações de



procedimento, segurança e descarte de materiais. E apresentamos sugestão considerando a execução do experimento antes da abordagem dos conteúdos estado de oxidação, eletroquímica e eletricidade (noções) e outras.

## **1. EXPERIMENTO: ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADRO**

### **1.1. BREVE RESGATE HISTÓRICO**

Ao abordarmos a constante de Avogadro apresentamos um breve relato histórico. Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856) em seu artigo publicado em 1811, “Ensaio sobre uma maneira de Determinar as massas relativas das moléculas elementares dos Corpos, e as proporções nas quais elas participam nestes compostos” publicado no *Journal de Physique*, apresenta a hipótese que “...o número de moléculas integrais em qualquer gás é sempre o mesmo para volumes iguais, ou sempre proporcional a seus volumes” (LOBATO, 2020, p. 1357).

Porém, as observações de Avogadro, conciliavam as ideais de Dalton e Gay-Lussac, possibilitando a diferenciação e átomo e moléculas, mas não ocorrendo naquele momento, anos após a publicação das hipóteses, e em 1811 o pesquisador André M. Ampère (1775-1836) apresenta uma hipótese similar, a do “mesmo volume-mesmo número”, também sem aceitação em sua época (CHAGAS, 2011, p. 8).

Anos após morte de Avogadro, suas observações sobre “a constante e a questão das substâncias simples poderem ser formadas por moléculas poliatômicas” começaram a serem aceitas por intermédio dos trabalhos de Stanilau Cannizzaro (1826-1910), que retomou as ideais de Avogadro para distinguir conceito de átomo e molécula, e ainda defendeu o peso atômico nos cálculos estequiométricos durante o Congresso de Karlsruhe na Alemanha em 1860 (OKI, 2009, p. 1077)

A partir deste momento temos as primeiras tentativas de determinação da constante ocorrem através de Johann Joseph Loschmidt (1821-1895), porém apenas no começo do século XX, com Jean Perrin (1870-1942), temos os primeiros resultados da determinação da constante, publicadas no Livro “Les Atomes” na 1ª edição em 1913 e 9ª edição em 1924, que apresentava mas 10 meios empregado para calcular a constante de Avogadro, obtendo valores médios entre 66 e 63 x10<sup>22</sup> unidades valores próximo do atual 6,02 x10<sup>23</sup> unidades (CHAGAS, 2003, p. 37).



## 1.2. COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: BNCC e o REFERÊNCIAL DE MS

Iniciamos a descrição da atividade experimental apresentando o resultado da consulta a Base Nacional Comum Curricular e ao Currículo de Referência de Mato Grosso do Sul (ensino médio) em relação a competência e habilidades, estando relacionadas a atividade experimental:

### ✓ **BNCC- Base Nacional Comum Curricular**

#### **Competência 01**

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2018, p. 554).

#### **Habilidades:**

EM13CNT101: Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas;

EM13CNT107: Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, para propor ações que visem a sustentabilidade (BRASIL, 2018, p. 555).

### ✓ **CURRÍCULO DE REFERÊNCIA DE MATO GROSSO DO SUL -ENSINO MÉDIO**

#### **Habilidades:**

MS.EM13CNT101: Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas. Sendo esta habilidade indicada para abordagem no 1º ano do Ensino Médio. (MATO GROSSO DO SUL, 2021, p. 312).



MS.EM13CNT107: Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos - com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, para propor ações que visem a sustentabilidade. Sendo esta habilidade indicada para abordagem no 2ºano do ensino médio (MATO GROSSO DO SUL, 2021, p. 321).

Em nosso cenário profissional tendo como base Currículo de Referência de Mato Grosso do Sul o experimento enquadra-se precisamente no conteúdo curricular do 2ºano do ensino médio regular.

## **OBJETIVOS**

### **1.2.1.OBJETIVO GERAL**

Determinar por meio experimental o valor da constante de Avogadro que caracteriza a quantidade numérica entidades ou espécies químicas que corresponde a quantidade de matéria (mol) a partir do processo de eletrólise da água empregando a Leis estabelecidas por Michael Faraday.

### **1.2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Empregar os conceitos de eletrólise no desenvolvimento experimental;
- Obter o valor numérico da constante de Avogadro a partir do tratamento matemático dos dados experimentais observados;
- Comparar os resultados obtidos como o valor numérico da constante de Avogadro, ( $6,02 \times 10^{23}$ ) usual no ensino médio. Mas recordamos que em 2018 a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) definiu a constante de Avogadro como exatamente  $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$  entidades elementares;
- Empregar adequadamente os símbolos e as relações entre os princípios de eletricidade, eletroquímica e quantidade de matéria.

### **1.3. MATERIAL EXPERIMENTAL:**

Material sugerido para execução do experimento para a confecção de um sistema de eletrólise.

- ✓ 02 eletrodos de fio de cobre 2,5 ou 4,0 mm<sup>2</sup> (sólido);
- ✓ 02 provetas de 50 mL ou tubo ensaio graduado 50 mL (vidro)



- ✓ 02 pipetas volumétrica graduadas de 1mL ou bastão de vidro (adaptação como suporte aos eletrodos);
- ✓ 01 pipetas volumétricas graduada de 5mL ou pipeta de esgotamento total de 5mL;
- ✓ 01 recipiente de plástico ou vidro com capacidade de 1,5 a 2,0 L;
- ✓ 01 multímetro com escala de voltagem (DC) e amperagem (A) com escala entre 20-200 mA ou equivalente (ficha técnica em anexo A);
- ✓ 01 cronômetro ou smartphone/celular com esta função;
- ✓ 01 Conjunto fios ou cabos para conexão entre o eletrodo, multímetro e fonte AC/DC;
- ✓ 01 fonte AC/DC de 9 V a 12 V ou bateria de 9V;
- ✓ 01 fita isolante
- ✓ 01 Tesoura;
- ✓ 01 Flanela de limpeza (algodão ou microfibra);
- ✓ 01 solução de NaOH (hidróxido de sódio) 0,1 mol/L;
- ✓ 01 Equipamento de proteção individual (EPI)
- ✓ 01 luvas de látex ou simular
- ✓ 01 óculos de segurança (recomendado)
- ✓ Sendo opcional estes materiais:
- ✓ 01 Potenciômetro linear de 5 K $\Omega$  ou 10 K $\Omega$ ;
- ✓ 01 Interruptor (liga/desliga).

**FIQUE ATENTO:** As sugestões, observações e descarte de materiais que estão presentes no decorrer deste material. Para facilitar a identificação dos materiais, observe a Figura 1.



**Figura 1-**Material básico para o Experimento.



Fonte: Os autores (2022)

#### **1.4. INSTRUÇÕES DE MONTAGEM APARATO EXPERIMENTAL**

Ao realizarmos a montagem do experimento de eletrólise da água, necessitamos de uma solução acidificada ou basificada, neste caso sugerimos a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L visto a facilidade de aquisição deste reagente ou do preparo da solução e facilitar a visualização do menisco nos eletrodos.

Uma vez definido a solução a ser utilizada, adicione-a no recipiente (plástico ou vidro) cerca de  $\frac{3}{4}$  da capacidade dele. Na sequência posicione os eletrodos confeccionados com o fio sólido, deixando-os distantes e com extremidades mergulhadas na solução.

Em seguida iremos montar as células eletrolíticas com as provetas ou tubos de ensaio graduado de 50mL, sugerimos por garantia marcá-los com auxílio de uma pipeta volumétrica de esgotamento total de 5 mL antes da montagem do experimento assegurando precisão utilizando água para a marcação. Caso não possua, empregue a pipeta volumétrica graduada para realizar a marcação.

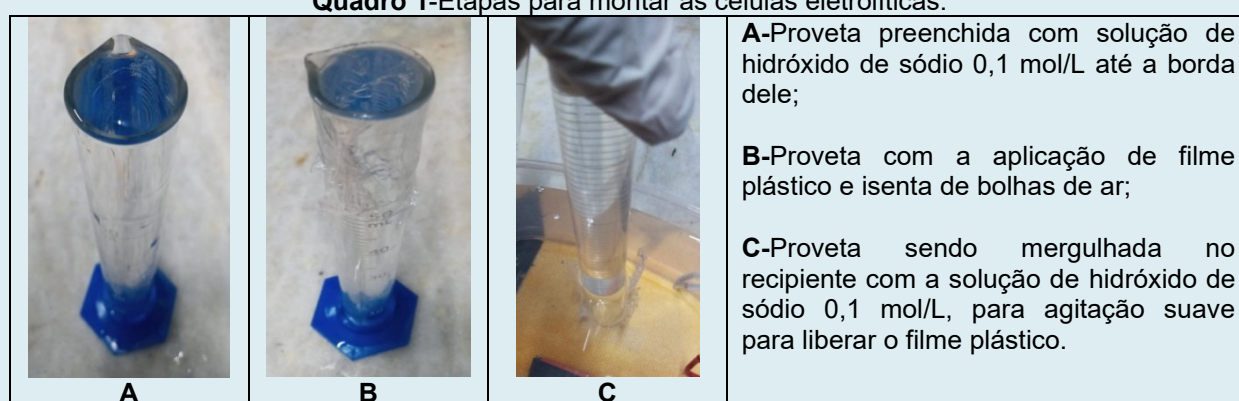
Considera-se esta montagem como ponto crítico, pois as células eletrolíticas devem estar isentas de bolhas, logo preferimos os tubos de ensaio graduados, mas em função da dificuldade de aquisição, optamos por utilizar as provetas de 50mL.



Nesta etapa realizamos o enchimento da proveta com a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L até a borda, em seguida aplicamos o filme plástico vedando a borda, caso a proveta apresente bico de escoamento, comece a vedação por ele, certifique-se a ausência de bolha de ar, caso não ocorra repita esta etapa, não esqueça de utilizar as luvas.

Agora com a proveta isenta de bolha de ar, mergulhe com cuidado a proveta no recipiente com a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L e agite vagarosamente até o filme plástico se soltar da proveta, logo mova a proveta até o fio do eletrodo e fixe-os no recipiente, conforme relatado no Quadro 01.

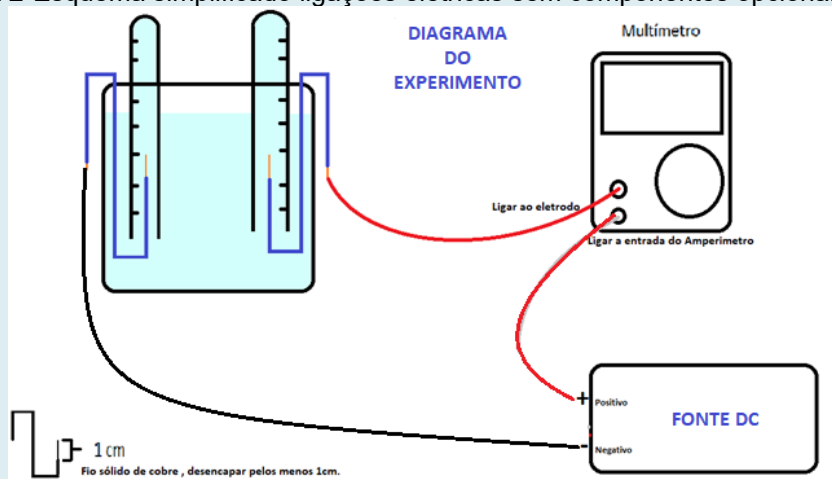
**Quadro 1-Etapas para montar as células eletrolíticas.**



Fonte: Os autores (2022)

Após posicionar, fixar e nivelá-las em seguida conectar os fios conforme o diagrama simplificado sem os componentes opcionais, conforme a Figura 2.

**Figura 2-Esquema simplificado ligações elétricas sem componentes opcionais.**

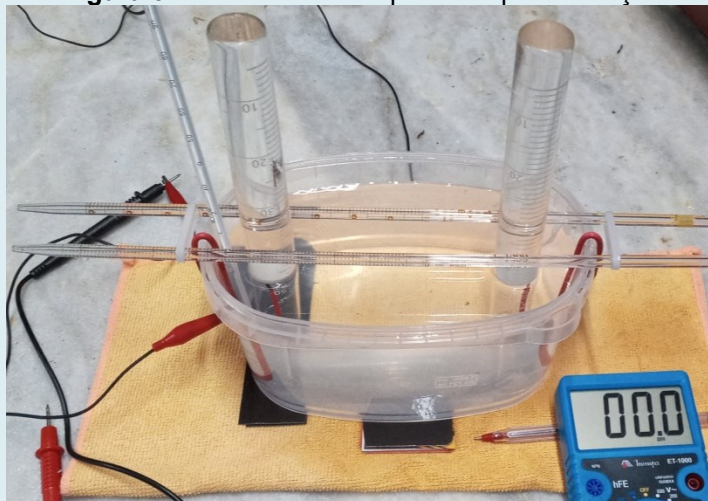


Fonte: Os autores (2022)

Após a montagem, espera-se que o sistema (aparato experimental) do processo de eletrólise seja simulado ao montado, retratado na Figura 3.



**Figura 3-**Sistema montado para a experimentação



Fonte: Os autores (2023)

### 1.5. ORIENTAÇÕES DO DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

Antes de iniciarmos o experimento, realizar a verificação das ligações elétricas, conferir há ausências de bolhas de ar no eletrodo e caso tenha optado em adicionar um interruptor, certifique que ele esteja na posição desligado antes de conectar a fonte de energia.

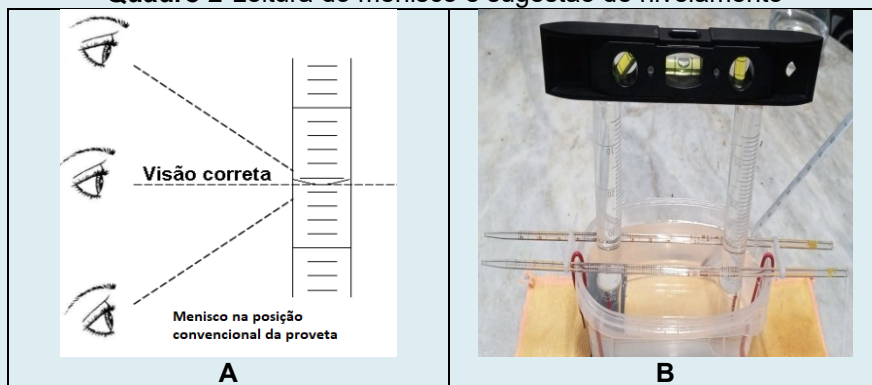
Quando conectar a fonte de energia ou ligar o interruptor, o cronômetro deverá ser acionado, nesta etapa anota-se a marcação do cronômetro em intervalos de minuto ou de segundos até atingir o volume esperado de 5 mL do gás hidrogênio no eletrodo do polo negativo (o cátodo), recorde-se que visando assegurar maior precisão, recomenda-se marcar no tubo de vidro da proveta ou tubo graduado a referência dos 5 mL com auxílio de uma pipeta volumétrica graduada.

A marcação da medição do tempo no cronometro poderá seguir outro intervalo de tempo, sendo sugerido a cada 30 segundos, já que objetivo é estabelecer o valor médio da corrente elétrica no intervalo de tempo necessário para atingir o volume de 5mL.

Em relação questão do menisco, pois como a proveta ou tubo graduado está invertido deve-se estar atento à marcação do volume. Em caso de dúvida sobre a leitura de volume, a posição correta para leitura do menisco é ao nível dos olhos, conforme o Quadro 2. E ainda, para facilitar a leitura do menisco, recomenda-se o nivelamento das provetas ou tubos graduados, favorecendo a leitura do menisco.



**Quadro 2-**Leitura do menisco e sugestão de nivelamento



Legenda: A: Posição da visualização do menisco e B: Nivelamento.  
Fonte: Os autores (2022)

Como na eletrólise da água envolve a liberação de gás, podemos nos deparar formação intensa de bolhas (turbulência) dificultando a leitura do menisco. Esta rapidez da reação pode ocorrer em função da concentração da solução eletrolítica, da tensão e intensidade da corrente elétrica, nesta situação recomenda-se utilizar uma fonte AC/DC que forneça menor tensão e baixa amperagem. Caso considerar necessário, recorreremos ao emprego de um potenciômetro, para ajustar a intensidade da formação das bolhas, faça o ajuste, marque no potenciômetro e novamente monte o sistema, conforme o Quadro 3

**Quadro 3** Observações: Efeito da turbulência e potenciômetros

				<b>A:</b> Tubo graduado com a ocorrência intensa de bolhas (turbulência); <b>B e C:</b> potenciômetro (resistores variáveis); <b>D:</b> Tubo graduado sem a ocorrência intensa de bolhas (turbulência).
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	

Fonte: Os autores (2022)

Durante a realização do experimento o professor e alunos devem estar atentos aos procedimentos de segurança mínimo como o emprego de luva de látex ou similar, visto empregarmos no processo de eletrólise da água, uma solução básica (diluída).

Reforçando, antes de ligar a fonte de energia (9 ou 12 V DC), o cronômetro deverá estar a “zerado”, as ligações elétricas com o multímetro estabelecidas e o mesmo ajustado na escala entre 20-200 mA.

Ao iniciar o experimento anotar tempo necessário para atingir o volume de 5mL de gás Hidrogênio (H<sub>2</sub>) no eletrodo do processo de redução (catodo). Ao efetuar as leituras de corrente elétrica, observará pequenas oscilações na leitura da amperagem do multímetro. Sugerimos que anote a corrente elétrica a cada minuto ou intervalo de 30 segundo, para estabelecer a média da corrente elétrica empregado no experimento e



utilizarmos nos cálculos. Obs.: Considerando a concentração da solução empregada (0,1 mol/L), o tempo de duração do experimento dependerá da tensão e corrente elétrica aplicadas no processo da eletrólise em média de 15 a 20 minutos.

Segue uma sugestão de tabela para anotação dos dados (Figura 4). Com os dados anotados e auxílio (mediação) do professor pode-se obter com tranquilidade o valor numérico da constante de Avogadro. Não esqueça de anotar a pressão atmosférica, para isso utilize um aplicativo de climatológico e a temperatura da solução.

**Figura 4-**Modelos de tabela para anotações do experimento.

Anotações do Experimento		
Data:		
Exp. Nº		
t(mim)	t(s)	I(mA)
1	60	-
2	120	
3	180	
4	240	
5	300	
6	360	
Término		
	<b>Média</b>	

(modelo 01)  
T(°C) = \_\_\_\_\_ °C  
P(hPA) ambiente= \_\_\_\_\_ hPa  
Fonte DC = \_\_\_\_\_ V  
Solução NaOH = 0,1 mol/L  
Multímetro digital  
Modelo \_\_\_\_\_

Anotações do Experimento		
Data:		
Exp. Nº		
t(mim)	t(s)	I(mA)
0,5	30	
1	60	
1,5	90	
2	120	
2,5	150	
3	180	
3,5	210	
4	240	
4,5	270	
5	300	
Término		
	<b>Média</b>	

(modelo 02)  
T(°C) = \_\_\_\_\_ °C  
P(hPA) ambiente= \_\_\_\_\_ hPa  
Fonte DC = \_\_\_\_\_ V  
Multímetro digital  
Modelo \_\_\_\_\_

Fonte: Os autores (2022)

Uma vez iniciado o processo não poderá ser interrompido, havendo a interrupção por qualquer motivo (multímetro desligado, fora de escala, anotação de corrente elétrica inadequada ou duvidosa, dentre outras imprevisto), o sistema deve ser montado novamente, já que os eletrodos não devem conter bolhas, sendo recomendado a utilização da lista de conferência, acesse o [checklist](#)

## 1.6. DADOS EXPERIMENTAIS

Assim que realizarem o experimento, com os alunos, estes terão os dados necessários para realizarem os cálculos e obterem a constante de Avogadro.

Para determinarmos a constante de Avogadro partilhamos os dados coletados do experimento presente no Quadro 4, as anotações experimentais.



**Quadro 4-Dados obtidos de experimento realizado em 2022**

Anotações do Experimento		
Data:	10/01/2022	
Exp. Nº	1	
t(mim)	t(s)	I(mA)
0	0	-
0,5	30	98,6
1	60	98,5
1,5	90	98,6
2	120	98,8
2,5	150	98,6
3	180	99,0
3,5	210	99,1
4	240	99,1
4,5	270	99,0
5	300	98,7
5,5	330	98,2
6	360	98,2
Término	397	97,7
	<b>Média</b>	98,6

Anotações do Experimento		
Data:	10/01/2022	
Exp. Nº	1	
t(mim)	t(s)	I(mA)
0	0	-
1	60	98,5
2	120	98,8
3	180	99,0
4	240	99,1
5	300	98,7
6	360	98,2
Término	397	98,1
	<b>Média</b>	98,6

( modelo 01)

T(°C) ambiente = 23°C

P(hPA) ambiente= 1009 hPa

Fonte DC = 12V

Solução NaOH = 0,25 mol/L ( 10g/L)

Multímetro digital : ET1000 (Minipa)

Fonte: Os autores (2022)



## 1.7. DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO

Para iniciarmos os cálculos consideramos importante, professor relembrar aos estudantes que as semirreações que ocorrem no cátodo e no ânodo, por meio da aplicação de uma corrente elétrica por meio de uma fonte de energia de corrente contínua (DC) é ligado no cátodo, onde ocorre o processo de redução e no ânodo, em que ocorre o processo de oxidação. E ainda recordar os materiais empregados e conexões elétricas do experimento para assim relacionar as espécies químicas envolvidas com a ordem de descarga.

Recordamos que no experimento o polo negativo da fonte foi conectado ao catodo e positivo conectado no ânodo, sendo empregado como eletrólito, a solução de hidróxido de sódio (NaOH) de concentração 0,1 mol/L, solução básica. Nesta situação temos dissociação iônica e a autoionização da água.

Logo:

1-Dissociação da solução de hidróxido de sódio:  $2 \text{NaOH(aq)} \rightarrow 2 \text{Na}^{\text{(aq)}} + \text{OH}^{\text{(aq)}}$

2-Autoionização da água:  $2 \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow 2 \text{H}^{\text{(aq)}} + 2 \text{OH}^{\text{(aq)}}$ , esta reação ocorrendo em escala reduzida

Agora, verifica-se quais íons participam ativamente na eletrólise, seguindo a ordem de descarga, a Figura 5.

Figura 5-Ordem de descarga.

H <sup>+</sup>	
ANTES	DEPOIS
ORDEM DE DESCARGA	
todos os cátions, exceto alcalinos, alcalinos-terrosos e Al <sup>3+</sup>	Alcalinos, alcalinos-terrosos e Al <sup>3+</sup>

OH <sup>-</sup>	
ANTES	DEPOIS
ORDEM DE DESCARGA	
Não-oxigenados (Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , etc), exceto F <sup>-</sup>	oxigenados (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , etc), exceto HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> e R-COO <sup>-</sup>

Fonte: MORA; SIHVINGER (2006, p. 242)

Prioridade de descarga:

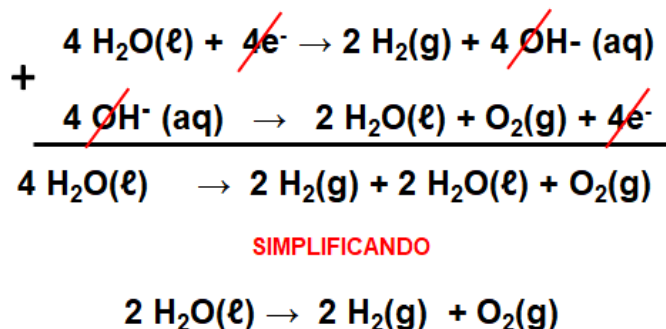
- ✓  $\text{H}^+ > \text{Na}^+$
- ✓  $\text{OH}^{\text{(base)}} > \text{OH}^{\text{(água)}}$

Portanto:

Semirreação catódica:  $2 \text{H}_2\text{O}(\ell) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$

Semirreação anódica:  $4 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{e}^-$

Reação global (simplificando a água):  $2 \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow 2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$



Caso o estudante apresente dúvidas sobre questões básicas como a leitura da informação da reação e do cálculo estequiométrico, acessar o link [questões básicas](#).

Professor, segue-se as etapas para a determinação do Número de Avogadro.

**1ª etapa:** Empregamos a equação dos gases ideais (quadro 5) para determinarmos a quantidade de matéria do gás hidrogênio, os 5 mL coletados. A partir dos dados anotados referente a temperatura (°C) e a pressão obtida por meio do aplicativo climatológico, como o “Climatepo”.

Com base nos dados coletados extraídos do experimento ([Quadro 4](#)). E com as devidas conversões de unidades para Sistema internacional de medidas, obtemos a quantidade de matéria do gás hidrogênio, observe os dados no Quadro 5.

Obs. No material do estudante apresenta-se com detalhe o processo de conversão das unidades de medida e os demais cálculos para a determinação da constante de Avogadro.

- ✓ Pressão ambiente, P= 1009 hPa
- ✓ Volume = 5mL
- ✓ Temperatura= 23°C

**Quadro 5**-Equação dos gases e dados do experimento.

$PV=nRT$ P-pressão (Pa) ; V-volume (m <sup>3</sup> ) ; n-quantidade de matéria (mol); T-temperatura (K) ; R-Constante dos gases = 8.3145 J/Kmol .	<b>P - pressão (Pa)= 100900 Pa</b> <b>V - volume (m<sup>3</sup>) = 5x10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup></b> <b>T - temperatura (K)= 296,15 K</b> <b>R - Constante dos gases = 8.3145 J/Kmol.</b>
--	--

Fonte: Os autores (2022)

Aplicando a equação dos gases,



$$PV=nRT$$

$$nH_2=PV/RT$$

$$nH_2=\frac{100900 \text{ Pa} \times 5 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{8,3145 \text{ J / K mol} \times 296,15 \text{ K}}$$

$$8,3145 \text{ J / K mol} \times 296,15 \text{ K}$$

$$nH_2= 0,5045/2462,3391 = 2,049 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Obteremos  $n(H_2) = 2,049 \times 10^{-4}$  mol de gás hidrogênio

**2ª etapa:** Recordamos no material dos estudantes a relação inicial de “2 mols de elétrons para obtermos 1 mol de gás hidrogênio”, e por meio da regra de três obtemos a quantidade de elétrons empregado neste este experimento,  $ne^- = 4,098 \times 10^{-4}$  mol de elétrons

**3ª etapa:** Determinamos carga elétrica (Q). utilizada para a obtenção dos 5mL de gás hidrogênio, como sugestão no material do estudante optamos pela obtenção deste valor por meio da construção manual de um gráfico em papel milimetrado, sendo utilizado a área do gráfico como equivalente a carga elétrica, mas apresentamos outras formas de obtenção, no link [sugestão de emprego de recursos tecnológicos](#).

Para a construção do gráfico da corrente elétrica função do tempo (  $i \times t$  ) utilizaremos o eixo X para os dados de tempo em segundos e para eixo Y, os dados de corrente elétrica em miliampères(mA), ao final com o valor médio da corrente elétrica a converteremos em ampere (A), fique atento para este procedimento.

Conforme o [quadro 4](#), reorganizamos as informações indicando o eixo X e Y, assim recordamos das coordenadas (x , y) para construção do gráfico e extração do valor da corrente elétrica, reorganizando a informação sendo apresentada no Quadro 06.

**Quadro 6-**Organizando os dados para construção do gráfico t (s) x i (mA)

	<b>Eixo X</b>	<b>Eixo Y</b>
t(min)	t(s)	i(mA)
0	0	-
1	60	98,5
2	120	98,8
3	180	99,0
4	240	99,1
5	300	98,7
6	360	98,2
Término	397	98,1

Fonte: Os autores (2022)

**Detalhe importante:** Orientar o estudante quanto a escala do gráfico, como sugestão utilize papel milimetrado, assim pois facilitar a construção e cálculos. Para a

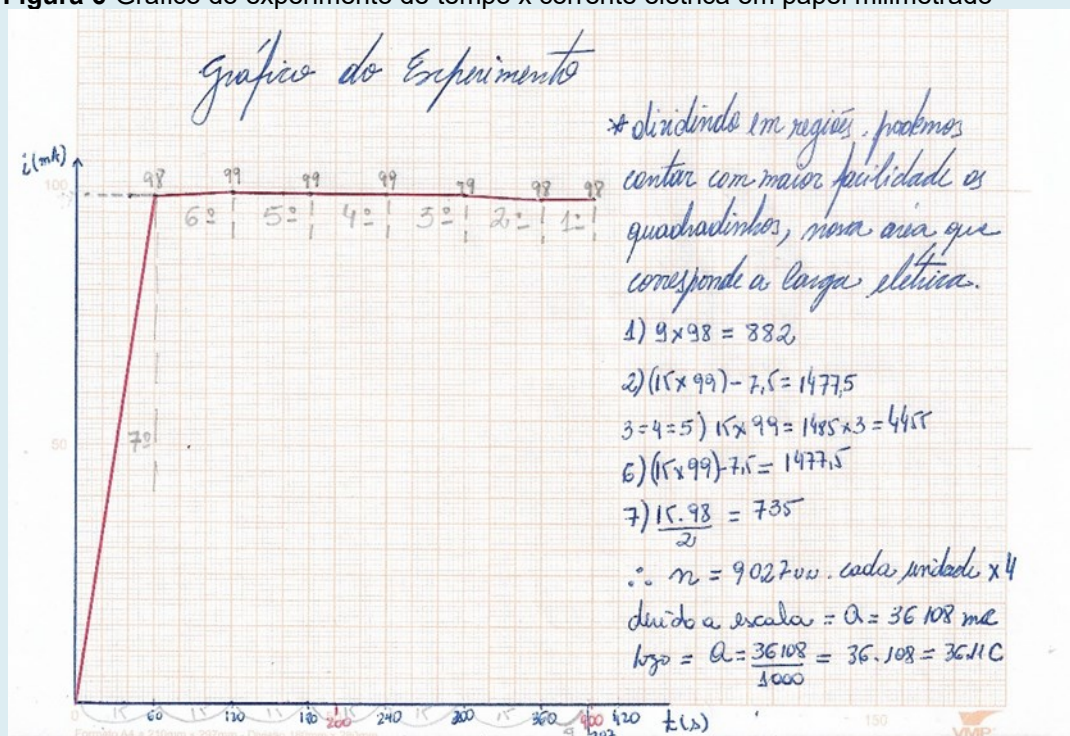


escala o observamos o maior valor numérico de cada eixo, em seguida, verificamos o espaço disponível no papel, neste caso milimetrado no tamanho A4 na posição paisagem contém 180 mm na vertical (eixo y) e 270 mm (eixo x).

No material do estudante descremos a construção da escala e a relação entre a área abaixo do gráfico com a equação de carga elétrica, neste caso. E orientamos a divisão do gráfico em setores (regiões) para fazer a contagem dos quadradinhos ( $\text{mm}^2$ ) no esboço do gráfico.

Na Figura 6, exemplificamos este procedimento com a divisão do gráfico em sete regiões que somadas totalizaram  $9207 \text{ mm}^2$ , porém destaca-se a questão da escala aplicada no eixo do tempo sendo 1:4, logo a área total é multiplicada por 4, assim obtemos a carga elétrica de  $36108 \text{ mC}$ , mas precisamos adequar o valor carga de milicoulomb (mC) a coulomb (C).

**Figura 6-**Gráfico do experimento de tempo x corrente elétrica em papel milimetrado



Fonte: Os autores (2022)

**4ª Etapa,** Empregamos equação de carga elétrica do ponto de vista da eletrostática para obtermos a quantidade de elétrons utilizada no experimento de eletrólise, conforme o Quadro 7.



**Quadro 7-Equação carga elétrica (Eletrostática).**

<b>Q= N .  e </b> Q- Carga elétrica (C) N- Número de elétrons  e - carga elétrica elementar	Portanto Q=36,11 C  e = de $1,6 \times 10^{-19}$ C
--	--

Fonte: Os autores (2022)

$$\begin{aligned} Q &= N \cdot |e| \\ 36,11 \text{ C} &= N \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \\ N &= 36,11 \text{ C} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \\ N &= 2,256875 \times 10^{20} \text{ elétrons} \end{aligned}$$

**5ª Etapa,** Para finalizarmos a determinação, relacionamos o número de elétrons utilizados no processo eletrólise juntamente com quantidade de matéria de elétrons, que os íons hidrogênio receberam no catodo gerando o gás hidrogênio,  $4,098 \times 10^{-4}$  mol de elétrons tendo a equação no Quadro 8 para a obtenção do Número de Avogadro (constante de Avogadro).

**Quadro 8-Equação para determinar a constante de Avogadro**

<b><math>N_A \cdot n_{e^-} = N_e</math></b> $N_A$ -constante de Avogadro $N_e$ - Número de elétrons $n_{e^-}$ = quantidade de quantidade de matéria	Logo: <b><math>N_e = 2,256875 \times 10^{20}</math> elétrons</b> <b><math>n_{e^-} = 4,098 \times 10^{-4}</math> mol <math>e^-</math></b>
--	--

Fonte: Os Autores (2022)

$$\begin{aligned} N_A \cdot n_{e^-} &= N_e \\ N_A &= N_e / n_{e^-} \\ N_A &= 2,256875 \times 10^{20} \text{ e}^- / 4,098 \times 10^{-4} \text{ mol e}^- \\ N_A &= 5,507 \times 10^{23} / \text{mol.} \end{aligned}$$

Portanto neste experimento o valor obtido corresponde  $\approx 5,51 \times 10^{23}$ , valor próximo do valor atual  $6,02214179 \times 10^{23}$  entidades apresentado um margem de erro de  $\approx 8,5\%$  dentro da estimada entre 5% e 10 %, visto que o experimento utilizou materiais de baixo custo e destina-se para fins didáticos.

Professor, reforçamos que os pontos críticos, tem a questão na montagem, a presença das bolhas de ar, no decorrer do experimento as anotações da corrente elétrica, e ainda o cálculo da carga elétrica média, interferem significativamente nos resultados.



# ROTEIRO EDUCACIONAL: PROFESSORES

Caro Colega,

Após a descrição da atividade experimental apresentamos algumas sugestões de sequências didáticas para sua apreciação, análise e avaliação, visando a possível execução ou adaptação destas diante da realidade de sua escola. Estas propostas intercalam a utilização do experimento de determinação da constante de Avogadro com o conteúdo de Eletroquímica e as noções de eletricidade.

Objetivando o acesso rápido aos mapas conceituais, aos pontos que consideramos importantes e as sugestões sobre os temas abordados nos roteiros/sequências didáticas clique nos ícones presentes em cada tópico ou acessando pelo *qr*code quando houver.



## 2. PROPOSTAS DE ROTEIRO EDUCACIONAL

### 2.1. INICIANDO O CONTEÚDO DE ELETROQUÍMICA COM O EXPERIMENTO DE ELETROLÍSE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADRO.

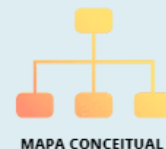
Nesta proposta considera-se iniciarmos a abordagem dos conteúdos de eletroquímica e as noções de eletricidade com a execução do experimento de determinação da constante de Avogadro assim instigando a curiosidade e interesse pelo conteúdo. Assim recomendamos a realização desta proposta de abordagem, pois alinha-se ao nosso referencial teórico, a Aprendizagem Significativa de Ausubel na visão humanista de Nowak. E ainda sugerimos a utilização das propostas de mapas conceituais, destacar os “pontos importantes” e as “sugestões aos professores” presentes no produto educacional.



✓ Tema: **Experimento Eletrólise da água e a constante de Avogadro**:

Duração estimada em 2 a 3 h/aulas

Como abordado o experimento Eletrólise da água e a constante de Avogadro objetiva não apenas a reação de eletrólise da água, mas despertar o interesse dos estudantes, pelo fenômeno ocorrido, assim aguçando a curiosidade de compreender o fenômeno e as leis que o regem. E incentivar as atitudes responsáveis durante o experimento para assim determinar a constante de Avogadro com resultados confiáveis e aceitáveis estimando erros em relação ao valor atual entre 5 e 10%.



MAPA CONCEITUAL

Caso haja possibilidade de os estudantes executarem em grupos o experimento necessitaremos de dois momentos, o primeiro a montagem do aparato, pois com apresentado no experimento a montagem do eletrodo isento de bolhas é tarefa árdua que requer prática (01h/aula), já o segundo refere-se à realização do experimento, sendo necessário a montagem do aparato, o desenvolvimento experimental (duração 15 a 20 minutos) e a organização do material utilizado e descarte (1h/aula).

Para a realização do experimento em grupos de estudantes sugere-se que a atividade seja realizada em grupos com até cinco estudantes, que seja definido o líder do grupo, o cronometrista para indicar o momento das medições de tempo e corrente elétrica e os demais realizarão as anotações das medições e observações. E com os dados e observações registradas os alunos juntamente com o auxílio do professor irão desenvolver a determinação da constante de Avogadro em momento definido pelo professor.

Não havendo a possibilidade de os estudantes realizarem o experimento, o professor poderá demonstrá-lo aos estudantes, porém na impossibilidade ainda ocorrer o experimento, estudante poderá realizar a determinação da constante de Avogadro por meio das informações gerais e dados coletados (as anotações) de experimento realizado, presente no material do estudante.

Após a realização da atividade experimental, inicia-se a abordagem dos conteúdos abordando gradativamente os conceitos envolvidos no experimento, realizando o processo de retomada entre o experimento e os conceitos relacionados, favorecendo integração entre a diferenciação progressiva e reconciliação integradora proposta por Ausubel, podendo assim compreender os conceitos relacionados aos conteúdos de estado oxidação, eletroquímica e noções de eletricidade com solidez. E espera-se que após todas as discussões, envolvendo o experimento e os cálculos efetuados, o estudante possa



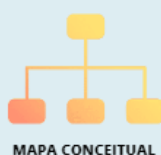
compreender ao final do processo, tanto o processo de determinação do valor numérico quanto o significado da constante de Avogadro.

Com sugestão indicamos na sequência dos temas a serem abordados:

✓ Tema: **Estado de oxidação**

Duração estimada em 2 a 3 h/aulas.

Iniciar com a abordagem do tema Estado de Oxidação e com as devidas explicações, junto aos estudantes, sugere-se a sua escolha atividade que visem a determinação do estado de oxidação (NOX) conforme as recomendações da IUPAC, da determinação do processo de oxidação e redução, da identificação dos agentes oxidantes e redutores e balanceamento de reação redox, indicamos o método por semirreação, mas fica a critério do professor. (02 h/aulas).



MAPA CONCEITUAL



PONTOS IMPORTANTES



- SUGESTÕES -

Em seguida, indica-se a execução da atividade experimental sobre a reação de oxirredução. Para o experimento acessem o [Experimento: reação entre zinco e ácido clorídrico](#). (01h/aula).

Obs.: Como a atividade experimental não ocupará a aula inteira, aproveite para relembrar o experimento e relacionar a reação de oxidação e redução com a reação de decomposição da água, os gases obtidos no experimento.

✓ Tema: **Eletroquímica**

Duração estimada em 7-9 h/aulas.

**Noções de Eletricidade:**

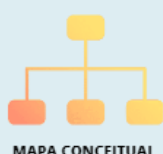
Duração estimada em 2 h/aulas.

Ao iniciar a Eletroquímica indicamos abordar junto aos estudantes noções de Eletricidade, tendo por meta introduzir a questão da eletrização e da natureza elétrica da matéria. Caso seja possível articule, junto ao professor da disciplina física, abordar as questões de cargas elétricas, eletrização, corrente elétrica e noções da relação do primeiro modelo atômico a trazer a existência das cargas (natureza elétrica da matéria). Caso o professor da disciplina física estiver disposto desenvolver uma ação interdisciplinar,





almejada e proposta pela BNCC. Caso considere não necessário em função do perfil de seus estudantes passe diretamente para o próximo tópico Eletroquímica (células galvânicas).



MAPA CONCEITUAL



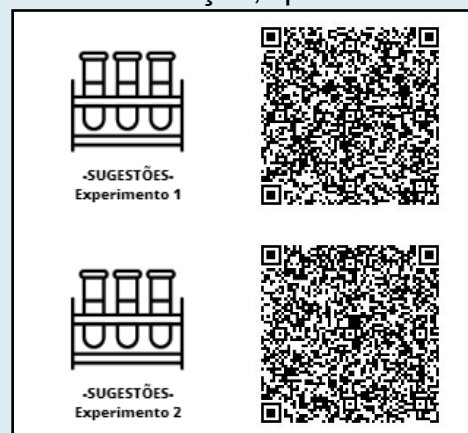
PONTOS IMPORTANTES



- SUGESTÕES -

E havendo disponibilidade realizem os experimentos sobre eletrização, que devido simplicidade podem ser realizados no decorrer das aulas sobre o tema (1h/aula). Para os experimentos acessem os [experimentos: Atração de fragmentos de papel e do filete d'água](#) e [o eletroscópio](#)

Após abordado a questão da eletricidade, retornamos ao experimento agora discutindo questões sobre a função da fonte de energia, corrente elétrica, a relação entre a corrente alternada (AC) e corrente contínua (DC), a tensão da fonte ou voltagem, a corrente elétrica dentre outras. Depois de abordar estas questões envolvendo eletricidade inicia-se a Eletroquímica.



### **Eletroquímica:**

Com o tema Pilhas e baterias (células galvânicas). Neste momento, poderíamos realizar o experimento sobre condutividade elétrica para introduzir as soluções eletrolíticas (acesse o [Experimento: condutividade elétrica](#)).

Em seguida aborda-se os conceitos básicos das células galvânicas, juntamente, com atividades para os alunos desenvolverem envolvendo a determinação em células galvânicas do ânodo, cátodo, as semirreações de oxidação e redução, o sentido de corrente elétrica, função salina, o potencial da pilha, mas a sua escolha a sequência.

Porém, por experiência própria, surgirá aos estudantes a elaboração texto curto, umas 15 linhas sobre como “seria sua vida sem as pilhas e baterias”, um momento interessante para conversamos sobre a importância e contribuições das células galvânicas a sociedade (2h/aulas).



Para finalizar a esta discussão, alusiva as células galvânicas realizar a montagem experimental da Pilha de Daniel e assim solicitar um relatório do experimento, abrangendo



pelo menos material utilizado, observações experimentais e conclusão a partir do [Experimento: pilha de Daniell/pilha simples](#). (01 h/aula). Caso não seja possível, acessar o experimento em vídeo pela página [SBQ-Química Nova Interativa](#).

Novamente, retornamos ao experimento perguntando aos estudantes, como poderiam substituir a fonte de energia por pilhas ou baterias? Funcionária da mesma forma? A reação observada gera ou necessita de energia elétrica? Assemelha-se as células galvânicas? As questões visam aguçar curiosidade e parte delas buscam por aspectos comuns ou incomuns observados entre o experimento da eletrólise e da pilha de Daniell, caso tenha realizado a montagem da pilha.

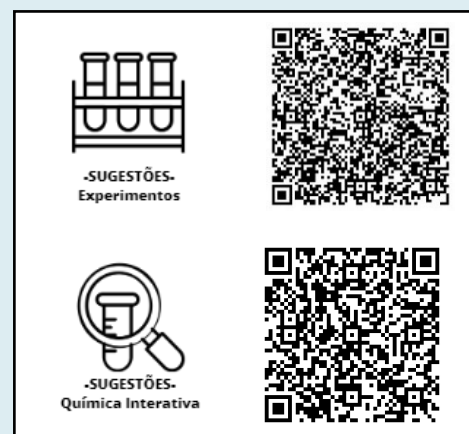


### Eletrólise:

O estudante já deve estar familiarizado com os alguns termos da eletroquímica e podemos abordar as células eletrolítica (Eletrólise) com agilidade sem perder o foco na aprendizagem, sendo sugerido utilização de atividades que envolva a diferenciação das eletrólises (ígneas e aquosa), a identificação em células eletrolíticas do ânodo, cátodo, as semirreações de oxidação e redução, dentre outros conceitos. Sendo interessante a elaboração de uma apresentação (slides) que abordem as contribuições de Faraday a eletrólise, a importância e as contribuições dos processos de eletrólise para a sociedade. Observa-se que está atividade deverá ser realizada com a tarefa (02h/aulas).



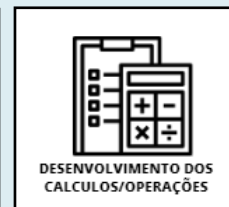
Sendo possível, realizar a atividade experimental sobre revestimento por eletrólise de peças metálicas, aproveitando a discussão do experimento para tira-dúvidas sobre o assunto, acesse [Experimento: revestimento de moeda/chave](#) (01 h/aula). Não sendo possível, acessar o experimento em vídeo pela página [SBQ-Química Nova Interativa](#).





Ao relembrar o experimento, buscamos finalizá-lo, pois com informações coletadas (anotações) os estudantes podem realizar os procedimentos de cálculo descrito no material do estudante e, em seguida, elaborem um relatório experimental.

Havendo necessidade, o professor poderá destinar um momento para tirar dúvidas dos estudantes e/ou revisão dos cálculos de determinação do valor da constante de Avogadro (1h/aula), acesse [desenvolvimento dos cálculos \(estudantes\)](#)



Destacamos mais uma vez que apresentamos sugestões, porém a aplicação delas dependem de sua realidade e perfil, mas gostaríamos que havendo possibilidade realizam algumas das ações proposta, pois diversificação de atividade podem contribuir significativamente na aprendizagem do estudante.

E relembramos que no início de cada tema apresentamos uma proposta de mapa conceitual do tema abordado no intuito de partilhá-lo e junto somarmos esforços para aprendizagem dos estudantes.

Caso deseje conhecer sobre o mapa conceitual e nosso referencial teórico, a aprendizagem significativa de Ausubel na perspectiva Novak, leia os itens Aprendizagem Significativa e Mapa Conceitual.

Observamos, ainda que nas propostas sugeridas das atividades experimentais (extras) podem contribuir na interpretação e na aprendizagem dos conceitos abordados no experimento de experimento de eletrólise e determinação da constante de Avogadro.



## 2.2. CONCLUINDO O CONTEÚDO DE ELETROQUÍMICA COM O EXPERIMENTO DE ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADRO

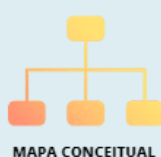
Nesta proposta considera-se a opção que a conclusão do conteúdo de eletroquímica ocorra com a execução do experimento de eletrólise e determinação da constante de Avogadro, sugerimos a utilização das propostas de mapas conceituais, destacar os “pontos importantes” e as “sugestões aos professores” presentes no produto educacional.

Com sugestão indicamos na sequência dos temas a serem abordados:

✓ Tema: **Estado de oxidação**

Duração estimada em 3 h/aulas.

Inicia-se com o tema Estado de Oxidação, seguida das devidas explicações e exemplos a sua escolha, sugere-se atividades que visem a determinação do estado de oxidação (NOX), da determinação do processo de oxidação e redução, da identificação dos agentes oxidantes e redutores e balanceamento de reação redox por semirreação. (02 h/aulas);



Em seguida, indica-se a execução da atividade experimental sobre a reação de oxirredução. Para o experimento acesse [Experimento: reação entre zinco e ácido clorídrico](#). (01h/aula).

Obs.: Como a atividade experimental não ocupará a aula inteira, aproveite para tirar dúvidas sobre o estado de oxidação ou rever questões relacionadas a conservação das massas e proporções com alguns exemplos.

✓ Tema: **Eletroquímica**

Duração estimada em 7-9 h/aulas.

### **Noções de Eletricidade:**

Duração estimada em 2 h/aulas.

Ao iniciar a Eletroquímica indicamos abordar junto aos estudantes noções de Eletricidade, tendo por meta introduzir a questão da eletrização e da natureza elétrica da matéria. Caso seja possível articule, junto ao professor da disciplina física, abordar as



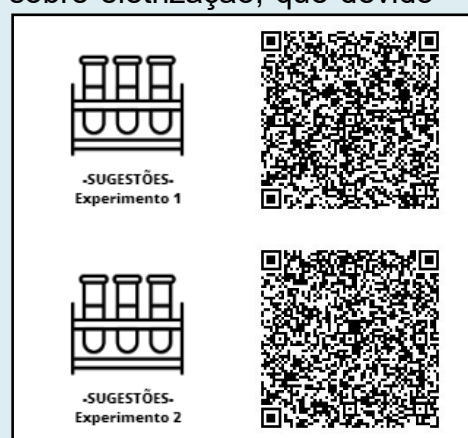


questões de cargas elétricas, eletrização, corrente elétrica e noções da relação do primeiro modelo atômico a trazer a existência das cargas (natureza elétrica da matéria). Caso o professor da disciplina física estiver disposto desenvolver uma ação interdisciplinar, almejada e proposta pela BNCC. Caso considere não necessário em função do perfil de seus estudantes passe diretamente para o próximo tópico Eletroquímica (células galvânicas).



E havendo disponibilidade realizem os experimentos sobre eletrização, que devido simplicidade podem ser realizados no decorrer das aulas sobre o tema (1h/aula). Para os experimentos acessem os [experimentos: Atração de fragmentos de papel e do filete d'água](#) e [o eletroscópio](#)

Após abordado a questão da eletricidade, retornamos ao experimento agora discutindo questões sobre a função da fonte de energia, corrente elétrica, a relação entre a corrente alternada (AC) e corrente contínua (DC), a tensão da fonte ou voltagem, a corrente elétrica dentre outras. Depois de abordar estas questões envolvendo eletricidade inicia-se a Eletroquímica.



### **Eletroquímica:**

Com o tema Pilhas e baterias (células galvânicas). Neste momento, poderíamos realizar o experimento sobre condutividade elétrica para introduzir as soluções eletrolíticas (acesse o [Experimento: condutividade elétrica](#)).

Em seguida aborda-se os conceitos básicos das células galvânicas, juntamente, com atividades para os alunos desenvolverem envolvendo a determinação em células galvânicas do ânodo, cátodo, as semirreações de oxidação e redução, o sentido de corrente elétrica, função salina, o potencial da pilha, mas a sua escolha a sequência.

Porém, por experiência própria, surgirá aos estudantes a elaboração texto curto, umas 15 linhas sobre como “seria sua vida sem as pilhas e baterias”, um momento interessante para conversamos sobre a importância e contribuições das células galvânicas a sociedade (2h/aulas).





Para finalizar a esta discussão, alusiva as células galvânicas realizar a montagem experimental da Pilha de Daniel e assim solicitar um relatório do experimento, abrangendo pelo menos material utilizado, observações experimentais e conclusão a partir do [Experimento: pilha de Daniell/pilha simples](#). (01 h/aula). Caso não seja possível, acessar o experimento em vídeo pela página [SBQ-Química Nova Interativa](#).



### Eletrólise

O estudante já deve estar familiarizado com os alguns termos da eletroquímica e podemos abordar as células eletrolítica (Eletrólise) com agilidade sem perder o foco na aprendizagem, sendo sugerido utilização de atividades que envolva a diferenciação das eletrólises (ígneas e aquosa), a identificação em células eletrolíticas do ânodo, cátodo, as semirreações de oxidação e redução, dentre outros conceitos. Sendo interessante a elaboração de uma apresentação (slides) que abordem as contribuições de Faraday a eletrólise, a importância e as contribuições dos processos de eletrólise para a sociedade. Observa-se que está atividade deverá ser realizada com a tarefa (02h/aulas).



Sendo possível, realizar a atividade experimental sobre revestimento por eletrólise de peças metálicas, aproveitando a discussão do experimento para tira-dúvidas sobre o assunto, acesse [Experimento: revestimento de moeda/chave](#) (01 h/aula). Não sendo possível, acessar o experimento em vídeo pela página [SBQ-Química Nova Interativa](#).

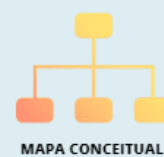


Tema: **Experimento [Eletrólise da água e a constante de Avogadro](#):**

Duração estimada em 2-3 h/aulas



Como abordado o experimento Eletrólise da água e a constante de Avogadro objetiva não apenas a reação de eletrólise da água, mas rever os conceitos de eletrólise, as contribuições de Faraday, e ainda incentivar atitudes responsáveis, responsáveis durante o experimento, para assim determinar a constante de Avogadro com resultados confiáveis e aceitáveis estimando erros em relação ao valor atual entre 5 e 10%. Ao final das discussões e cálculos, esperamos que o estudante possa compreender significado da constante de Avogadro.

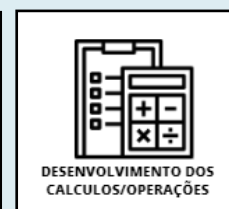


Caso haja possibilidade de os estudantes executarem, em grupos, o experimento, necessitaremos de dois momentos, o primeiro a montagem do aparato, pois com apresentado no experimento a montagem do eletrodo isento de bolhas é tarefa árdua que requer prática (01h/aula), já o segundo refere-se à realização do experimento, sendo necessário a montagem do aparato, o desenvolvimento experimental (duração 15 a 20 minutos) e a organização do material utilizado e descarte (1h/aula).

Para a realização do experimento em grupos de estudantes sugere-se que a atividade seja realizada em grupos com até cinco estudantes, que seja definido o líder do grupo, o cronometrista para indicar o momento das medições de tempo e corrente elétrica e os demais realizarão as anotações das medições e observações. E com os dados e observações registradas os alunos juntamente com o auxílio do professor irão desenvolver a determinação da constante de Avogadro em momento definido pelo professor.

Não havendo a possibilidade de os estudantes realizarem o experimento, o professor poderá demonstrá-lo aos estudantes, porém na impossibilidade ainda ocorrer o experimento, estudante poderá realizar a determinação da constante de Avogadro por meio das informações gerais e dados coletados (as anotações) de experimento realizado,

Após a atividade experimental com as informações coletadas (anotações) os estudantes realizam os procedimentos de cálculo descrito no material do estudante e em seguida elaborem um relatório experimental. Indiferente do procedimento empregado, ou seja, executando o experimento, observando a demonstração experimental ou tendo acesso aos dados experimentais, pois o desenvolvido tanto do experimento quanto do cálculo são de suma importância no processo de aprendizagem. Havendo necessidade, o professor poderá destinar um momento para tirar dúvidas dos estudantes e/ou revisão dos cálculos (1h/aula).



Destaco mais uma vez que apresentamos sugestões, porém a aplicação delas dependem de sua realidade e perfil, mas gostaríamos que havendo possibilidade realizam



algumas das ações proposta, pois diversificação de atividade podem contribuir significativamente na aprendizagem do estudante.

E relembro que no início de cada tema apresentamos uma proposta de mapa conceitual do tema abordado no intuito de partilhá-lo e junto somarmos esforços para aprendizagem dos estudantes. Caso deseje conhecer sobre o mapa conceitual e nosso referencial teórico, a aprendizagem significativa de Ausubel na perspectiva Novak, leia o item mapa conceitual (visão geral).

Observamos, ainda que nas propostas sugeridas das atividades experimentais (extras) podem contribuir na interpretação e na aprendizagem dos conceitos abordados no experimento de experimento de eletrólise e determinação da constante de Avogadro.

---

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

---

## 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DESTE E-BOOK

Apresentamos nesta seção um breve relato em relação a teoria da Aprendizagem proposta por David Ausubel e complementada com a visão humanista de Joseph Novak e as principais características dos Mapas Conceituais.

### APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aprendizagem significativa segundo Ausubel corresponde ao processo no qual um novo conhecimento (informação) interage com outro conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, a aprendizagem ocorrerá de forma significativa quando o novo conhecimento estiver fortemente integrado ao conhecimento prévio. Sendo assim o conhecimento novo deve estar fixado (ancorado) no conhecimento prévio, o subsunçor (MOREIRA e MASINI, 2006).

Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. (Moreira, 2010, p.2).

Portanto, segundo Ausubel, a aprendizagem significativa será eficaz, ou seja, terá significado, quando ocorrer a interação (ancoragem) entre o conhecimento novo recebido (“os conceitos, as ideias, as proposições”) e os conhecimentos prévios (subsunçores) do aprendiz, pois assim este novo conhecimento estará integrado à estrutura cognitiva, e não será apenas um fato ou uma informação isolada, mas estará associado a “subsunçores preexistentes” que o aluno já sabe. (MOREIRA, 1999, p. 13).

Assim a aprendizagem significativa deve considerar a história do aluno, sua vivência de vida e saberes. Já o educador é o mediador do processo, ele apresenta as proposições de situações que favoreçam a aprendizagem, buscando sempre relacionar o novo conhecimento com o já conhecido, e promove situações que motivem a interação do aluno. Mas o estudante deve estar disposto a relacionar o material de maneira consistente e não de forma arbitrária e estar disposto a relacionar (interpretar) a informação (FERNANDES, 2011).

Ausubel também define a aprendizagem mecânica como processo em que os conhecimentos (informações) são apreendidos sem interação com os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, de modo que não ocorre uma ancoragem com os subsunçores, ou seja, neste tipo de aprendizagem “não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada”, podendo ser considerada apenas memorização do conhecimento. Muitas vezes esta é a definição utilizada para referenciar ao ensino tradicional, de forma a facilitar o estudo e a comparação entre ambas as metodologias de ensino, tradicional e a aprendizagem significativa (MOREIRA e MASINI, 2006, p. 19).

Para ocorrer a aprendizagem significativa, segundo Ausubel o material didático deve ser planejado no intuito de atender duas condições essenciais: *i*) deverá ser elaborado de forma que seja possível relacionar os conceitos de forma lógica, permitindo a interação de maneira “substantiva e não arbitrária” e com propostas relevantes e que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender; *ii*) deverá levar em consideração a natureza cognitiva do aprendiz e a presença dos subsunçores necessários para a possível ancoragem dos conhecimentos, ou seja, deve indicar quais os conhecimentos prévios aos quais o material poderá se relacionar para que aprendizagem ocorra de forma significativa. (MOREIRA, 1999, p. 21).

Estes organizadores podem ser classificados como *i*) comparativos ou *ii*) expositivos, os organizadores comparativos são aqueles materiais com os quais o aprendiz possui familiaridade, e, por haver uma estrutura cognitiva existente, consegue integrar e discriminar os novos conhecimentos (informações e conceitos novos) e as ideias similares. Já em situações em que o aprendiz não possui subsunçor necessário para a ancoragem do novo conhecimento é necessário utilizar os organizadores expositivos, que são materiais que, embora o aprendiz não possua familiaridade, permite que o conceito novo lhe seja apresentado (MOREIRA, 2008).

Portanto, vimos que a aprendizagem é um processo que envolve a aquisição, a organização de conceitos e ideias junto à estrutura cognitiva do aprendiz, e que para ter significado, deve haver uma relação entre o novo conhecimento adquirido com um subsunçor existente. Este processo de aprendizagem é denominado teoria ou princípio da assimilação, que como descrito por MOREIRA e MASINI (2006, p. 25), a assimilação é um “processo que ocorre quando uma ideia ou um conceito potencialmente significativo é assimilado a um subsunçor cognitivo do aprendiz” e passam a interagir, de modo que o conceito, tanto do conhecimento novo como do subsunçor, são modificados pela interação e este é o real produto e característica da aprendizagem significativa. A aprendizagem

significativa proporcionada pela assimilação pode ocorrer em três formas: *i*) subordinada, *ii*) superordenada e *iii*) combinatória, conforme indicado no Quadro 9.

**Quadro 9-Formas de aprendizagem significativa**

Aprendizagem subordinada	Ocorre quando o novo conhecimento aprendido se encontra hierarquicamente subordinado ao conhecimento preexistente.
Aprendizagem superordenada	Ocorre quando o novo conhecimento condicionará o surgimento de novos, ou seja, um conceito ou proposição mais geral do que conhecimentos já estabelecidos na estrutura cognitiva do estudante
Aprendizagem combinatória	Ocorre quando o novo conhecimento não apresenta relação subordinada nem superordenada com conhecimento relevantes já adquiridos anteriormente na estrutura cognitiva do aprendiz

**Fonte:** PIVATTO (2014, p. 7- 8) - Adaptação

Os novos conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em função das sucessivas alterações e/ou interações ocasionados pela aquisição do novo conhecimento. Podemos desenvolver estes novos conceitos de duas formas: pela *i*) diferenciação progressiva ou pela *ii*) reconciliação integrativa. Quando partimos de ideias e conceitos mais gerais e inclusivos para ideias e conceitos menos inclusivos e diferenciados estamos gradativamente conduzindo a diferenciação progressiva. Por aumentarmos gradualmente a complexidade dos conceitos, esta forma de trabalharmos os diferentes conceitos a serem estudados facilitam o processo de ensino-aprendizagem. Uma vez estabelecida a complexidade gradual dos conceitos, é necessário conectá-los e compará-los com base em diferenças, similaridades e reconciliar suas inconsistências reais ou aparentes, processo em que é conduzida a reconciliação integrativa(MOREIRA, 1999).

Ao fazer o uso de momentos de diferenciação progressiva associado ao uso de momentos de reconciliação integrativa, é que se obtém bons resultados, seja no que diz respeito a abordagem do educador como também do material produzido para os estudantes (MOREIRA e MASINI, 2006). Em outras palavras, o material didático deve fazer a ponte entre o novo conhecimento com os conhecimentos prévios (subsunções) do aprendiz, pois assim fará sentido para o estudante. Neste processo de ensino, a abordagem dos conteúdos deve possibilitar a interação com a realidade, e não apenas uma memorização que não infere qualquer sentido ou correlação com a sociedade.

Joseph Donald Novak, contribuiu para divulgação da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, colaborando no refinamento e testagem, de forma que, devido às suas contribuições, especialmente as observações sobre as questões afetivas para a

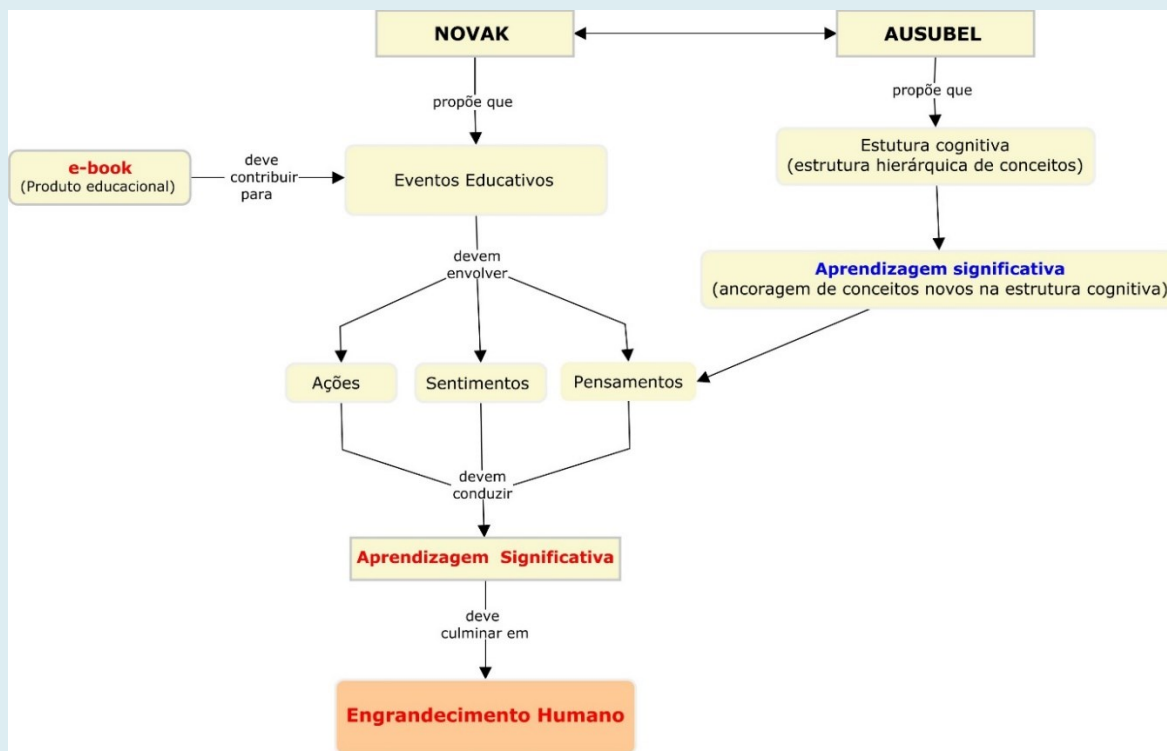
aprendizagem, sendo assim a teoria de aprendizagem significativa poderia ser chamada de teoria de Ausubel e Novak (MOREIRA, 2011).

Joseph Donald Novak, nasceu em 1932 destacou-se como empresário e educador. Graduou-se em Ciências e Matemática em 1952 e pós-graduação na Universidade de Minnesota em 1957. Foi pesquisador sênior do Institute for Human & Machine Cognition (IHMC) professor emérito da Cornell University, onde sua pesquisa se concentrou na aprendizagem humana, estudos educacionais, criação e representação de conhecimento.

Para Novak a aprendizagem significativa pode ser entendida a partir de como nós pensamos, sentimos e agimos, de forma que um “evento educativo é uma ação para trocar significados e sentimentos entre aprendiz e professor”. Este evento é um momento acompanhado de experiência afetiva, que pode ser de caráter positivo e construtivo, que ocorre quando há a compreensão do novo conhecimento. Caso contrário, a experiência gera sentimentos negativos de não estar adquirindo um novo conhecimento (não consegue compreender o novo conhecimento), favorecendo o sentimento de frustração ou da angústia. Portanto o processo de aprendizagem significativa requererem “predisposição para aprender, e, ao mesmo tempo, gera uma experiência afetiva” (MOREIRA, 2011, p. 36).

Situações evidenciadas no cotidiano escolar, quando a experiência é positiva, observamos a motivação e o interesse do estudante pelo conteúdo. Já quando negativa é comum ouvirmos a expressão “não consigo entender nada”, “a matéria de muito difícil”. As vezes estas afirmações não correspondem apenas as dificuldades na compreensão ou no entendimento, mas também há fatos ocorridos que ocasionaram sentimentos negativos sobre a disciplina. Por vezes uma expressão verbal ou visual utilizada pelo professor junto ao estudante em sala, situação corriqueira e sem importância para o educador pode gerar sentimento adversos (conforme o momento vivido pelo estudante). Assim a preparação da aula, a escolha ou produção do material didático e a conduta do professor no ambiente escolar são pontos importantes nos eventos educativos, já que estes eventos associam ações, sentimentos e pensamentos que contribuem no processo de aprendizagem significativa, logo contribuindo para o engrandecimento humano. Estes pontos destacados em relação aprendizagem significativa na visão de Novak são representadas na Figura 7 (MOREIRA, 1999).

**Figura 7**-Diagrama simplificado da aprendizagem significativa na visão de Ausubel e Novak



Fonte: Os autores (2023) Adaptação - Onofre Salgado Siqueira: notas de aula

Ao destacar o engrandecimento humano nos referimos ao crescimento pessoal que o conhecimento adquirido promove na vida do estudante tanto em aspectos pessoais quanto profissional. Neste sentido, podemos citar diversas situações, como a emoção do estudante no ensino de jovens e adultos a começar a ler, fato destacado eventualmente pelos meios de comunicação, a experiência vivenciada pelo jovem quando observa que conteúdo visto em sala de aula torna-se útil em sua prática profissional. Assim o engrandecimento humano indica que o conhecimento fora assimilado e está contribuindo diretamente ou indiretamente na vida deste aprendiz, fugindo do questionamento comum em qualquer disciplina “Onde vou usar isto ou para que me serve saber isso?”

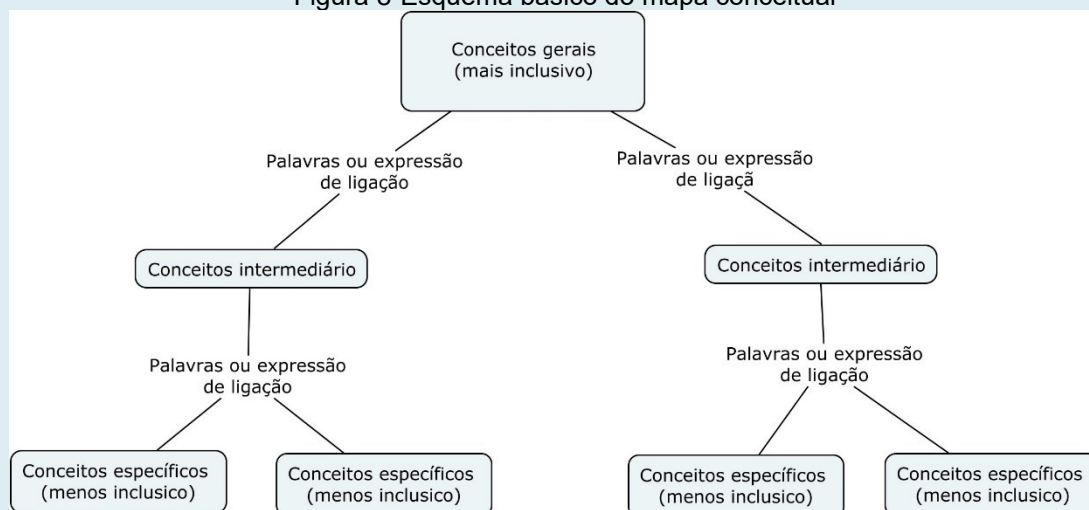
### 3.1. MAPA CONCEITUAL: UMA VISÃO GERAL

O pesquisador Joseph Novak desenvolveu o mapa conceitual com base na teoria de Aprendizagem Significativa David Ausubel, tendo por meta representar relações entre conceito, assim, contribuindo para o processo de ensino.

No geral um mapa conceitual apresenta uma estrutura hierárquica de conceitos, partindo de conceitos mais gerais passando a conceitos intermediários e depois a conceitos específicos, que aparecem em caixas de texto, partindo da região superior para

a inferior do mapa, respectivamente. A conexão entre os conceitos é estabelecida por linhas de ligação que relacionam os conceitos por meio de verbos ou expressões dando sentido a conexão entre os conceitos (MANRIQUE e FERRÃO, 2014), conforme ilustrado na Figura 8.

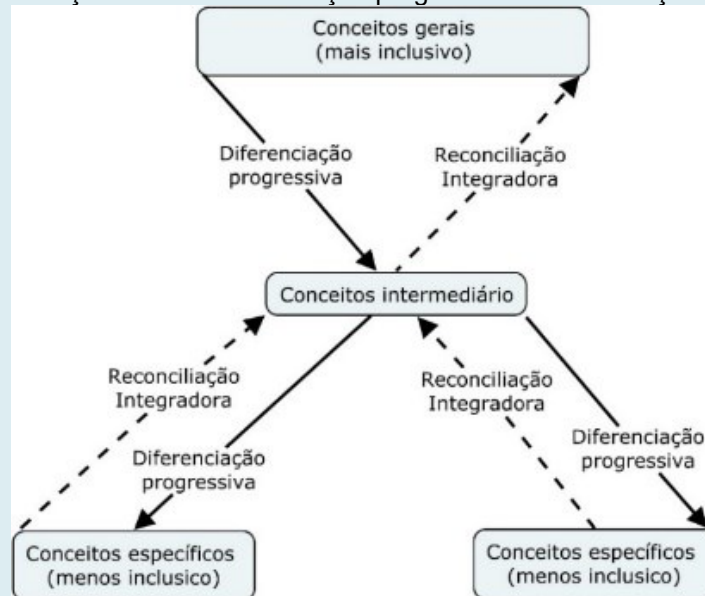
Figura 8-Esquema básico do mapa conceitual



Fonte: MOREIRA(2006, p. 47) -Adaptação

Além da relação entre os conceitos, segundo Novak o mapa possibilita a interação entre a diferenciação progressiva e reconciliação integradora (integrativa) promovendo interação entre os conceitos, ou seja, “subir e descer “as hierarquias entre os conceitos, explorando suas relações, Figura 9. Lembrando a diferenciação progressiva refere-se a apresentação das ideias gerais e inclusivas, sendo gradativamente, diferenciadas ao específico, já a reconciliação integradora explora as relações entre as ideias, “apontando similaridades e diferenças importantes e reconciliando as discrepâncias reais e aparentes”, sendo estes processos fundamentais para a aprendizagem significativa.(MOREIRA, 1983, p. 63; MOREIRA; MASINI, 2006, p. 56)

**Figura 9-**Interação entre a diferenciação progressiva e reconciliação integradora

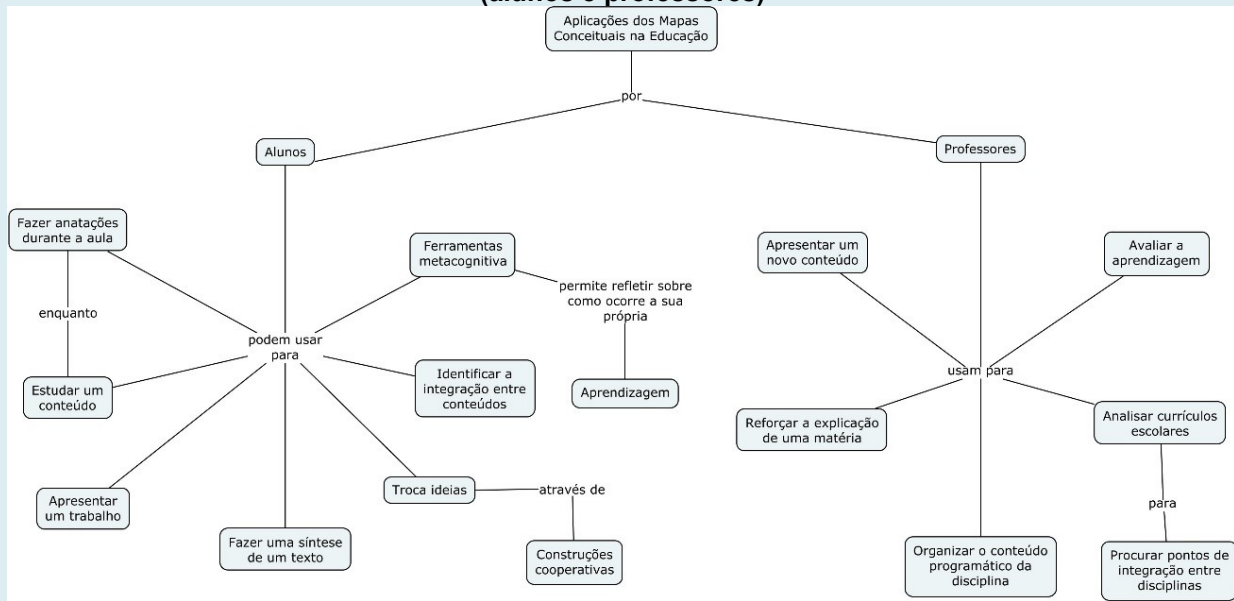


Fonte: MOREIRA (1983 p.65) – Adaptação

Os mapas conceituais apresentam vantagens e desafios juntos aos estudantes. Como vantagens, destacamos a ênfase na estrutura conceitual do tema em estudo, com a apresentação do grau de inclusividade e generalidade em ordem hierárquica, que facilita a aprendizagem. Dentre algumas aplicações de mapas conceituais, citamos para a introdução ou apresentação de conteúdos, para o estudo de conceitos, síntese de conteúdos e para avaliação de aprendizagem, por exemplo. Na Figura 10 são apresentadas algumas sugestões de aplicações dos mapas conceituais elencadas por Silva, Claro e Mendes (2017). Entretanto, elaborar um mapa conceitual não é tarefa fácil, pois o mapa deve ter significado para o estudante e deve ser estruturado de modo a facilitar a leitura e o entendimento do conteúdo, seja quando se tratar de assuntos simples, como aqueles complexos ou confusos (MOREIRA e MASINI, 2006).

**Figura 10-Sugestões de aplicações de mapas conceituais**

**(alunos e professores)**



Fonte: SILVA; CLARO; MENDES (2017, p. 22702) – Adaptação

Finalizando esta breve visão sobre os mapas conceituais, cada mapa é único, pois apresenta uma visão de organização para determinado tema ou assunto, por isso, iniciamos o diálogo com uma proposta de mapa conceitual, neste caso, sobre o tema Estado de oxidação. Assim como esta proposta e demais mapas apresentados nos próximos itens seguem esta estrutura descrita, a hierarquia dos conceitos, a interação entre eles (gerais e específicos) e o diálogo entre diferenciação progressiva e reconciliação integradora (integrativa).

---

# SUGESTÃO AO PROFESSOR

---

## 4. SUGESTÃO DE MATERIAIS EDUCACIONAIS AOS PROFESSORES

Nesta secção apresentamos sugestões de diversos materiais educacionais destes artigos a experimentos que podem contribuir em nossa prática pedagógica e nos auxilia na elaboração dos planejamentos das atividades escolares.

Na sequência temos os itens abaixo para os temas Estado de Oxidação Eletroquímica (células galvânicas e eletrolíticas) e Eletricidade (noções gerais), temas relevantes para nosso experimento.

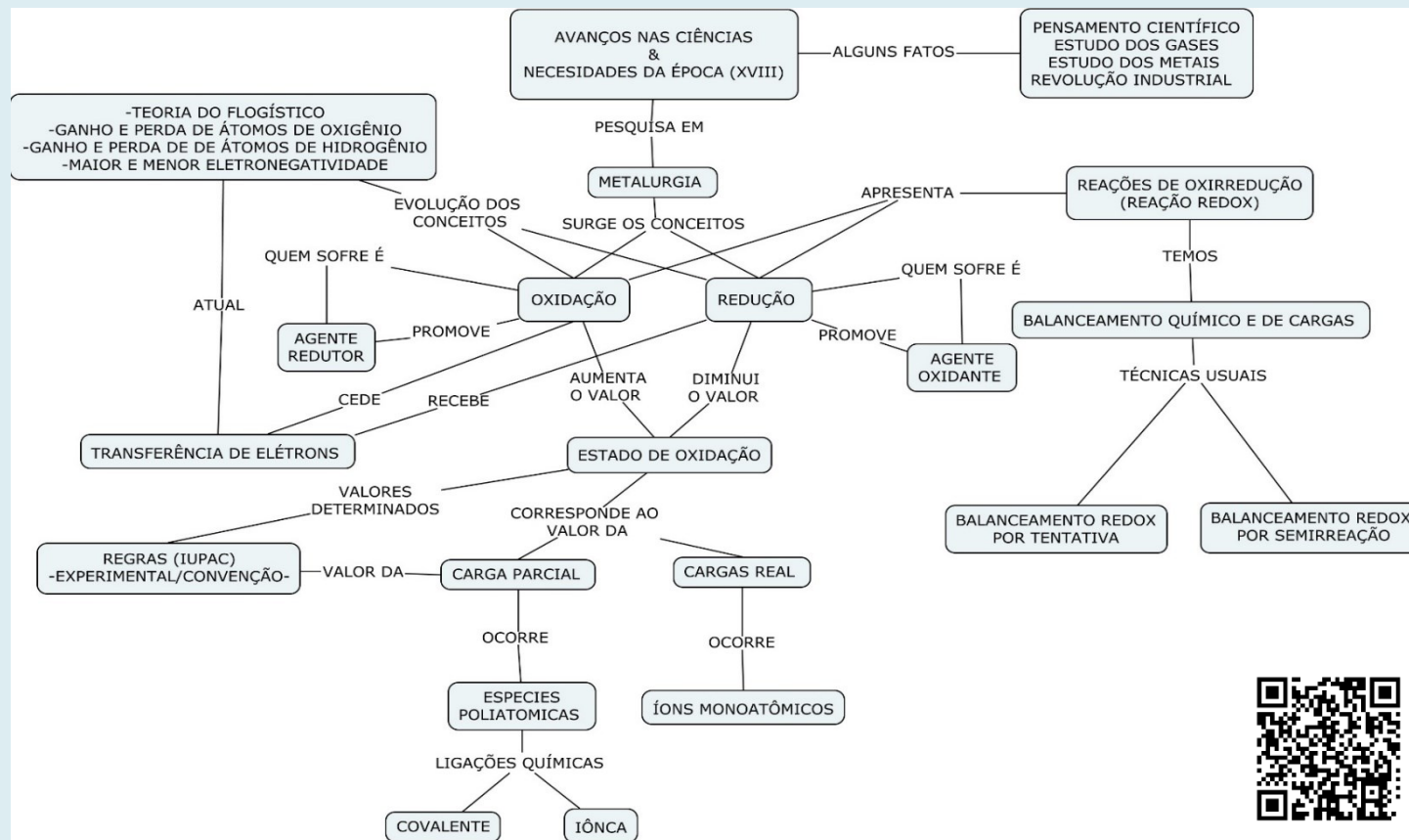
- ✓ Mapa conceitual do conteúdo abordado (uma proposta), que pode ser acessado online;
- ✓ Pontos importantes do conteúdo, que tem por objetivo reforçar os conceitos principais abordados no texto;
- ✓ Sugestões ao (à) professor(a), que como o próprio nome se refere, são sugestões de materiais explicativos, pedagógicos e atividades experimentais que podem ser consultados pelo(a) docente da disciplina, de acordo com suas necessidades.

# ESTADO DE OXIDAÇÃO

## 4.1. ESTADO DE OXIDAÇÃO

### 4.1.1. UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL

Figura 10-MAPA CONCEITUAL - ESTADO DE OXIDAÇÃO



Fonte: Os autores (2022)

Acesso on-line do mapa conceitual: <https://cmapscloud.ihmc.us/viewer/cmap/1YLD3J18B-4QH57F-JL>

#### 4.1.2.PONTOS IMPORTANTES: ESTADO DE OXIDAÇÃO

- ✓ Os termos oxidação e a redução surgiram através das pesquisas sobre os metais, durante a ascensão da metalurgia na revolução industrial, no século XVIII;
- ✓ A oxidação e redução estão relacionadas à transferência de elétrons, ou seja, ao ganho ou à perda de elétrons, abrangendo um número maior de compostos;
- ✓ Nas reações de oxirredução, a transferência de elétrons ocorre simultaneamente. Nestas reações além do balanceamento químico realiza-se o balanceamento de carga elétrica. Para isto podemos empregar as [técnicas de balanceamento redox](#), dentre elas, o balanceamento por semirreação;
- ✓ O estado de oxidação corresponde à carga elétrica do átomo quando se assume a ruptura das ligações químicas com outros átomos, seja esta ligação iônica ou covalente;
- ✓ Para determinar o número de oxidação de um elemento, utiliza-se um conjunto de regras tendo como referência as orientações da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC);
- ✓ Para se determinar se elemento está sofrendo oxidação ou redução basta observar como varia o número de oxidação da espécie durante uma reação química. Se o número de oxidação aumenta, o elemento sofre a oxidação; por outro lado, se o número de oxidação da espécie diminui, esta é redução durante o processo reacional.
- ✓ A espécie química que sofre a oxidação é chamada de agente redutor. Isto porque, durante este processo elétrons são liberados no sistema reacional e então recebidos pela outra espécie química que participa da reação, que sofrerá o processo de redução. Deste modo, para que esta espécie possa ser reduzida é necessário que a outra espécie seja oxidada, e, portanto, é chamada de agente oxidante. Assim, a espécie que doa elétrons sofre a oxidação e promove a redução da outra espécie é chamada de agente redutora, e a espécie química que sofre a redução e promove a oxidação da outra espécie é chamada de agente oxidante;
- ✓ As reações oxirredução constituem a base da eletroquímica estando presente em diversos dispositivos, equipamentos ou processos (tecnologias), estando também relacionados a processos biológicos (fotossíntese ou respiração celular).

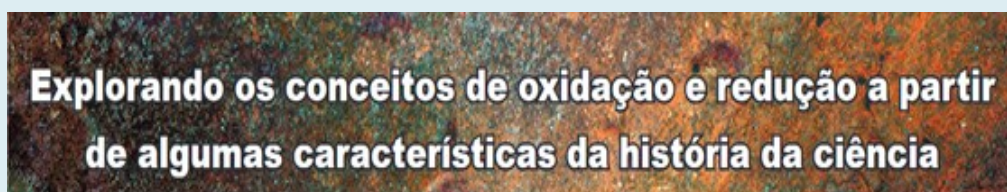
### 4.1.3. SUGESTÃO AO PROFESSOR: ESTADO DE OXIDAÇÃO

Caro colega,

Seguem algumas sugestões, que podem contribuir na prática pedagógica e na abordagem do conteúdo Estado de oxidação.

**Artigo:** Explorando os conceitos de oxidação e redução a partir de algumas características da história da ciência: Revista Química Nova na Escola

Artigo publicado na revista Química Nova explora a oxidação e redução a partir da história da ciência de Camila R. Dias de Oliva, Amary C. Ferreira, Simone F. B. Tófani e Fernando C. Silva publicado em 2020;



**Experimento:** Reação entre zinco e ácido clorídrico

- Experimento que envolve a reação de oxidação e redução entre o metal zinco com ácido clorídrico e contém questões aos alunos

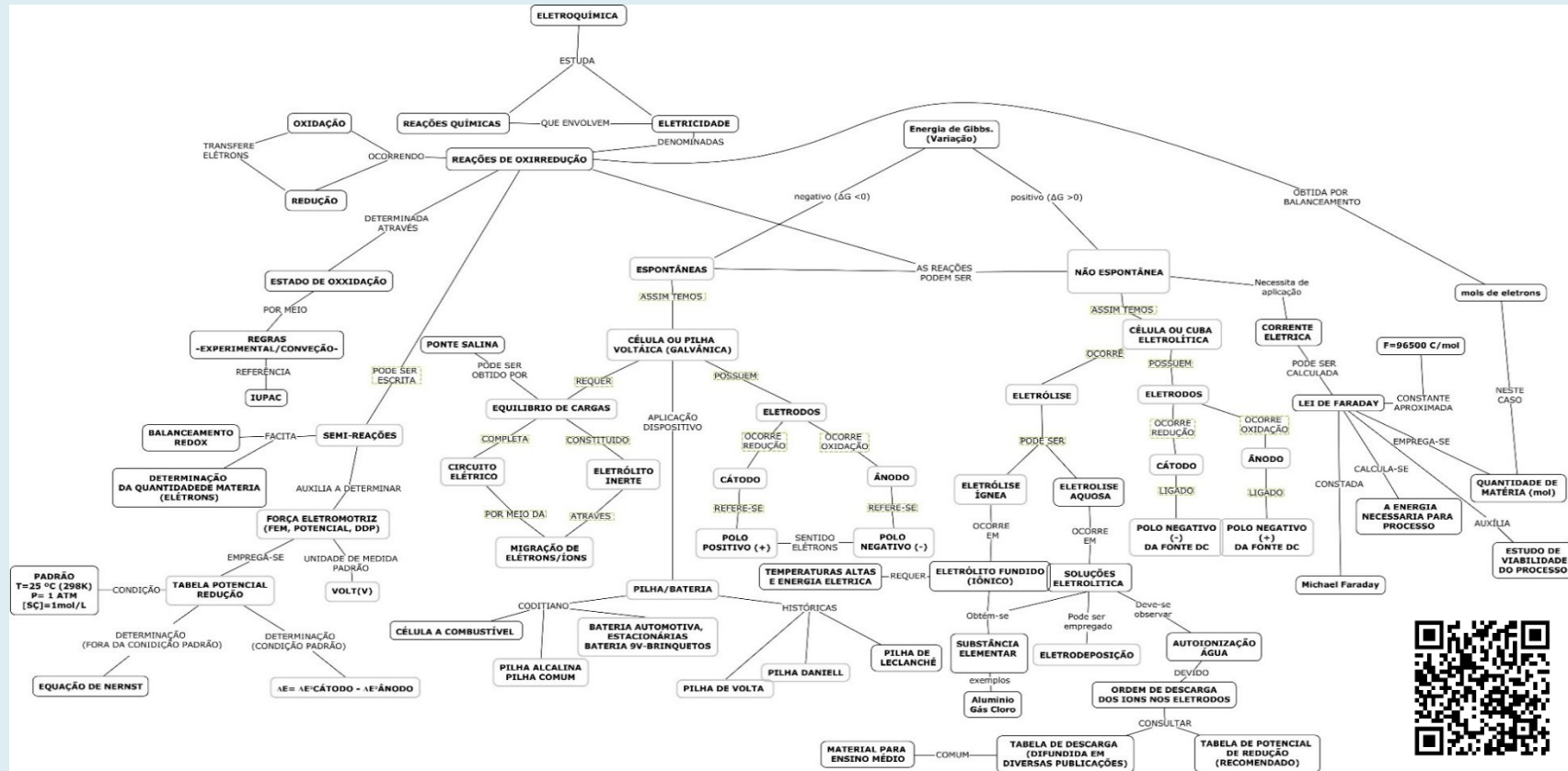


# ELETRQUÍMICA

## 4.2. ELETRQUÍMICA-PILHAS/BATERIAS E ELETRÓLISE

### 4.2.1. UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL

Figura 11-Mapa conceitual -Eletroquímica (células galvânicas e eletrolítica).



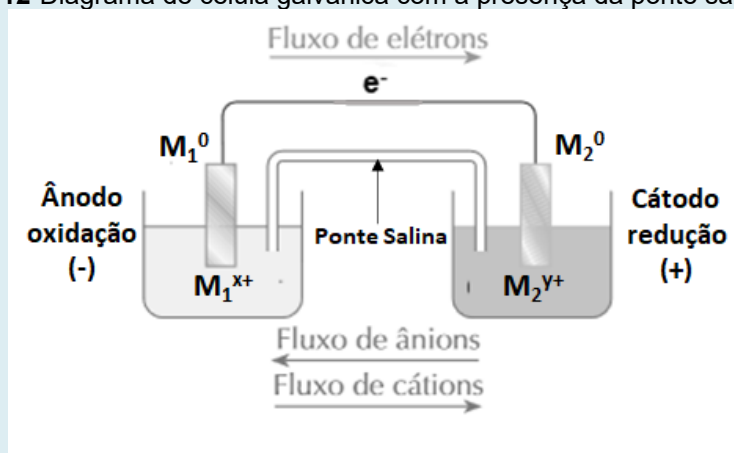
Fonte: Os Autores (2022)

Acesso on-line do mapa conceitual: <https://cmaphcloud.ihmc.us/viewer/cmap/1YFQDGM84-1PF23KG-8GR>

#### 4.2.2. PONTOS IMPORTANTES: CÉLULAS GALVÂNICAS

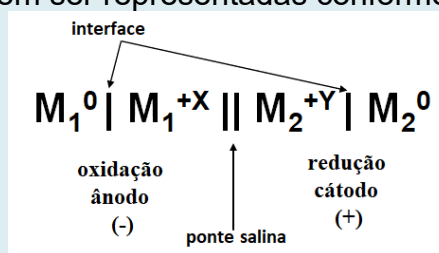
- Nas células galvânicas ocorrem reações de oxirredução espontâneas;
- No ânodo ocorre a semirreação de oxidação correspondendo ao polo negativo (-) da célula galvânica, já no cátodo ocorre a semirreação de redução correspondendo ao polo positivo (+), veja o diagrama, no quadro 5.
- O sentido do fluxo dos elétrons parte do polo negativo (ânodo) para o polo positivo (cátodo), a relação deste movimento ordenado de elétrons em função do tempo refere-se a corrente elétrica (i). Relembrando  $i=Q/t$ . e  $Q=n \cdot e^- \cdot 1,6 \times 10^{-19} C$ ;
- A ponte salina proporciona o equilíbrio de cargas através da movimentação dos íons (cátions e ânions) das soluções dos eletrodos, destaca-se que a ponte não transporta os elétrons, com indicado na figura 12.

**Figura 12**-Diagrama de célula galvânica com a presença da ponte salina



Fonte: PERRUZO e CANTO (2006 p.96) -Adaptação

- As células galvânicas podem ser representadas conforme as regras da IUPAC



- Para o cálculo do potencial da célula galvânica, pode-se utilizar os potenciais de redução das reações que ocorrem no ânodo e no cátodo da célula eletroquímica, a partir da tabela de potencial de redução padrão. As condições definidas como padrão para medição do potencial de redução, referem-se às medidas obtidas em soluções contendo os íons na concentração de 1mol/L, a 25°C e 1 bar.

$$\Delta E^0 = E_{\text{cátodo}}^0 - E_{\text{ânodo}}^0$$

- Para o cálculo do potencial da célula galvânica em situações diferente das condições padrão de concentração, pressão e temperatura, utilizamos a equação de Nernst, sendo esta equação a base para desenvolvimento de equipamentos empregados em eletroanalítica, dentre eles os pHmetros.

$$E = E^0 - \frac{RT \ln Q}{nF}$$

- As pilhas e baterias comerciais atuais derivam da evolução das pilhas de Volta, Daniell e Leclanché, mas o princípio geral segue a mesma base.

### 4.2.3. SUGESTÃO AO PROFESSOR: CÉLULAS GALVÂNICAS

Caro Colega,

Segue algumas sugestões que podem contribuir na prática pedagógica e na abordagem do conteúdo de eletroquímica (pilhas e baterias)

**Artigo:** Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio: Revista Química Nova na Escola

Artigo publicado na revista Química Nova na Escola apresenta uma proposta experimental objetivando a aprendizagem de eletroquímica de Bruno P. Diniz, Alice S. Alves, Leandro C. Lemes, Luís Antônio da Silva e Valéria A. Alves publicada em 2020.



**Experimentação no ensino de células galvânicas para o Ensino Médio**



**Experimento:** Pilha de Daniell - Pilha simples

- Experimento que envolve a montagem da pilha de Daniell.



**ATIVIDADE EXPERIMENTAL**  
PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

**Experimento: Pilha de Daniell/Pilha Simples**



**Experimento:** Condutividade elétrica

- Experimento que envolve a observação da condutividade elétrica



**ATIVIDADE EXPERIMENTAL**  
PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

**Experimento: Condutividade elétrica**



**Experimentos em vídeo :SBQ-Química Nova Interativa**

Na página da Sociedade Brasileira de Química, seção química interativa, sala de aula, temos a publicação sobre Pilhas e Baterias que apresenta diversas sugestões em vídeo de montagem experimental de pilhas, sob a edição de Leila Cardoso Teruya e coordenação de Guilherme Andrade Marson.



JBCS QN QNEsc QNInt RVq BE QuD+ EdtSBQ

Digite aqui

Pesquisar

✓ JBCS ✓ QN ✓ QNEsc ✓ QNInt ✓ RVq  Por relevância  Por mais recentes

Cadastre-se

Login



Química Nova Interativa

Apoio

Você está em: Home: Salas de Aula: Pilhas e Baterias

pesquisar...



#### 4.2.4. PONTOS IMPORTANTES: CÉLULAS ELETROLÍTICAS

- Nas células eletrolíticas ocorrem reações de oxirredução por meio da aplicação de uma corrente elétrica.
- No ânodo ocorre a semirreação de oxidação, já no cátodo ocorre a semirreação de redução, sendo necessário para reação uma fonte de energia externa.
- No processo de descarga dos íons nos eletrodos na eletrólise aquosa ocorre “certa” competição, visto a presença de pelo menos dois cátions e/ou ânions. Para verificar qual dos cátions e ânions será preferencial, no início, comparar os potenciais padrão de redução e oxidação. Porém é comum empregar as tabelas de ordem de descarga, presentes em diversos materiais consultados, mas recomenda-se analisar os potenciais padrão e situações da eletrólise, como a autoionização da água;
- Como nas células galvânicas, as células as eletrolíticas também devem ser balanceadas (balanceamento de oxirredução), tanto em relação aos átomos, elétrons e cargas, sendo sugerido o balanceamento por semirreação. Vale reforçar que, na eletrólise aquosa, deve-se estar atento a equação de dissociação do eletrólito e da autoionização da água.
- Ao realizar o cálculo do potencial da célula eletrolítica o resultado será negativo ( $\Delta E < 0$ ), como esperado para uma reação que ocorre pela aplicação de uma corrente elétrica, ao contrário das células galvânicas.
- Para que a reação possa ocorrer, a tensão aplicada nos terminais dos eletrodos por meio da fonte de energia externa deverá ser superior ao valor do potencial obtido pelo cálculo de  $\Delta E^\circ$ .
- As leis de Faraday relacionam a corrente elétrica com a constante de Avogadro e assim com a quantidade de matéria sendo indispensáveis para o emprego do processo de eletrólise nos setores produtivos, pois nos permite estimar o consumo de energia elétrica, o tempo necessário para o processo ocorrer e a quantidade de material a ser obtido ou utilizado, dados indispensáveis na análise da viabilidade de um processo de eletrólise em larga escala e para a reflexão sobre a sustentabilidade nos processos de produção.

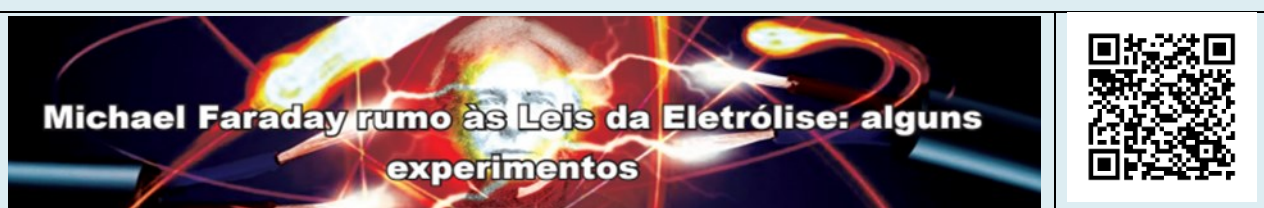
## SUGESTÕES AO PROFESSOR: CÉLULAS ELETROLÍTICAS

Caro colega,

Segue algumas sugestões, que podem contribuir na prática pedagógica e na abordagem do conteúdo de eletroquímica (eletrólise)

**Artigo:** Michael Faraday rumo as leis da Eletrólise: alguns experimentos: Revista Química Nova na Escola.

Artigo publicado na revista Química Nova na Escola apresenta as contribuições de Michael Faraday a eletrólise de Mateus Carneiro Guimarães dos Santos, Paulo Alves Porto e Neide Maria Michellan Kiouranis publicado em 2020.



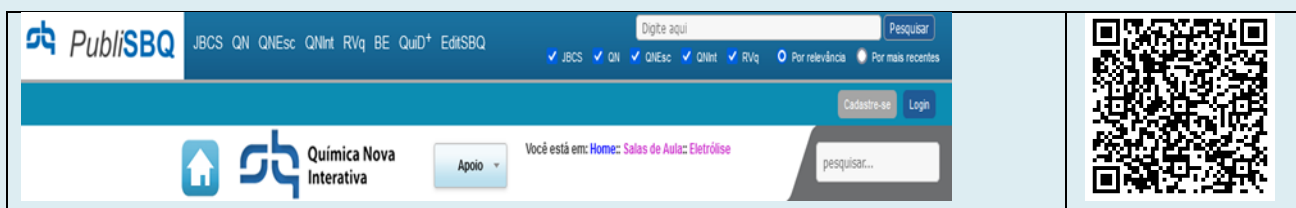
**Experimento:** Revestimento de moeda/chave

- Experimento envolve o revestimento de objeto através do processo de eletrólise



**Experimentos em vídeo:** SBQ-Química Nova Interativa

- Na página abaixo da Sociedade Brasileira de Química, na seção química interativa, sala de aula, temos a publicação sobre eletrólise que apresenta diversas sugestões em vídeo de atividades experimentais, sob a edição de Artur Guazzelli Leme Silva, e Leila Cardoso Teruya, e coordenação de Guilherme Andrade Marson

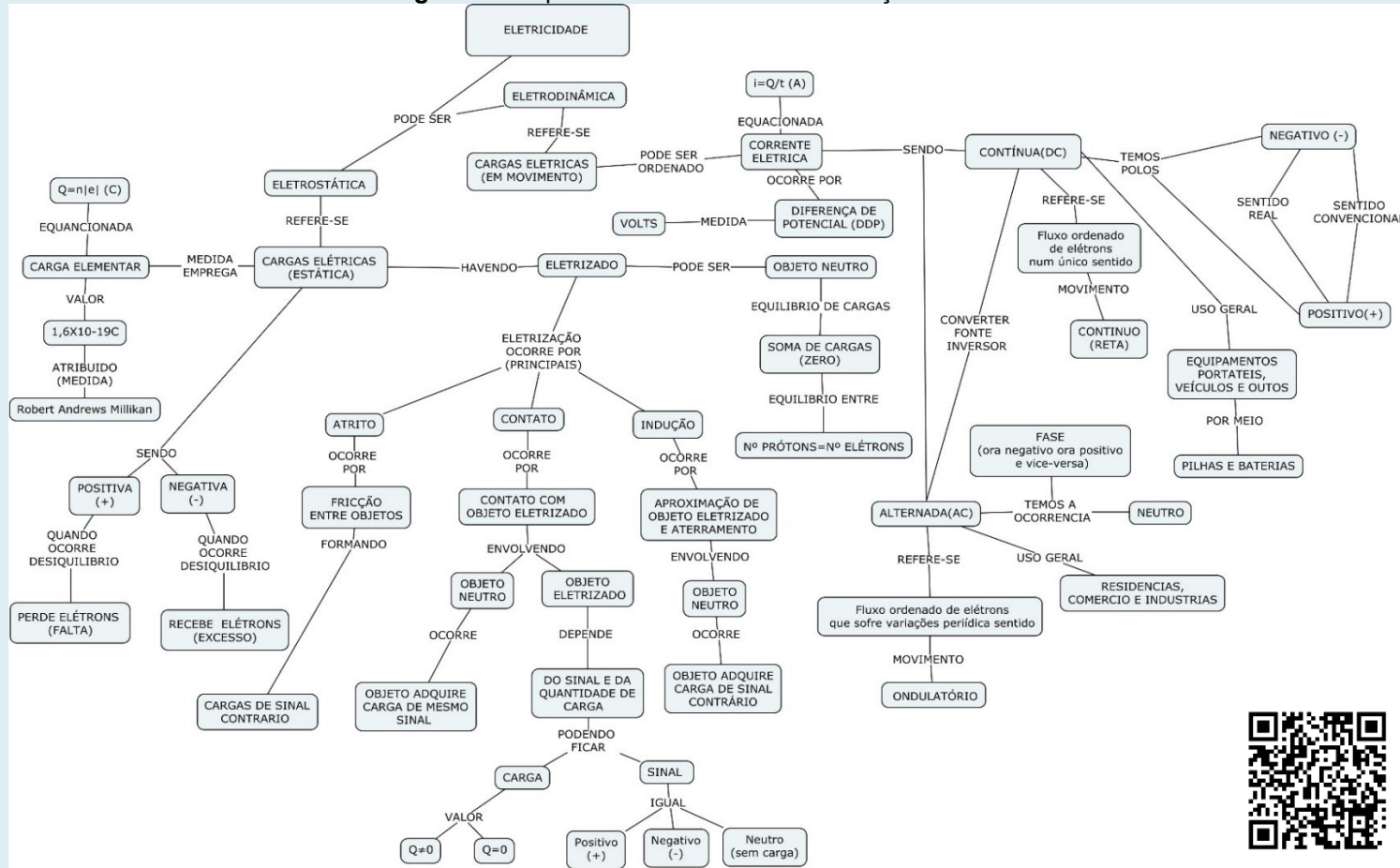


# ELETRICIDADE

## 4.3. ELETRICIDADE (NOÇÕES DE ELETRICIDADE)

### 4.3.1. UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL:

Figura 13-Mapa conceitual -Eletricidade: noções básicas



Fonte: Os Autores

Acesso on-line do mapa conceitual: <https://cmapscloud.ihmc.us/viewer/cmap/1YFPN59H9-5ZM2Z0-1KY>

#### 4.3.2. PONTOS IMPORTANTES: NOÇÕES DE ELETRICIDADE

- A questão da eletricidade instiga a curiosidade humana desde a antiguidade com primeiros relatos de Platão;
- A partir de diversas pesquisas realizadas deste século XVI, compreendemos melhor a natureza elétrica da matéria, deste do processo de eletrização a presença de cargas elétricas no modelo atômico, com a proposta de Thomson, proporcionando diversos avanços tanto tecnológico consequentemente melhorando a qualidade de vida.
- Na eletricidade estática, os elétrons são transferidos de um objeto a outro, gerando as cargas negativas e positivas. A eletrização dos objetos é obtida através do processo de atrito, de contato e da indução. Lembrete: Na formação dos cátions e ânions observamos a transferência dos elétrons.
- A carga elétrica total pode ser medida através da equação  $Q = n |e|$ , onde a carga elementar (carga do elétron) corresponde a  $1,6 \times 10^{-19}C$ .
- Na eletricidade dinâmica, a corrente elétrica corresponde aos elétrons em movimento ordenado devida à diferença de potencial elétrico conhecida como ddp ou tensão.
- A corrente elétrica apresenta-se de duas formas, devido a sua origem, como a contínua (DC) ou a alternada (AC) sendo mensurada em Ampere (A).
- A corrente contínua (DC) está relacionada a energia elétrica obtida através das reações de oxirredução espontâneas que ocorre nos dispositivos (pilhas e baterias), apresentando polo negativo e positivo com um fluxo de carga contínua.
- A corrente alternada (AC), obtida por gerador eletromagnético, corresponde a um fluxo de carga ondulatório com frequência padrão no Brasil de 60Hz, variando sua tensão nominal por exemplo de 110V a 220V, sendo esta fornecida pelas concessionárias de energia elétrica a sociedade;
- Utilizamos as fontes AC/DC para converter a corrente elétrica alternada para contínua para recarregarmos as pilhas e baterias recarregáveis empregadas nos “celulares” e veículos;
- Destaca-se com o emprego da energia fotovoltaica (energia solar) temos o processo de converter a corrente contínua em alternada através do equipamento denominado inversor, que pode estar ligado a um conjunto de baterias estacionária (DC).



### 4.3.3. SUGESTÕES AO PROFESSOR: NOÇÕES DE ELETRICIDADE

Caro Colega,

Segue algumas sugestões, que podem contribuir na prática pedagógica e na abordagem das noções de eletricidade (eletrostática e corrente elétrica).

**Artigo:** Eletricidade e a Química: Revista Química Nova na Escola.

- Artigo publicado na revista Química Nova na Escola apresenta relações entre a eletricidade e a química de Maria da Conceição Marinho Oki publicado em 2000

	
--	---

**Artigo:** Explorando a existência de cargas elétricas na Matéria. Revista Química Nova na Escola

- Artigo publicado na revista Química Nova na Escola relata abordagem de questão da eletricidade no ensino de química de Eva Teresinha de Oliveira Boff e Marli Dallagnol Frison publicado em 1996.

	
--	---

**Experimento:** Eletroscópio

- Experimento envolve o estudo da eletrização

	
--	---

**Experimento:** Atração

- Experimento envolve o estudo dos processos de eletrização

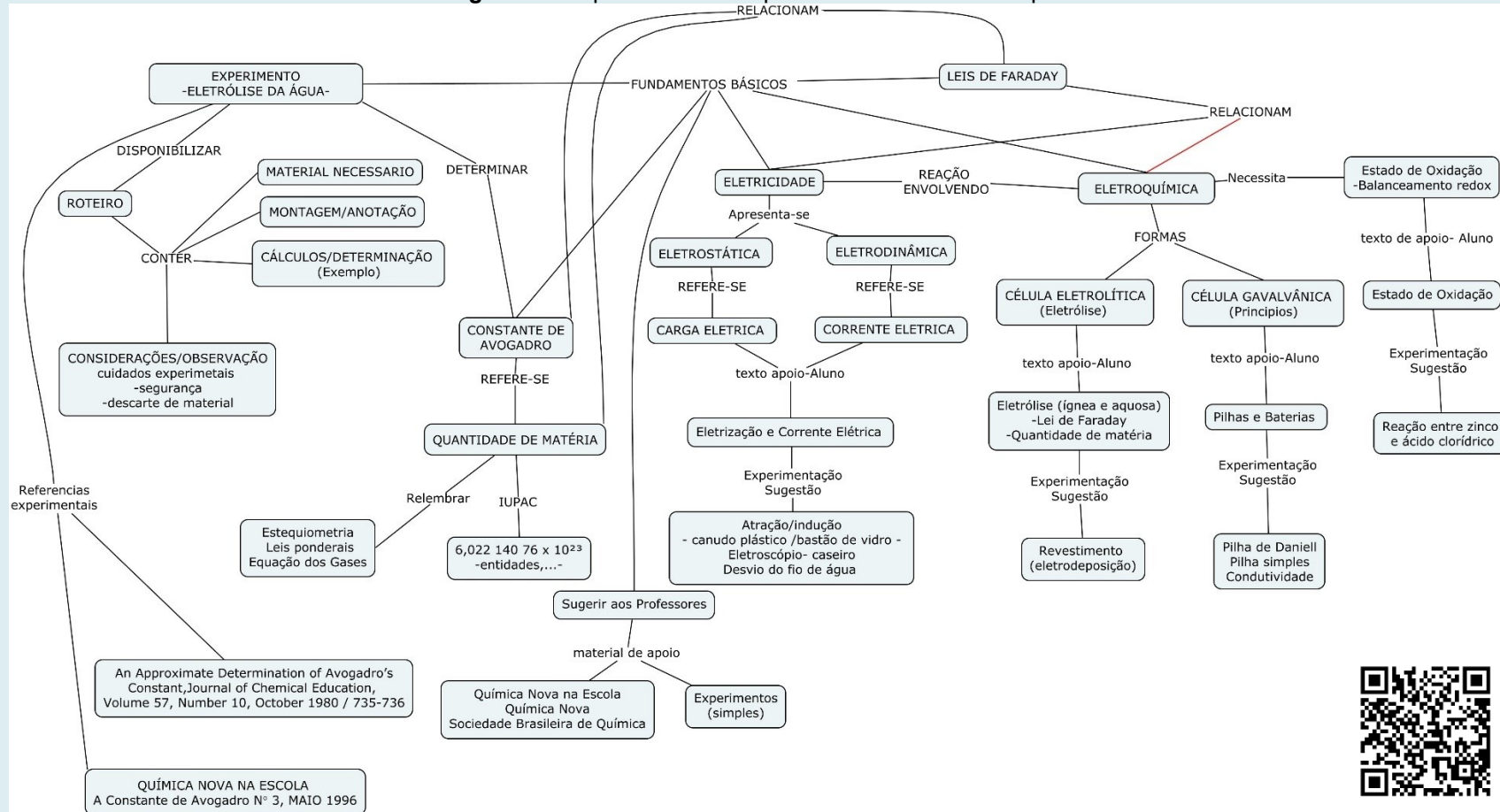
	
--	---

# ELETRÓLISE DA ÁGUA E CONSTANTE DE AVOGADRO

## 4.4. ELETRÓLISE DA ÁGUA E CONSTANTE DE AVOGADRO

### 4.4.1. UMA PROPOSTA DE MAPA CONCEITUAL

Figura 14-Mapa conceitual experimento e material de apoio



Fonte: Os Autores (2022)

Acesso on-line do mapa conceitual <https://cmapscloud.ihmc.us/viewer/cmap/1XXXGXJ38-10CS4X6-1CY>

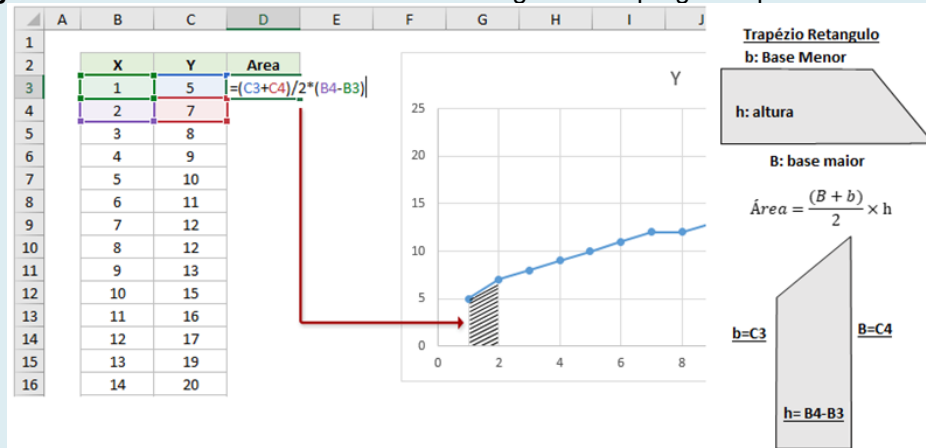
## 5. EMPREGO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS: SUGESTÃO

Caro professor,

Como destacado a determinação da carga elétrica total influencia o resultado do valor numérico da constante de Avogadro. Em nosso exemplo empregamos uma técnica manual, o cálculo a partir da área abaixo da linha do gráfico construído no papel milimetrado, conforme a disponibilidade de recursos tecnológico e conhecimento no emprego deste pode-se obter resultados mais próximos do valor real, mas ainda dentro da faixa de erro (5 a 10%) esperado pelas condições e objetivo do experimento. Apresentaremos uma visão geral com base nos dados experimentais no [Quadro 4](#).

**a- Utilização da planilha eletrônica**, como, por exemplo, o Excel da Microsoft ou Calc da LibreOffice, de fácil acesso ao estudante no ensino médio. Neste caso construímos o gráfico corrente elétrica por tempo e calculamos a área abaixo do gráfico, visto que o cálculo de área ( $A = a \times b$ ) equivale numericamente ao cálculo da carga elétrica ( $Q = i \times t$ ). Logo empregamos a divisão de gráfico em áreas de trapézios, determinamos cada intervalo de área e somamos, obtendo o resultado equivalente. Assim aplicando a equação de área do trapézio teremos a cada dois pontos, em nosso caso, a equação  $(\text{corrente A} + \text{corrente B} / 2) \times (\text{tempo B} - \text{tempo A})$ , como exemplificado na fórmula, destacada na Figura 15.

**Figura 15**-Cálculo de área abaixo da linha do gráfico empregando planilha eletrônica.

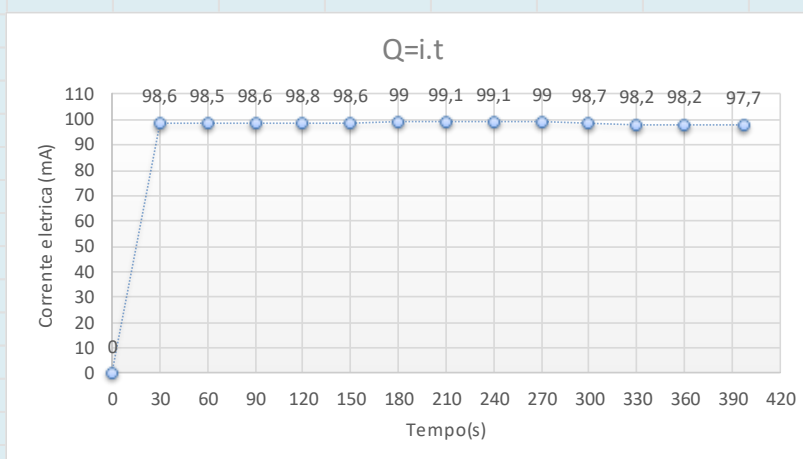


Fonte: Os Autores (2022)

Gerando o gráfico e aplicando a equação proposta obtemos a área que corresponde a carga elétrica total, conforme a Figura 16.

Figura 16 -Dados obtido a partir da planilha eletrônica

Dados do Experimento		
t(s)	I(mA)	Área do Gráfico
0	0	1,48
30	98,6	2,96
60	98,5	2,96
90	98,6	2,96
120	98,8	2,96
150	98,6	2,96
180	99	2,97
210	99,1	2,97
240	99,1	2,97
270	99	2,97
300	98,7	2,95
330	98,2	2,95
360	98,2	3,62
397	97,7	
		<b>37,6832</b>



Obs.: Ajusta a equação para converter a unidade de corrente elétrica de mA para A. Portanto  $A = 37,6832$  , logo Carga elétrica= 37,6832 C

Fonte: Os autores (2022)

Neste caso partindo dos demais dados calculados durante a exemplificação, obteremos:

$$Q = ne^- \cdot |e|$$

$$ne^- = 37,6832 \text{ C} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} = 2,3551 \times 10^{20} \text{ elétrons.}$$

$$N_A = ne^- / N_{e^-}$$

$$N_A = 2,3552 \times 10^{20} \text{ elétrons} / 4,098 \times 10^{-4} \text{ mol de elétrons.}$$

Portando  $N_A = 5,74 \times 10^{-23}$ , aproximou-se um pouco mais do valor atual em relação aos cálculos que empregaram o papel milimetrado, havendo erro na faixa de  $\approx 4,7\%$ .

**b- Utilização da média**, poderá ser calculada com emprego de uma planilha eletrônica, de uma calculadora ou manualmente. Neste caso, inicie a partir da primeira medição, na Figura 17 apresenta-se o cálculo da média da corrente elétrica.

Figura 17- Cálculo de média da corrente elétrica

Anotações do Experimento		
Data:	10/01/2022	
Exp. Nº	1	
t(mim)	t(s)	I(mA)
0	0	-
1	60	98,5
2	120	98,8
3	180	99,0
4	240	99,1
5	300	98,7
6	360	98,2
Término	397	98,1
	<b>Média</b>	<b>98,6</b>

Fonte: Autor (modelo 01)  
 T(°C) ambiente = 23°C  
 P(hPA) ambiente = 1009 hPa  
 Fonte DC = 12V  
 Solução NaOH = 0,25 mol/L ( 10g/L)  
 Multimetro digital : ET1000 (Minipa)

$$\text{Média} = \frac{98,5+98,8+99,0+99,1+98,7+98,2+98,1}{7}$$

$$\text{Média} = \frac{690,4}{7} = 98,62857143 \approx 98,6 \text{ mA ou } 0,986 \text{ A}$$

Fonte: Os autores (2022)

Nesta situação, partindo dos demais dados calculados durante a exemplificação, obteremos:

$$Q = i \cdot t$$

$$Q = 0,0986 \text{ A} \cdot 397\text{s} = 39,1442 \text{ A} \approx 39,14 \text{ A}$$

$$Q = ne^- \cdot |e|$$

$$ne^- = 39,14 \text{ C} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} = 2,4462 \times 10^{20} \text{ elétrons.}$$

$$N_A = ne^- / N_{e^-}$$

$$N_A = 2,4462 \times 10^{20} \text{ elétrons} / 4,098 \times 10^{-4} \text{ mol de elétrons}$$

Portando  $N_A = 5,97 \times 10^{23}$ , aproximou-se um pouco mais do valor atual em relação aos cálculos que empregaram a planilha eletrônica ou o papel milimetrado havendo erro na faixa de  $\approx 0,9 \%$ .

**c- Utilização do aplicativo matemático (Origin)**, um aplicativo matemático que emprega a integral, neste caso, o estudante deve compreender conceito de integral. Insira os dados coletados na planilha, sendo X para tempo e Y para corrente elétrica, em seguida aplique o ajuste de unidade na corrente elétrica, conforme a Figura 18.

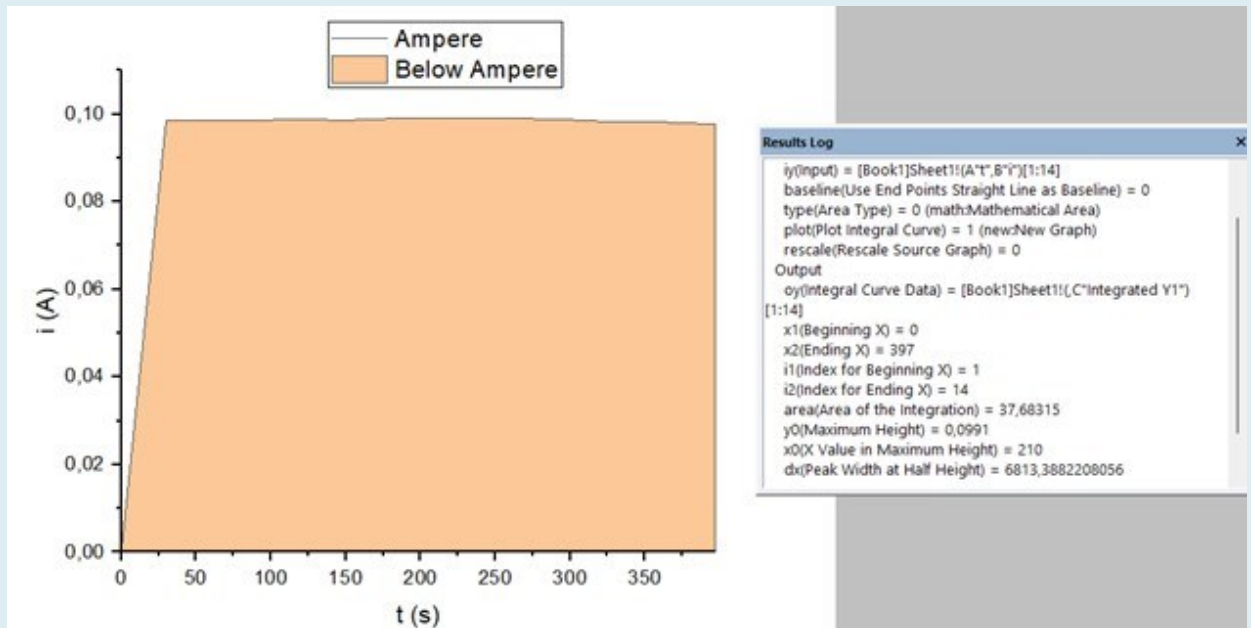
**Figura 18-Dados do experimento no app Origin.**

Anotações do Experimento			A(X)	B(Y)
Data:	10/01/2022		Long Name	t
Exp. Nº	1		Units	s
t(mim)	t(s)	I(mA)	Comments	segundo
0	0	-		Ampere
0,5	30	98,6	F(x)=	B/1000
1	60	98,5	1	0
1,5	90	98,6	2	30
2	120	98,6	3	60
2,5	150	98,6	4	90
3	180	99	5	120
3,5	210	99,1	6	150
4	240	99,1	7	180
4,5	270	99	8	210
5	300	98,7	9	240
5,5	330	98,2	10	270
6	360	98,2	11	300
	390	97,7	12	330
Término	397	98,1	13	360
			14	397
			15	
	<b>Média</b>	<b>98,6</b>		

Fonte: Os autores

Em seguida gere o gráfico e aplique a função análise no modo integral, sendo obtido a área = 37.6831 que corresponde 37.6831C, na Figura 19.

Figura 19-Dados do experimento - gráfico e app no Origin



Fonte: Os autores (2022)

Com este valor de carga elétrica e carga elementar obtemos: Com o valor da carga, podemos obter através por meio da equação de carga elétrica o número de elétrons.

$$Q = ne^- \cdot |e|$$

$$ne^- = 37,6831 \text{ C} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} = 2,3551 \times 10^{20} \text{ elétrons.}$$

Aplicando a equação

$$N_A = ne^- / N_{e^-}$$

$$N_A = 2,3552 \times 10^{20} \text{ elétrons} / 4,098 \times 10^{-4} \text{ mols de elétrons}$$

$N_A = 5,74 \times 10^{-23}$ , aproximou-se um pouco mais do valor atual em relação aos cálculos que empregaram o papel milimetrado, havendo erro na faixa de  $\approx 4,7\%$ .

Comparando os resultados obtidos nas diversas formas de calcular a carga elétrica total envolvida na eletrólise, observa-se valores próximos e dentro da faixa de erro considerada, porém insistimos que os cuidados durante o experimento e suas anotações são fundamentos para obtenção de resultados confiáveis.

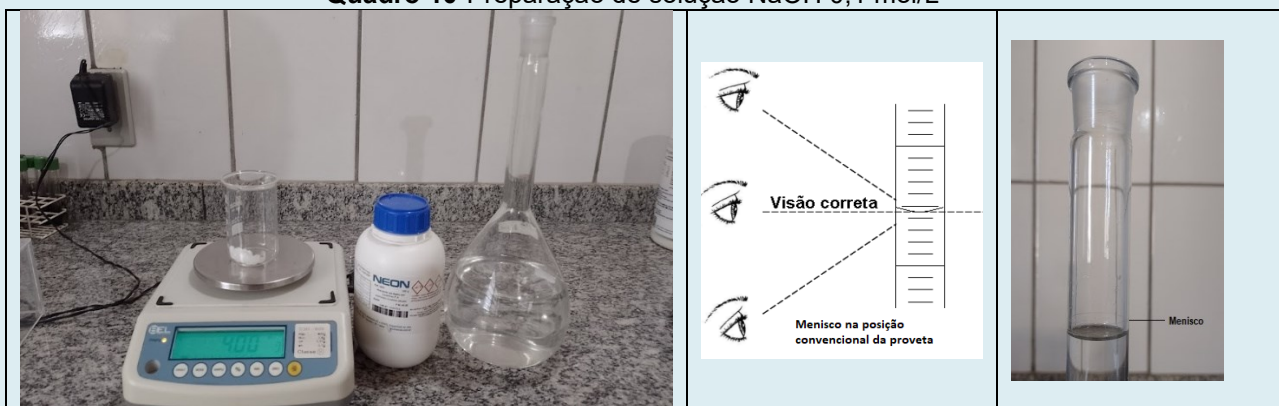
## 6. RECOMENDAÇÕES E CUIDADOS COM O EXPERIMENTO.

Esta seção, o professor visa reforçar os cuidados com o preparo e execução do experimento, sendo recomendado alguns cuidados tanto na montagem quanto no desenvolvimento e descarte de materiais.

Para montagem do sistema:

A solução eletrolítica emprega hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, caso necessite preparar, pese 4 gramas de NaOH padrão analítico (PA), em balança de precisão ou semi-analítica e adicione um béquer de 300mL com aproximadamente 100mL de água destilada para dissolução, logo repassar a um balão volumétrico de 1000 mL e completar o volume. Observe adequadamente o menisco, conforme o Quadro 10. Para nosso emprego não se exige a padronização da solução.

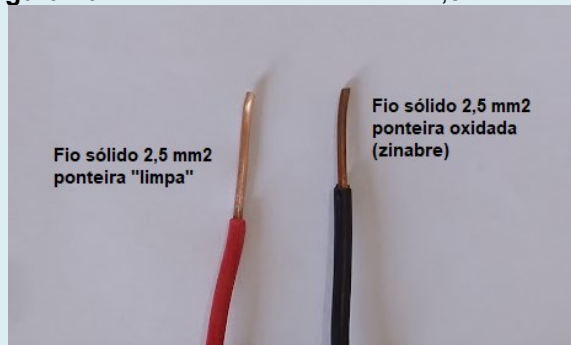
**Quadro 10**-Preparação de solução NaOH 0,1 mol/L



Fonte: Os autores (2022)

Para o eletrodo, recomenda-se utilizar o fio sólido ao invés do cabo flex. de cobre na espessura de 1,5 mm<sup>2</sup> ou 2,5 mm<sup>2</sup> (recomendado), visto a maior facilidade de manipulação. Desencapar nas extremidades cerca de 1,0 cm e esteja atento a limpeza delas, podendo ocorrer a formação do zinabre, conforme Figura 20.

**Figura 20**-Ponteira dos fios de cobre 2,5mm<sup>2</sup> sólido-



Fonte: Os autores (2022)

Reforçando os cuidados com o preenchimento dos eletrodos, como mencionado é uma etapa crítica na montagem do aparato experimental. Ao preencher a proveta ou tubos

de ensaio de 50mL graduados para montar os eletrodos, fique atento a formação de bolhas de ar, visto sua interferência no resultado. Após a proveta estar preenchida com a solução eletrolítica (NaOH 0,1mol/L), e isenta de bolhas de ar e vedada com o filme plástico a partir do bico de escoamento. Mergulhe-a com cuidado no recipiente com a solução eletrolítica e agite vagarosamente até o filme plástico se soltar da proveta, em seguida mova a proveta até o fio do eletrodo e fixe-os no recipiente conforme apresentado na [Quadro 1](#).Obs. Não esqueça de utilizar os EPIs (Luva e óculos de segurança);

Mantenha as provetas que compõem o conjunto dos eletrodos nivelado, pois facilita a leitura do menisco, como detalhado na [Figura 3](#), utilize para fixar e nivelar os bastões de vidro ou as pipetas volumétricas graduadas de 1mL.

#### **Detalhes importantes:**

Para obter maior precisão realize marcações na proveta empregando uma pipeta volumétrica graduada de 5mL. Adicione uma alíquota de 5mL de água na proveta com auxílio de Pipetador Pêra ou Pipetador Pi-pump e marque com caneta tipo marcador permanente a referência, conforme Figura 21.

**Figura 21-** Pipetas e Pipetador (tipos).



Fonte: Os autores (2022)

Em relação ao multímetro, empregamos o tipo digital, visto a facilidade na leitura contribuindo no processo de anotações do experimento.

Verifique se as pilhas ou baterias do multímetro empregado estejam confiáveis, com “carga”, na dúvida realize a troca, visto que o tempo de duração do experimento pode variar entre 15 e 30 minutos.

Certifique-se que os contatos das ligações elétricas dos eletrodos com o multímetro estejam presos e firme, reduzindo a interferência por mau contato, caso possível utilize garras tipo jacaré, conforme Figura 22.

**Figura 22-**Multímetro e material de conexão



Fonte: Os autores (2022)

Recomenda-se realizar uma aula previa com os estudantes, caso deseje que eles executem a montagem do aparato experimental, visto os diversos pontos elencados como críticos do experimento.

### **Limpeza**

Para a limpeza dos materiais utilizados e vidrarias realize o enxague; lavagem com água e detergente, por fim finalize enxaguando com água destilada ou deionizada. Obs. Considerando o emprego do ácido ou base diluído  $<0,1\text{mol/L}$

### **Descarte**

No caso, da solução de hidróxido de sódio neutralizar com um ácido fraco ou diluído (ácido acético, por ex.). Acertar o pH entre 5,0 e 8,0 (verificar com papel indicador), descartar na pia sob água corrente;

Os cabos ou fios de cobre, indicamos encaminhar a reciclagem. Evite descartar no lixo comum.

Os pontos destacados objetivam assegurar as condições adequadas para a reprodução do experimento, bem como a segurança coletiva e pessoal durante o processo.

# ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADRO: ESTUDANTES



## EBOOK- ESTUDANTES

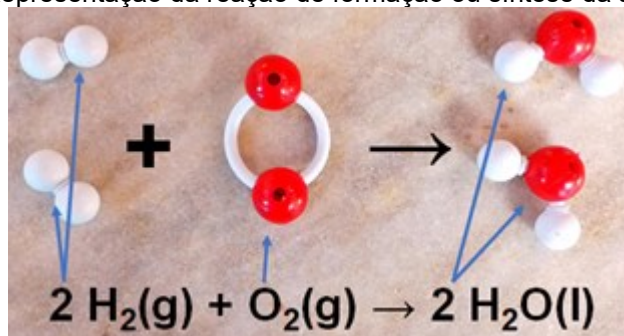
### 1. EXPERIMENTO DE ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADRO AOS ESTUDANTES

Caro Estudante.

Ao observarmos, o mundo ao redor, logo surge indagações sobre sua composição, assim pensamentos sobre a matéria. Recordamos que matéria ou de modo mais concreto, os materiais, são formados por átomos. Esses átomos formam as diversas substâncias que constituem o todo, desde um grão de areia a uma estrela como nosso sol, enfim o universo.

Como os átomos constituem a matéria, como seria a constituição da água, substância essencial para existência dos seres vivos, incluindo nós, os seres humanos que apresentam mais 60% de água em nosso organismo. Na figura 1, representamos a reação de formação da água e representamos das moléculas das substâncias envolvidas. Nesta representação utiliza-se esferas brancas para os átomos de hidrogênio e já esferas vermelhas para os átomos de oxigênio. Relembramos que a reação envolve duas moléculas de gás hidrogênio ( $H_2$ ) reagindo com uma molécula de gás oxigênio ( $O_2$ ) resultando em duas moléculas de água ( $H_2O$ ) no estado líquido.

**Figura 1** -Representação da reação de formação ou síntese da água.



Fonte: Os autores (2022)



Observando a reação de síntese da água, os átomos das moléculas do gás hidrogênio e do gás oxigênio são recombinados (reorganizados) formando as moléculas de água, porém a quantidade de cada átomo envolvido neste processo não é alterada ou os átomos que reagiram são reorganizados gerando outras substâncias podendo durante reação processo liberar ou absorve energia, mas os átomos permanecem os mesmos, apenas se reorganização em novos arranjos.

Por isso, a soma da massa dos reagentes é igual a massa dos produtos, a Lei da conservação das massas observada e estudada por Lavoisier. Ainda observamos relações de proporção entre as quantidades das moléculas, por exemplo, gerar 2 moléculas de água necessitamos de 1 moléculas de gás oxigênio, uma relação de 2:1 seja, para cada 2 moléculas preciso de 1 molécula, a lei das proporções estabelecida por Proust, para recordar acesse [questões básicas](#) da química.

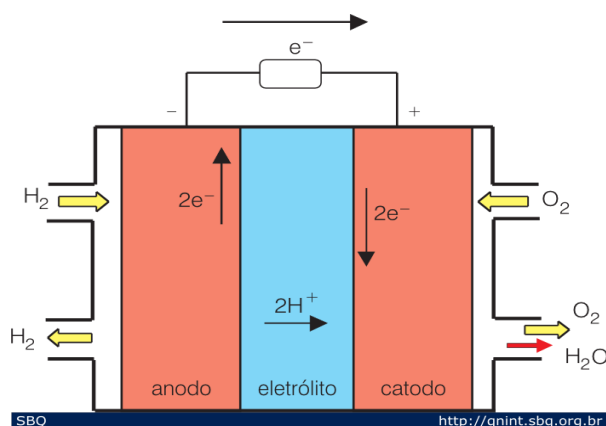
Estas relações quando foram observadas, estudadas e certificadas por experimentos, impulsionaram a passagem da química de arte (curiosidade) para a ciência atual (conhecimento científico), assim a química permeia pela experimentação (a observação do fenômeno), pela sua representação e pela explicação do ocorrido, tanto no visível (o fenômeno) quanto o invisível (comportamento dos átomos, moléculas...).

Como apresentado a água é essencial, mas a reação também é importante, pois o estudo das reações associados há outros conhecimentos estão possibilitando avanços tecnológicos com impactos positivos, tanto em nossa qualidade de vida quanto ao meio ambiente como por exemplo as células à combustível. Essas células são dispositivos de eletroquímicos que podem ajudar a reduzir as emissões de poluentes na atmosfera sendo empregadas no desenvolvimento de veículos elétricos e híbridos como fonte de energia elétrica, estes veículos gradativamente estão “ganhando” espaço a cada dia apesar das dificuldades relacionadas como o custo para o consumidor final, a autonomia, segurança e outras, porém importante do ponto de vista da sustentabilidade.

Dentre as células à combustível, destaca-se as células de hidrogênio que emprega no processo a reação de síntese da água, como apresentado no diagrama apresentado na figura 2, observamos a geração de eletricidade (corrente elétrica), assim temos a entrada e a saída de gás hidrogênio e de gás oxigênio no sistema, porém parte destes gases reagem gerando água. Recordamos que nas células a combustível ocorrem o processo de oxidação no ânodo e o processo de redução no cátodo, estes ocorrendo ao mesmo tempo, havendo um fluxo de elétrons do ânodo para cátodo, convencionalmente do polo negativo para o positivo, conforme os temas **ESTADO DE OXIDAÇÃO** e a **ELETROQUÍMICA**.



**Figura 2**-Células à combustível (gás Hidrogênio)



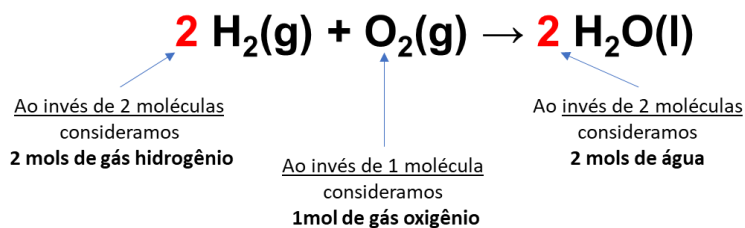
Fonte:

SBQ:[http://qnint.sbq.org.br/novo/index.php?hash=conceito.32\(2022\)](http://qnint.sbq.org.br/novo/index.php?hash=conceito.32(2022))

Mas para o empregar a reação de síntese da água no processo de funcionamento da célula à combustível, não “pensamos” em quantidade de moléculas da reação, pois não obteríamos a quantidade necessária de elétrons para que fluxo de elétrons fosse viável possibilitando seu emprego.

No entanto, o coeficiente de componente da reação química pode ser utilizado em função de quantidade de matéria, medida em mol ao invés de quantidade de moléculas, sendo apresentado na Figura 3 esta relação com a quantidade de matéria.

**Figura 3**-Relação entre quantidade de matéria e reação de síntese da água



Fonte: Os autores (2022)

Contudo, ao escrevermos em função de quantidade de matéria, não mais escrevemos em do número de moléculas, mas de uma quantidade “imaginável” de moléculas, representada pela medida mol. Lembrou? Não, veja o quadro **Mol e A constante de Avogadro**.

## Mol

e

### A constante de Avogadro

O mol, símbolo **mol** é a unidade de medida da quantidade de matéria, no do Sistema Internacional medidas (SI).

Uma unidade de mol contém exatamente  $6,02214076 \times 10^{23}$  entidades elementares.

Este número é o valor fixado para a [constante de Avogadro](#). Quando expresso em  $\text{mol}^{-1}$ , temos número de Avogadro ( $N_A$ )

A quantidade de matéria é representada por “n” corresponde a medida do número entidades elementares especificadas.

A entidade elementar representa a um átomo, uma molécula, um íon, um elétron, qualquer outra partícula ou grupo de partículas especificado

Fonte:

<https://goldbook.iupac.org/terms/view/M03980>



Agora, empregando a quantidade de matéria, as reações químicas aproximam-se de nossa realidade, pois pode-se relacionar a quantidade de espécies químicas (átomo, uma molécula, um íon, um elétron ou qualquer outra partícula) através da relação entre a massa e a massa molar, assim podemos presumir por meio do cálculo, por exemplo:

- a quantidade material formado ou consumido em reações químicas;
- avaliar e medir a quantidade de energia necessária ou liberado por uma reação química(termoquímica);
- avaliar e medir as reações químicas que envolvem a geração de corrente elétrica ou que necessitam da corrente elétrica para ocorrer (eletroquímica)
- analisar resultados experimentais (análises) para compreender situações específicas como a toxicidade alimentos ou a qualidade da água dentre outras.

Ao observamos no quadro 1, os valores de massa molar das substâncias envolvidas na síntese da água constamos a alteração dos valores de massa molar, mas a quantidade de moléculas não se altera para cada unidade de mol, de valor numérico de  $6,02214076 \times 10^{23}$  entidades elementares, a constante de Avogadro. Destaca-se que Avogadro propõem a hipótese que volumes iguais, de gases diferentes à mesma temperatura e pressão, possuem o mesmo número de partículas a partir seus estudos de gases. Tendo sua hipótese aceita após sua morte e os primeiros valores numéricos da constante obtidos nos anos de 1865.

### MASSA MOLAR

A **massa molar** é a massa em gramas de um mol de entidades elementares.

Sendo representada pela letra "**M**" ou as vezes "**MM**" e expressa na unidade **g/mol**.

Referindo-se a massa que contém  $6,02214076 \times 10^{23}$  entidades de determinada substância, (1 mol da substância).

Podemos relacionar diretamente como a massa da molécula, por exemplo a  $H_2O$ .

Recordando o cálculo, com base na tabela periódica, obtemos a massa do átomo (u) em seguida multiplicando pela quantidade deste presente na molécula.

$H_2O$ , apresenta 2 átomos de Hidrogênio (H) e 1 átomo de oxigênio (O)

Portanto:

$$2.H = 2 \times 1u = 2u$$

$$1.O = 1 \times O = 1 \times 16u = 16u$$

$$\text{Assim: } 2u + 16u = 18u$$

$$M. \text{ Molecular } H_2O = 18u$$

=relacionado com quantidade de matéria=

$$M. \text{ Molar } H_2O = 18g$$

ou seja, em 18g de água há  $6,02214076 \times 10^{23}$  moléculas.

Fonte: RUSSELL, John Blair; BROTTO, Maria Elizabeth (coord.), 1994.



Quadro 1- Massa molar e quantidade de moléculas.

M. Molar $H_2O = 18g$	1 mol de $H_2O = 18g$ com $6,02 \times 10^{23}$ moléculas; 2 mol de $H_2O = 36 g$ com $2 \times 6,02 \times 10^{23}$ moléculas portando, temos $12,04 \times 10^{23}$ moléculas
M. Molar $H_2 = 2g$	1 mol de $H_2 = 2g$ com $6,02 \times 10^{23}$ moléculas; 2 mol de $H_2 = 4g$ com $2 \times 6,02 \times 10^{23}$ moléculas portando, temos $12,04 \times 10^{23}$ moléculas
M. Molar $O_2 = 16g$	1 mol de $O_2 = 16g$ com $6,02 \times 10^{23}$ moléculas; 2 mol de $O_2 = 32 g$ com $2 \times 6,02 \times 10^{23}$ moléculas portando, temos $12,04 \times 10^{23}$ moléculas

Obs.: Utiliza-se  $6,02 \times 10^{23}$  para constante de Avogadro

Fonte: Os autores (2022)

Como destacado a quantidade de matéria está presente direta e indiretamente em inúmeros segmentos da química. Às vezes, estando próximas de nós, mas nem percebemos o seu emprego ou sua importância na interpretação de informações, como, por exemplo as informações apresentadas nas contas de consumo de água emitidas pelas concessionárias deste serviço público.

Ao recebemos das concessionárias do serviço de saneamento básico, a “conta” ou “fatura” do consumo de água de nossas residências, além do valor a ser pago, encontramos outras informações como o consumo médio mensal, a data da próxima leitura, o informe de pendências ou aviso diversos, mas não observamos a presença de algumas informações sobre a qualidade da água, os parâmetros mínimos de qualidade que asseguram a potabilidade (parâmetros mensais), já observaram as informações, destacadas na Figura 5.

**Figura 5-** Informações básica sobre a qualidade da água fornecida nas faturas das concessionárias do serviço de saneamento básico: Água

PARÂMETRO DA SUA ÁGUA						
Reservatório: SISTEMA	01		Período : 01/10/2022 à 31/10/2022			
Parâmetros	Cor	pH	Cloro	Turbidez	Fluor	Coli. Totais
Padrão	até 15UH	6,0 a 9,5	0,2 a 2,0mg/l	até 5UT	até 1,5mg/l	Ausente
Obtidos	0,90	7,10	0,65	0,25	0,00	100%
Qtde Análise	12	12	12	12	0	12

Fonte: Os Autores (2022) – Adaptação -fatura de consumo de água

Estas informações sobre a qualidade da água, figura presentes nas faturas de consumo de água das diversas operadoras, vale destacar que além destas análises mensais as operadoras realizam outras semestrais, que abrangem substâncias que



oferecem risco a saúde como substâncias orgânicas, inorgânicas, agrotóxicos, radiação e outros grupos abrangendo quase 130 parâmetros de análises, conforme a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

Ao observar o parâmetro cloro (cloro residual livre), ou seja, a concentração presente na água nas formas do ácido hipocloroso (HOCl) ou do íon hipoclorito (OCl<sup>-</sup>), dependendo o agente oxidante utilizado (gás cloro, hipoclorito de sódio ou cálcio), este residual assegurar a permanência da qualidade da água quanto a desinfecção (ausência de microrganismos). Na figura 4, o sistema de água de uma determinada região, no mês de outubro de 2022, apresentou 0,65 mg/L que corresponde 0,65 partes por milhão (ppm), sendo recomendado pela portaria valores entre 0,2 e 2 mg/L ou (0,2 e 2 ppm), porém a qual quantidade de íons hipoclorito, considerando que o processo de desinfecção empregue hipoclorito de sódio (NaClO). Caso não se recorde de ppm ou ppb observe no quadro ao lado suas definições.

Calculando a quantidade de íons hipoclorito (cloro residual livre), o ânion, logo:

1ª Determinar a massa molar do ânion hipoclorito (OCl<sup>-</sup>) com auxílio da tabela periódica, lembre-se que não utilizaremos a massa do elétron, visto apresentar massa desprezível frente aos prótons e nêutrons.

$$1.O = 1 \times 16u = 16u$$

$$1.Cl = 1 \times Cl = 1 \times 35,45u = 34,45u$$

$$\text{Assim massa molecular: } 16u + 35,45u = 51,45u$$

$$\text{Massa molar (OCl}^{-}\text{)} = 51,45 \text{ g/mol}$$

2ª Determinar a quantidade matéria do ânion hipoclorito a partir do valor apresentado na “conta de água”, mas antes determinar a massa em litro de solução, sendo:

## ppm & ppb

Ao nos depararmos com medidas em “partes por milhão” (ppm) ou em “partes por bilhão” (ppb), estamos nos referindo a concentração de as soluções muito diluídas.

Nesta solução diluída temos a relação matemática:

1ppm = 1 parte de soluto por 1.000000 de partes solução.

=relações=

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L} = 1 \mu\text{g/mL}$$

1ppb = 1 parte de soluto por 1.000000000 de partes solução.

=relações=

$$1 \text{ ppb} = 0,001 \text{ mg/L} = 1 \mu\text{g/L}$$



Concentração uma relação entre massa de soluto por volume de solução, neste caso a massa está em miligramas (mg) logo necessitamos da massa em gramas(g), relembramos que 1g corresponde 1000 mg, em regra de três.

<b>g</b> ----- <b>mg</b>		$X = 1g \times 0,65 \text{ mg} / 1000 \text{ mg}$
1	1000	$X = 0,65g \cdot \text{mg} / 1000 \text{ mg}$
X	0,65	$X = 0.00065 \text{ g}$
		$X = 6,5 \times 10^{-4} \text{ g}$

Com o resultado da massa relacionamos com massa molar por regras de três.

<b>Massa de <math>\text{OCl}^-</math></b> ----- <b>mol</b>		$X = 1\text{mol} \times 0,00065 \text{ g} / 51,45 \text{ g}$
51,45 g/mol	1 mol	$X = 0,00065 \text{ mol} \cdot \text{g} / 51,45 \text{ g}$
0,00065 g	X	$X = 0.00001263362 \text{ mol}$
		$X \approx 1,263362 \times 10^{-5} \text{ mol}$

Com o resultado da quantidade de matéria medida em mol relacionamos com o valor da constante de Avogadro  $\approx 6,02 \times 10^{23}$ , por regras de três.

<b>n</b> ----- <b><math>N_A</math></b>		$X = 1,263 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ un}/1 \text{ mol}$
1 mol	$6,02 \times 10^{23} \text{ un}.$	$X = 7,60543924 \times 10^{18} \text{ mol} \cdot \text{un} / 1\text{mol}$
$1,263 \times 10^{-5} \text{ mol}$	X	$X = 7,60543924 \times 10^{18} \text{ un}.$
		$X = 7.605.439.240.000.000.000$

Portanto, obtemos quantidade de 7.605.439.240.000.000.000 (7quintilhões, 605 quatrilhões, 439 trilhões e 240 bilhões) de ânions de hipoclorito de sódio contidos em 0,65 ppm (mg/L), ou seja, gigantesco e imensurável em nossa mente, mas um valor real que nos mostra que a nível microscópico (o não visível) é mensurável e quantidade de entidades elementares são gigantescas e influenciam nossas vidas. Recordando esta quantidade de íons hipoclorito presente na água tratada, encontra-se dentro faixa de segurança para o consumo e ainda contribui em assegurar a qualidade da água potável na rede de distribuição.

Ufá!!! Que número! Obtido para apenas 0,65 ppm e para caso de partes por bilhão a situação é a mesma, lembrando estamos escrevendo sobre as soluções diluídas. Neste sentido, veja o exemplo do chumbo metálico, metal facilmente encontrado em baterias automotivas e as inúmeras vezes descartas inadequadamente, potencializando a contaminação das águas, a portaria de potabilidade considera água potável que apresentam concentração menores de 0,01 mg/L (0,01 ppm), ou ainda a questão de compostos orgânicos que oferecem risco a saúde e os agrotóxicos que apresentam risco na faixa de ppb ( $\mu\text{g/L}$ )



Como apresentado, podemos “ver” a reação química em pensando seus coeficientes em função da quantidade de moléculas ou em função da quantidade de matéria (mol). A escolha dependerá da situação, mas a nível macroscópico (visível), empregaremos a quantidade de matéria, pois conseguimos medir (mensurar) o mundo ao redor, mas com as contribuições de Avogadro, podemos calcular a quantidade das entidades elementares ao nível microscópico (o invisível) aos nossos olhos. Assim relacionando o macroscópico com microscópico, por exemplo, a massa dos materiais que podemos medir com facilidade com uma balança a quantidade de moléculas, as quais não conseguimos vê-las.

A seguir o apresentamos o experimento da eletrólise da água na qual obteremos a produção de gás hidrogênio e gás oxigênio, porém nosso intuito vai além da produção destes gases. Lembra-se que a reação de produção da água empregada para o desenvolvimento das células a combustível de hidrogênio, para a geração de corrente elétrica sendo está uma aplicação que vai além apenas da produção de água. Em nosso caso, empregaremos o processo de eletrólise da água para obter em sala, o valor numérico da constante de Avogadro com relativa precisão, utilizando materiais de fácil acesso com realização de uma atividade experimental controlada e com mínimo de riscos a todos os envolvidos.

Para a realização da atividade experimental, necessitaremos obter os materiais relacionados na lista.

### **1.1. LISTA DO MATERIAL EXPERIMENTAL:**

Material sugerido para execução do experimento para a confecção de um sistema de eletrólise.

- ✓ 02 eletrodos de fio de cobre 2,5 ou 4,0 mm<sup>2</sup> (sólido);
- ✓ 02 provetas de 50 mL ou tubo ensaio graduado 50 mL (vidro)
- ✓ 02 pipetas volumétrica graduadas de 1mL ou bastão de vidro (adaptação como suporte aos eletrodos);
- ✓ 01 pipetas volumétricas graduada de 5mL ou pipeta de esgotamento total de 5mL;
- ✓ 01 recipiente de plástico ou vidro com capacidade de 1,5 a 2,0 L;
- ✓ 01 multímetro com escala de voltagem (DC) e amperagem (A) com escala entre 20-200 mA ou equivalente (ficha técnica em anexo A);
- ✓ 01 cronômetro ou smartphone/celular com esta função;
- ✓ 01 Conjunto fios ou cabos para conexão entre o eletrodo, multímetro e fonte AC/DC;



- ✓ 01 fonte AC/DC de 9 V a 12 V ou bateria de 9V;
- ✓ 01 fita isolante
- ✓ 01 Tesoura;
- ✓ 01 Flanela de limpeza (algodão ou microfibra);
- ✓ 01 solução de NaOH (hidróxido de sódio) 0,1 mol/L;
- ✓ 01 Equipamento de proteção individual (EPI)
- ✓ 01 luvas de látex ou simular
- ✓ 01 óculos de segurança (recomendado)
- ✓ Sendo opcional estes materiais:
- ✓ 01 Potenciômetro linear de 5 K $\Omega$  ou 10 K $\Omega$ ;
- ✓ 01 Interruptor (liga/desliga).

**FIQUE ATENTO:** As sugestões, observações e descarte de materiais que estão presentes no decorrer do material. Para facilitar a identificação dos materiais, observe a Figura 6.

**Figura 6-**Material básico para realização da eletrólise.



Fonte: Os autores (2022)

## 1.2. INSTRUÇÕES DE MONTAGEM APARATO EXPERIMENTAL

Para realizarmos a montagem do experimento de eletrólise da água, necessitamos de uma solução acidificada ou basificada, neste caso sugerimos a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L visto a facilidade de aquisição deste reagente, o preparo da solução e de visualização do menisco nos eletrodos

Uma vez definido a solução a ser utilizada, como indicado hidróxido de sódio 0,1 mol/L, adicione-a no recipiente (plástico ou vidro) cerca de  $\frac{3}{4}$  da capacidade dele. Na sequência posicione os eletrodos confeccionados com o fio sólido, deixando-os distantes e com extremidades mergulhadas na solução.



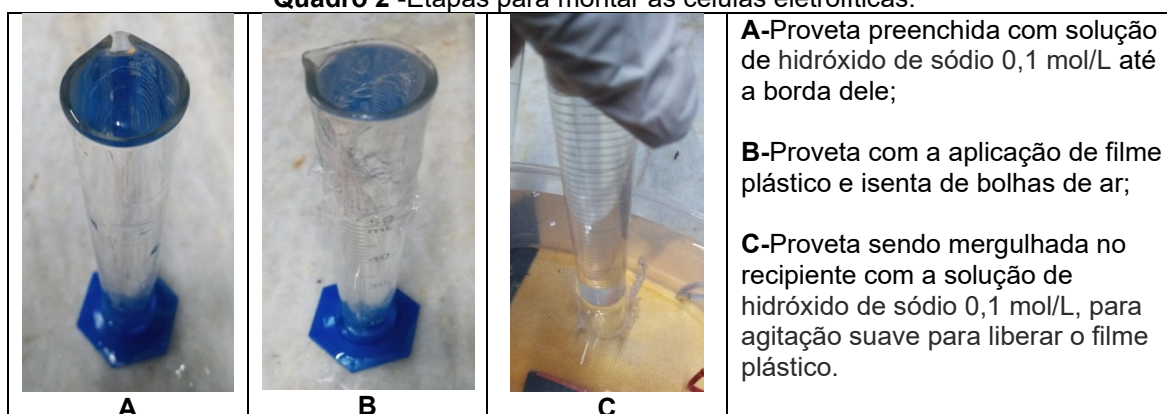
Em seguida, iremos montar as células eletrolíticas com as provetas ou tubos de ensaio graduado de 50mL, sugerimos por garantia marcá-los com auxílio de uma pipeta volumétrica graduada de 5 mL antes da montagem do experimento assegurando maior precisão, caso não possua a pipeta volumétrica empregue a graduada e água para a marcação.

Considera-se esta montagem como crítica, pois as células eletrolíticas devem estar isentas de bolhas, logo preferimos os tubos de ensaio graduados, mas em função da dificuldade de aquisição, optamos por utilizar as provetas de 50mL.

Nesta etapa, realizamos o enchimento da proveta com a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L até a borda, em seguida aplicamos o filme plástico vedando a borda, caso a proveta apresente bico de escoamento, comece a vedação por ele, certifique-se a ausência de bolha de ar, caso não ocorra repita esta etapa, não esqueça de utilizar as luvas. Esta etapa considero crítica para o resultado do experimento, pois as bolhas contribuem para dados não confiáveis, portanto seus resultados também podem ser duvidosos. Provavelmente você repetir no início algumas vezes este processo até obter sucesso as provetas isentas de bolhas, não se desamine no processo.

Agora com a proveta isenta de bolha de ar, mergulhe com cuidado a proveta no recipiente com a solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L e agite vagarosamente até o filme plástico se soltar da proveta, logo mova a proveta até o fio do eletrodo e fixe-os no recipiente, conforme detalhado no Quadro 2.

**Quadro 2** -Etapas para montar as células eletrolíticas.

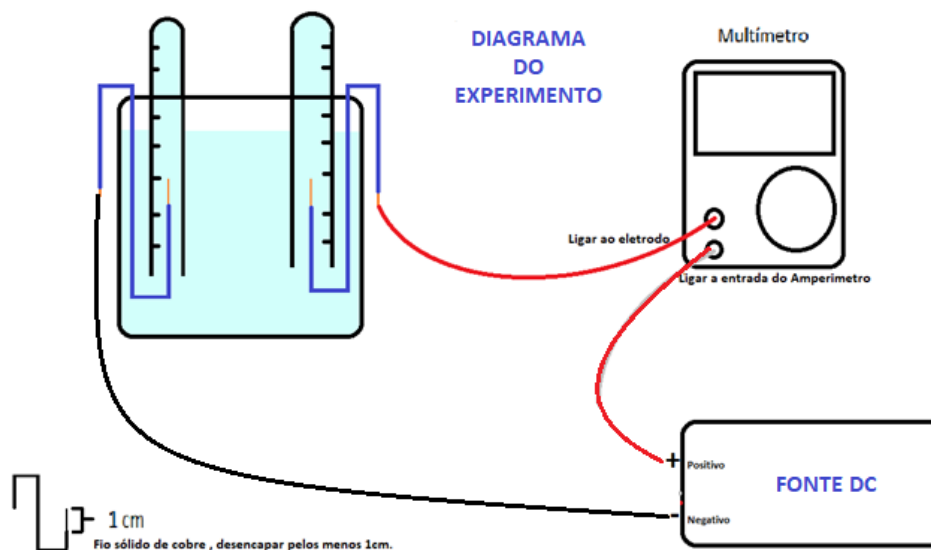


Fonte: Autor

Após posicionar, fixar e nivelá-las em seguida conectar os fios conforme o diagrama simplificado sem os componentes opcionais, conforme representado na Figura 7.



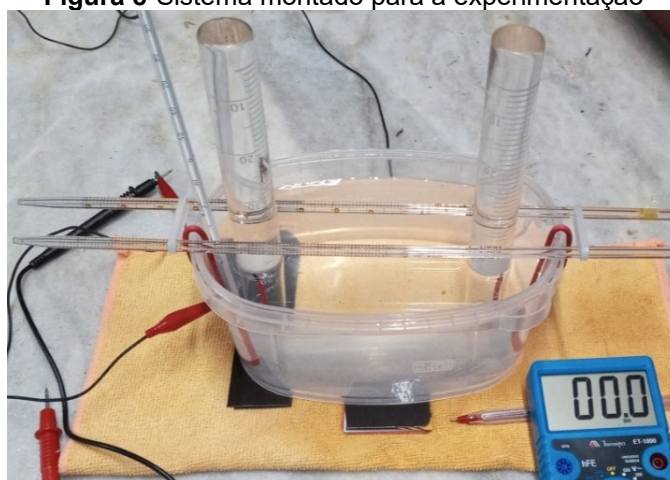
**Figura 7**-Esquema simplificado ligações elétricas sem componentes opcionais.



Fonte: Os autores (2022)

Após a montagem, espera-se que o sistema para o processo de eletrólise seja similar ao montado, retratado na Figura 8.

**Figura 8**-Sistema montado para a experimentação



Fonte: Os autores (2022)

### 1.3. ORIENTAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

Antes de iniciarmos o experimento, verificar as ligações elétricas, conferir há ausências de bolhas de ar no eletrodo e caso tenha optado em adicionar um interruptor, verifique que esteja na posição desligado antes de conectar a fonte de energia.

Quando conectar a fonte de energia ou ligar o interruptor, o cronômetro deverá ser acionado, nesta etapa poderá anotar a marcação do cronômetro em intervalos de minuto ou de segundos até atingir o volume esperado de 5 mL do gás hidrogênio no eletrodo do polo negativo (o cátodo), recorde-se que visando assegurar maior precisão recomenda-se

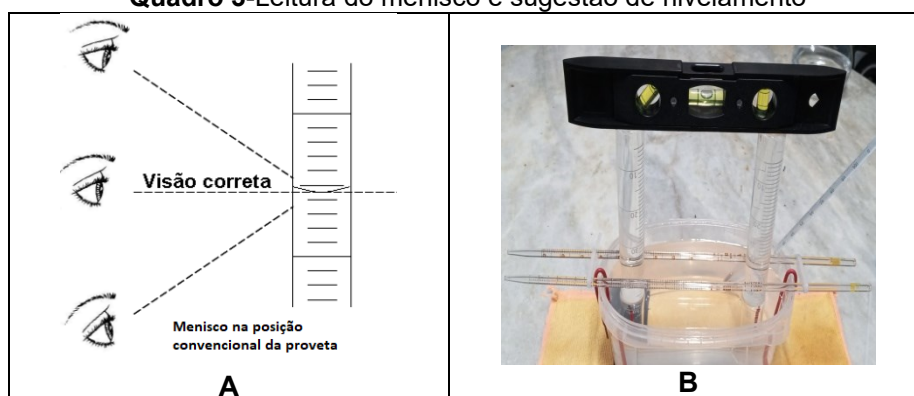


marcar no tubo de vidro da proveta ou tubo graduado a referência dos 5 mL com auxílio de uma pipeta volumétrica graduada.

A marcação da medição do tempo no cronometro poderá seguir outro intervalo de tempo, sendo sugerido a cada 30 segundos, já que objetivo é estabelecer o valor médio da corrente elétrica no intervalo de tempo necessário para atingir o volume de 5mL.

Em relação questão do menisco, pois como a proveta ou tubo graduado está invertido deve-se estar atento à marcação do volume. Em caso de dúvida sobre a leitura de volume, a posição correta para leitura do menisco é ao nível dos olhos, conforme retratado no Quadro 3. E ainda para facilitar a leitura do menisco, recomenda-se o nivelamento das provetas ou tubos graduados favorecendo a leitura do menisco.

**Quadro 3-**Leitura do menisco e sugestão de nivelamento



Legenda: A: Posição da visualização do menisco e B: Nivelamento.  
Fonte: Os autores (2022)

Como na eletrólise da água envolve a liberação de gás, podemos nos deparar formação intensa de bolhas (turbulência), dificultando a leitura do menisco. Esta rapidez da reação pode ocorrer em função da concentração da solução eletrolítica, da tensão e intensidade da corrente elétrica, nesta situação recomenda-se utilizar uma fonte AC/DC que forneça menor tensão e baixa amperagem.

Durante a realização do experimento, tanto o professor e você aluno devem estar atentos aos procedimentos de segurança mínimo como o emprego de luva de látex ou similar, visto empregarmos no processo de eletrólise da água, uma solução básica (diluída).

Reforçando, antes de ligar a fonte de energia (9 ou 12 V DC), o cronômetro deverá estar a “zerado”, as ligações elétricas com o multímetro estabelecidas e o mesmo ajustado na escala entre 20-200 mA.

Ao iniciar o experimento, anotar tempo necessário para atingir o volume de 5mL de gás Hidrogênio ( $H_2$ ) no eletrodo do processo de redução (catodo). Ao efetuar as leituras





## 1.4. ATIVIDADE DE DETERMINAÇÃO (DADOS DE EXPERIMENTOS)

Agora você, em grupo com os colegas poderá se desafiar em realizar este experimento de eletrólise com mediação do professor, e verificar qual valor será obtido? Se aproximará do valor da constante? Qual será a faixa de erro? Vamos lá ...

Mas caso não seja possível realizar o experimento de eletrólise da água, proponho outro desafio determinar o valor da constante por meio dos dados de outro experimento realizado. Em caso de dúvidas nos cálculos acesse nos ícones ao lado.

Segue os dados experimentais na Tabela 1.



DESENVOLVIMENTO DOS  
CÁLCULOS/OPERAÇÕES

POTÊNCIA DE BASE 10  
NOTAÇÃO CIENTÍFICA

Tabela 1-Dados de experimentos realizado em 2022

Anotações do Experimento			Anotações do Experimento		
Data:	ALUNOS-2A		Data:	ALUNOS-2B	
Exp. Nº	1		Exp. Nº	1	
t(mim)	t(s)	I(mA)	t(mim)	t(s)	I(mA)
0	0	0	00:00	0	0
00:30	30	32,1	00:30	30	45,1
01:00	60	32,4	01:00	60	45,3
01:30	90	32,6	01:30	90	45,1
02:00	120	32,5	02:00	120	45,3
02:30	150	32,6	02:30	150	46,2
03:00	180	32,5	03:00	180	46,2
03:30	210	32,5	03:30	210	46,3
04:00	240	32,5	04:00	240	46,7
04:30	270	32,4	04:30	270	45,6
05:00	300	32,4	05:00	300	45,4
05:30	330	32,6	05:30	330	45,2
06:00	360	32,5	06:00	360	44,1
06:30	390	32,6	06:30	390	43,9
07:00	420	32,6	07:00	420	43,8
07:30	450	32,5	07:30	450	43,9
08:00	480	32,5	08:00	480	43,8
08:30	510	32,5	08:30	510	43,7
09:00	540	32,5	09:00	540	43,9
09:30	570	32,5	09:30	570	43,5
10:00	600	32,5	10:00	600	43,7
10:30	630	32,4	10:30	630	43,6
11:00	660	32,3	11:00	660	43,7
11:30	690	32,2	11:30	690	43,8
12:00	720	32,2	12:00	720	43,6
13:30	750	32,1	13:30	750	43,8
13:00	780	32,2	13:00	780	43,6
13:30	810	32,2	13:30	810	43,8
14:00	840	32,1	Término	817	43,8
14:30	870	32,1		<b>Média</b>	
15:00	900	32,2			
15:30	930	36,3			
16:00	960	36,3			
16:30	990	32,1			
17:00	1020	32,3			
17:30	1050	32,1			
18:00	1080	32,1			
18:30	1110	32,1			
19:00	1140	32,1			
Término	1165	32,1			
	<b>Média</b>				
DADOS T(°C) ambiente = 29°C P(hPa) ambiente= 1010 hPa Fonte DC = 9V Solução NaOH = 0,1 mol/L Multimetro digital : ET1000 (Minipa)			DADOS T(°C) ambiente = 29°C P(hPa) ambiente= 1010 hPa Fonte DC = 12V Solução NaOH = 0,1 mol/L Multimetro digital : ET1000 (Minipa)		

Fonte: Os autores (2022)

---

# REFERÊNCIAS

---

## REFERÊNCIAS

BRASIL, M. DA S. DO M. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. Brasília: 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>.

BRASIL, Ministério da educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. Brasília.2018.

CHAGAS, A. P. Existem átomos? (abordando Jean Perrin). **Revista História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 3, p. 7–16, 2011.

CHAGAS, A. P. Os noventa anos de Les Atomes. **Química Nova na Escola**, v. 3, p. 36–38, 2003.

FERNANDES, E. **David Ausubel e a Aprendizagem Significativa**. 2011. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa>>.Acessado em: dez. 2022.

GIANI, K. **A experimentação no Ensino de Ciências: Possibilidades e Limites na busca de uma Aprendizagem Significativa**. 2010. 190f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) -Universidade de Brasília. Brasília, 2010.

JOHNSTONE, A. H. Chemical Education Research: Where from Here. **UNIVERSITY CHEMISTRY EDUCATION**, v. 4, n. 1, p. 34–38, 2000.

LOBATO, C. A. História da Ciência como “Remédio” no Ensino de Química: Episódio - Estudo sobre a invenção da teoria atômico-molecular moderna. **Química Nova**, v. 43, n. 9, p. 1350–1361, 2020.

MANRIQUE, A. L.; FERRÃO, N. S. O uso de mapas conceituais como elemento sinalizador da Aprendizagem Significativa em cálculo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p. 193–216, 2014.

MATO GROSSO DO SUL (ESTADO), S. DE E. DE E. **Currículo de referência de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande - MS: SED, 2021.

MORA, N. D.; SIHVENGER, J. C. Eletroquímica. *In: Química Geral: Laboratório de Materiais*: Universidade Estadual do Oeste do Paraná-Unioeste, 2006. Disponível em: <http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downquimica/capitulo7.pdf>. Acessado em jun.2022

MOREIRA, M. A. **A teoria da Aprendizagem significativa e sua interpretação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília (UNB), 2006. 186 p.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. 1. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999. 130 p.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem Significativa?** p. 1–27, abr. 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acessado em: jun.2022.

MOREIRA, M. A. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, p. 23–30, 2008.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao Ensino de Física: A teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Universidade, 1983. 201 p.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo, SP: Centauro, 2006. 111 p.

OKI, M. DA C. M. A eletricidade e a Química. **Química Nova na Escola**, n. 12, p. 34–337, nov. 2000.

OKI, M. DA C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 1072–1082, 2009.

OLIVEIRA, J. R. S. DE. 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**, p. 25–45, 2010.

PIVATTO, W. B. Aprendizagem significativa: Revisão teórica e apresentação de um instrumento para aplicação em sala de aula. **Itinerarius Reflectionis**, v. 9, n. 2, jan. 2014.

PRAIA, J. F. Aprendizagem significativa em D. Ausubel: Contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. *In: Teoria da Aprendizagem: Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, Peniche, 2000. Disponível em: <http://www.mlrg.org/memberpublications/LivroPeniche2000.pdf>. Acessado em: jun. 2022.

SILVA JÚNIOR, C. N. DA et al. Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química. Em: **Temas de ensino e formação de professores de ciências-10 Anos**. 1. ed. Natal: Editora da UFRN, 2012. p. 210.

SILVA, W. DA; CLARO, G. R.; MENDES, A. P. **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MAPAS CONCEITUAIS**. XIII- Congresso Nacional de Educação. **Anais...** Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Campus Curitiba., ago. 2017.

---

# APÊNDICES

---

## APENDICES

### **A: CHECKLIST: ELETRÓLISE DA ÁGUA E A CONSTANTE DE AVOGADO** **LISTA DE MATERIAL**

- 02 eletrodos de fio de cobre 2,5 ou 4,0 mm<sup>2</sup> (sólido);
- 02 provetas de 50 mL ou tubo ensaio graduado 50 mL (vidro)
- 02 pipetas volumétrica graduadas de 1mL ou bastão de vidro ;
- 01 pipetas volumétricas graduada de 5mL ou pipeta de esgotamento total de 5mL;
- 01 recipiente de plástico ou vidro com capacidade de 1,5 a 2,0 L;
- 01 cronômetro ou smartphone/celular com esta função
- 01 conjunto fios para conexão entre o eletrodo, multímetro e fonte AC/DC;
- 01 multímetro com escala de voltagem (DC) e amperagem (A) com escala entre 20-200 mA ou equivalente;
- 01 fonte AC/DC de 9 V a 12 V ou bateria de 9V;
- 01 fita isolante
- 01 Tesoura;
- Flanela de limpeza (algodão ou microfibra);
- 01 solução de NaOH (hidróxido de sódio) 0,1 mol/L ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico) 0,05 mol/L, observa-se que o ácido sulfúrico requer registro na Polícia Federal.

### **LISTA DE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)**

- 01 luva de látex ou simular
- 01 óculos de segurança (recomendado)

### **LISTA DA MONTAGEM**

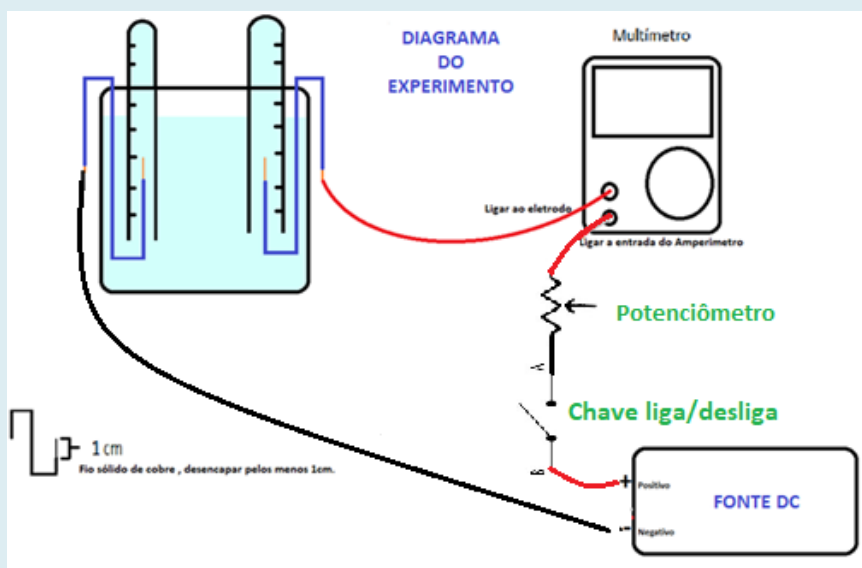
- Verificar concentração da solução NaOH 0,1 mol/L
- Verificar concentração da solução H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 mol/L
- Verificar a montagem elétrica ([conforme diagrama simplificado](#)):
  - ligação com multímetro
  - limpeza das pontas dos fios de cobre de 4 mm<sup>2</sup> ou 2,5 mm<sup>2</sup>

- Verificar a presença de bolhas nos tubos do eletrodo;
- Verificar o cronometro, quando estar zerado;
- Verificar material para anotações;
- Caso, realizar a atividade em grupo, distribua as tarefas e verifique que todos os membros estão cientes e pronto antes do início da experimentação;
- Caso, realizar a atividade em grupo, distribua as tarefas e verifique que todos os membros estão cientes e pronto antes do início da experimentação.

### LISTA DE MATERIAL OPCIONAL

- 01 Potenciômetro linear de 5 K $\Omega$  ou 10 K $\Omega$ ;
- 01 Interruptor (liga/desliga);
- Verificar a montagem elétrica (conforme diagrama simplificado abaixo);
- Montar o sistema, ajustar o potenciômetro. Após ajuste montar novamente o sistema para começar o experimento;
- Verificar o ajuste do potenciômetro objetivando o controle da reduzir a formação em excesso das bolhas.

Figura 1-diagrama da eletrólise - com componentes opcionais.



Fonte: Os autores (2022)

## B: DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS: DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO (Estudante)

Assim que realizarem o experimento, vocês terão os dados necessários para realizarem os cálculos para a obtenção da constante de Avogadro.

Como exemplo, segue uma planilha de dados obtidos em um experimento (Quadro 1) para juntos desenvolvemos os cálculos e a determinação do valor da constante de Avogadro

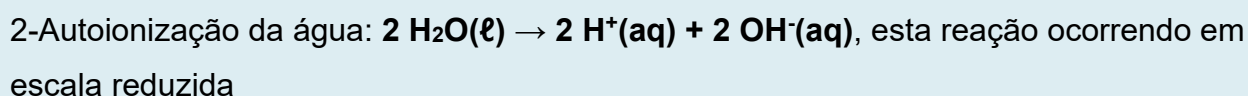
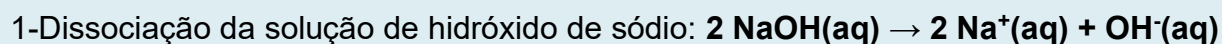
**Quadro 1-**Dados obtidos de experimento realizado em 2022

Anotações do Experimento			Anotações do Experimento		
Data:	10/01/2022		Data:	10/01/2022	
Exp. Nº	1		Exp. Nº	1	
t(mim)	t(s)	I(mA)	t(mim)	t(s)	I(mA)
0	0	-	0	0	-
0,5	30	98,6	1	60	98,5
1	60	98,5	2	120	98,8
1,5	90	98,6	3	180	99,0
2	120	98,8	4	240	99,1
2,5	150	98,6	5	300	98,7
3	180	99,0	6	360	98,2
3,5	210	99,1	Término	397	98,1
4	240	99,1		<b>Média</b>	98,6
4,5	270	99,0	Fonte: Autor(modelo 01)		
5	300	98,7	T(°C) ambiente = 23°C		
5,5	330	98,2	P(hPA) ambiente= 1009 hPa		
6	360	98,2	Fonte DC = 12V		
Término	397	97,7	Solução NaOH = 0,25 mol/L ( 10g/L)		
	<b>Média</b>	98,6	Multímetro digital : ET1000 (Minipa)		
Fonte: Autor(modelo 02)					

Fonte: Os Autores

Para iniciarmos os cálculos relembramos que as semirreações que ocorrem no cátodo e no ânodo, por meio da aplicação de uma corrente elétrica por meio de uma fonte de energia de corrente contínua (DC) é ligado no cátodo, em que ocorre o processo de redução e no ânodo, onde ocorre o processo de oxidação.

Recordando, que no experimento o polo negativo da fonte foi conectado ao catodo e positivo conectado no ânodo, sendo empregado como eletrólito, a solução de hidróxido de sódio (NaOH) de concentração 0,1 mol/L, solução básica. Nesta situação temos dissociação iônica e a autoionização da água. Logo:



Agora, verifica-se quais íons participam ativamente na eletrólise, seguindo a escala de descarga, na Figura 1.

Figura 1-Ordem de descarga de alguns íons

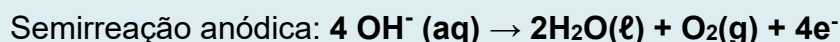
Cátions cátodo (polo negativo)	Ânions ânodo (polo positivo)
Al <sup>3+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Ba <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Ca <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Na <sup>+</sup>	F <sup>-</sup>
K <sup>+</sup>	<b>OH<sup>-</sup></b>
<b>H<sup>+</sup></b>	Cl <sup>-</sup>
Ag <sup>+</sup>	Br <sup>-</sup>
Cu <sup>2+</sup>	I <sup>-</sup>
Ni <sup>2+</sup>	
Cr <sup>3+</sup>	
Fe <sup>2+</sup>	
Zn <sup>2+</sup>	

Fonte: MORA e SIHVENGER (2006, p. 242) e Química na Prática:UFPR,2012-Adaptação

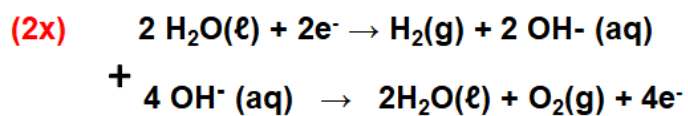
Prioridade de descarga:

- ✓ H<sup>+</sup> > Na<sup>+</sup>
- ✓ OH<sup>-</sup>(base) > OH<sup>-</sup>(água)

Portanto:

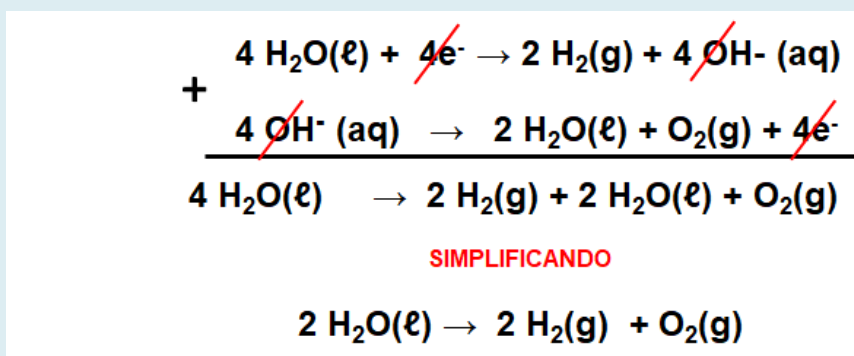


Para obtermos a reação global devemos somar estas semirreações ( as etapas ), mas antes de somá-las, multiplicamos a por 2 a semirreação catódica, visto balancear a quantidade de elétrons envolvidos no processo de eletrólise.



Executando a multiplicação da semirreação catódica e somatória das semirreações, lembrando que espécies químicas iguais, podem ser somadas ou subtraídas em função para posição de reagente ou produto que ocupam na reação, ou seja “uma espécie

química presente na posição produto ou reagente nas reações serão somadas, já em posições oposta serão subtraídas” e o resultado estará na equação global. Veja abaixo:



Reação global da eletrólise:  $2\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

Com base na equação fica evidente que a quantidade de gás hidrogênio formada será o dobro da quantidade de gás oxigênio, visto que a relação na equação química corresponde 2:1. Caso deseje relembrar questões básicas como as interpretações da reação, a leitura da informação da reação e do cálculo estequiométrico acesse [questões básicas](#).

Agora que revemos as reações do processo de eletrólise da água. Iniciamos os cálculos.

**1ª etapa**, corresponde a determinação da quantidade de matéria gerada de gás hidrogênio no experimento, neste caso optamos por encerrá-lo quando obtivermos 5 mL, pois a meta é obtermos o valor da constante de Avogadro, logo o experimento deve ser controlado.

Com base nos dados do experimento que estamos utilizando de exemplo, [Quadro 1](#). Nesta etapa utilizaremos a temperatura medida de 23°C e pressão ambiente de 1009 hPa (hectopascal). Assim utilizaremos a equação dos gases geral dos gases ideais, retratada no Quadro 2.

**Quadro 2-** Equação dos Gases e relação com os dados experimentais.

$PV=nRT$ P-pressão (Pa) ; V-volume (m <sup>3</sup> ) ; n-quantidade de matéria (mol); T-temperatura (K) ; R-Constante dos gases = 8.3145 J/Kmol .	Logo a medida: De <b>pressão</b> está na unidade hectopascal (hpa) a convertemos para a unidade Pascal (Pa); O <b>volume</b> está na unidade mililitros (mL) a convertemos para a unidade metro cúbico (m <sup>3</sup> ); A <b>temperatura</b> na unidade <i>Celsius</i> (°C) a converteremos para a unidade Kelvin(K). E utilizaremos a Constante dos gases(R) = 8.3145 J/Kmol obteremos a quantidade de matéria (n), na unidade de medida mols.
--	---

Fonte: Os Autores (2022)

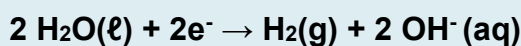
Executando as conversões das unidades de medidas visando a adequação as medidas da equação da equação dos gases ideais com base no sistema internacional de medidas (SI), descritas no Quadro 3.

**Quadro 3** - Conversão de unidades de medida e resultado obtido com equação dos gases.

<p>Pressão ambiente, <math>P = 1009 \text{ hPa} = 100900 \text{ Pa}</math>, lembrado da relação de <math>100 \text{ Pa}</math> que corresponde a <math>1 \text{ hPa}</math>, por regras de três, obtemos:</p>	$\begin{array}{r} P(\text{Pa}) \text{ ---- } P(\text{hPa}) \\ 100\text{Pa} \quad 1 \text{ hPa} \\ x \quad \quad 1009 \text{ hPa} \\ \mathbf{X} = 1009 \times 100 \text{ hPa.Pa}/1\text{hPa} \\ \mathbf{X} = 100900 \text{ Pa} \end{array}$
<p>Volume = <math>5 \text{ mL} = 5/1000 = 5 \times 10^{-3} \text{ L} = 5 \times 10^{-3} \text{ L} / 1000 \text{ L} = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^3</math>, lembrado das relações, <math>1 \text{ litro}</math> corresponde a <math>1000 \text{ mL}</math>, logo <math>1 \text{ m}^3</math>, corresponde a <math>1000 \text{ L}</math>, por regra de três temos:</p>	$\begin{array}{r} V(\text{L}) \text{ ---- } V(\text{ml}) \\ 1 \text{ L} \quad 1000\text{ml} \\ x \quad \quad 5\text{ml} \\ \mathbf{X} = 1 \times 5 \text{ L.ml} / 1000 \text{ ml} \\ \mathbf{X} = 0,005 \text{ L} = 5 \times 10^{-3} \text{ L} \end{array}$ $\begin{array}{r} V(\text{m}^3) \text{ ---- } V(\text{L}) \\ 1 \text{ m}^3 \quad 1000\text{L} \\ x \quad \quad 5 \times 10^{-3} \text{ L} \\ \mathbf{X} = 1 \times 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{L} / 1000 \text{ L} \\ \mathbf{X} = 0,005 \text{ m}^3 \cdot \text{L} / 1000 \text{ L} \\ \mathbf{X} = 0,000005 \text{ m}^3 = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \end{array}$
<p>Temperatura = <math>23^\circ \text{C} = 296,15 \text{ K}</math>, lembrando <math>T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15</math></p>	$T(\text{K}) = 23 + 273,15 = 296,15 \text{ K}$
<p>Com os dados experimentais com as devidas adequações de unidades, e aplicando a equação dos gases obtemos <math>n_{\text{H}_2} = 2,049 \times 10^{-4} \text{ mol}</math>, guarde esta informação obtida.</p>	$\begin{array}{l} PV = nRT \\ n_{\text{H}_2} = PV/RT \\ n_{\text{H}_2} = \frac{100900 \text{ Pa} \times 5 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{8,3145 \text{ J / K mol} \times 296,15 \text{ K}} \\ n_{\text{H}_2} = 0,5045 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / 2462,3391 \text{ (J / K mol)} \cdot \text{K} \\ n_{\text{H}_2} = 2,049 \times 10^{-4} \text{ mol} \end{array}$

Fonte: Os Autores (2022)

**2º Etapa**, refere-se a determinarmos a quantidade de matéria dos elétrons envolvidos na semirreação catódica, assim temos o cálculo da quantidade de elétrons expressa em mols, conforme descrição do cálculo, no quadro 4.



**Quadro 4**-Determinação quantidade de elétrons (mol)

<p>Logo, a semirreação que, “necessita de <u>2 mols de elétrons</u> para obtermos <math>1 \text{ mol}</math> de gás hidrogênio”, por meio da regra de três obtemos <math>4,098 \times 10^{-4} \text{ mol}</math> elétrons (<math>\text{Ne}^-</math>), mas uma vez aguarde a informação.</p>	$\begin{array}{r} n_{\text{H}_2} \text{-----} \text{ e}^- \\ 1 \text{ mol} \quad \quad 2 \text{ un} \\ 2,049 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad X \\ \mathbf{X} = 2 \times 2,049 \times 10^{-4} \text{ un.mol} / 1\text{mol} \\ \mathbf{X} = 4,098 \times 10^{-4} \text{ un. de elétrons} \end{array}$
---	--

Fonte: Os autores (2022)

**3ª Etapa**, Agora para estabelecermos relação com as contribuições de Faraday ao estudo e desenvolvimento dos processos de eletrólise, utilizaremos a equação de carga elétrica, no Quadro 5

**Quadro 5**-Equação de carga elétrica (Contribuição Faraday)

$Q = i \cdot t$ Q-carga (C) i- corrente elétrica (A) t- tempo (s)	Logo: i, representa a corrente elétrica com unidade de medida, Ampere(A); t, representa o tempo com unidade de medida, segundos(s); Q, representa a carga elétrica com unidade de medida em coulomb(C).
--	--

Fonte: Os autores (2022)

Para isto, consultamos os dados do experimento novamente, no [Quadro 1](#), pois a equação de carga elétrica depende da corrente elétrica e do tempo. Ao consultar os dados obtemos o tempo decorrido para a obtenção dos 5mL de gás hidrogênio e construir um gráfico da corrente elétrica em função tempo para assim termos a média da corrente elétrica com maior precisão.

Para a construção do gráfico da corrente elétrica função do tempo utilizaremos o eixo X para os dados de tempo em segundos e para eixo Y, os dados de corrente elétrica em miliampères(mA), ao final com o valor médio da corrente elétrica a converteremos em ampere (A), fique atento para este procedimento.

No Quadro 6, reorganizamos as informações contidas no [Quadro 1](#), indicando o eixo X e Y, assim recordamos das coordenadas (x,y) para construção do gráfico e extração do valor da corrente elétrica.

Quadro 6-Organizando os dados para construção do gráfico t (s) x i (mA)

	Eixo X	Eixo Y
t(min)	t(s)	i(mA)
0	0	-
1	60	98,5
2	120	98,8
3	180	99
4	240	99,1
5	300	98,7
6	360	98,2
Término	397	98,1

Fonte: Os autores (2022)

**Detalhe importante:** Esteja atento a escala do gráfico, como sugestão utilize papel milimetrado, pois facilitar a construção e cálculos. Para a escala observamos o maior valor numérico de cada eixo, em seguida verificamos o espaço disponível no papel, neste

caso milimetrado no tamanho A4 na posição paisagem contém 180 milímetros (mm) na vertical (eixo y) e 270 mm (eixo x).

Sugerimos, quando possível, que cada milímetro do papel corresponda a uma unidade de medida, em nosso caso no eixo x, temos 397 unidades de tempo, mas apenas 180 mm, logo não é possível utilizar um milímetro por unidade tempo, sendo assim a escala utilizada será 4:1 ou cada milímetro equivalerá a quatro unidades de tempo. Já no eixo y com 180 mm e apenas aproximadamente 100 unidade de corrente elétrica utilizaremos a escala de 1:1.

Com o gráfico construído, agora podemos empregar o recurso matemático da área. Se observamos a relação entre x e y, podemos calcular a área abaixo da linha do gráfico, pois a medida de área refere-se à relação matemática através da multiplicação entre lado A e lado B, exemplificando se fosse um terreno seria “lado A, o comprimento” e o “lado B, a largura”, obteríamos a área do terreno em metros quadrados ( $m^2$ ) caso a medição dos lados estivesse em metros (m), veja a Figura 2.

**Figura 2-Relembrando a Área**

<b>ÁREA = A x B</b>	Lado B (largura)
Lado A (comprimento)	

Fonte: Os autores (2022)

Recordando a equação de [carga elétrica](#), constatamos que carga elétrica depende da multiplicação entre corrente elétrica e tempo, logo área abaixo da linha do gráfico corresponde ao valor da carga elétrica total do experimento, pois multiplicar o eixo x pelo eixo y equivale a multiplicar corrente elétrica por tempo.

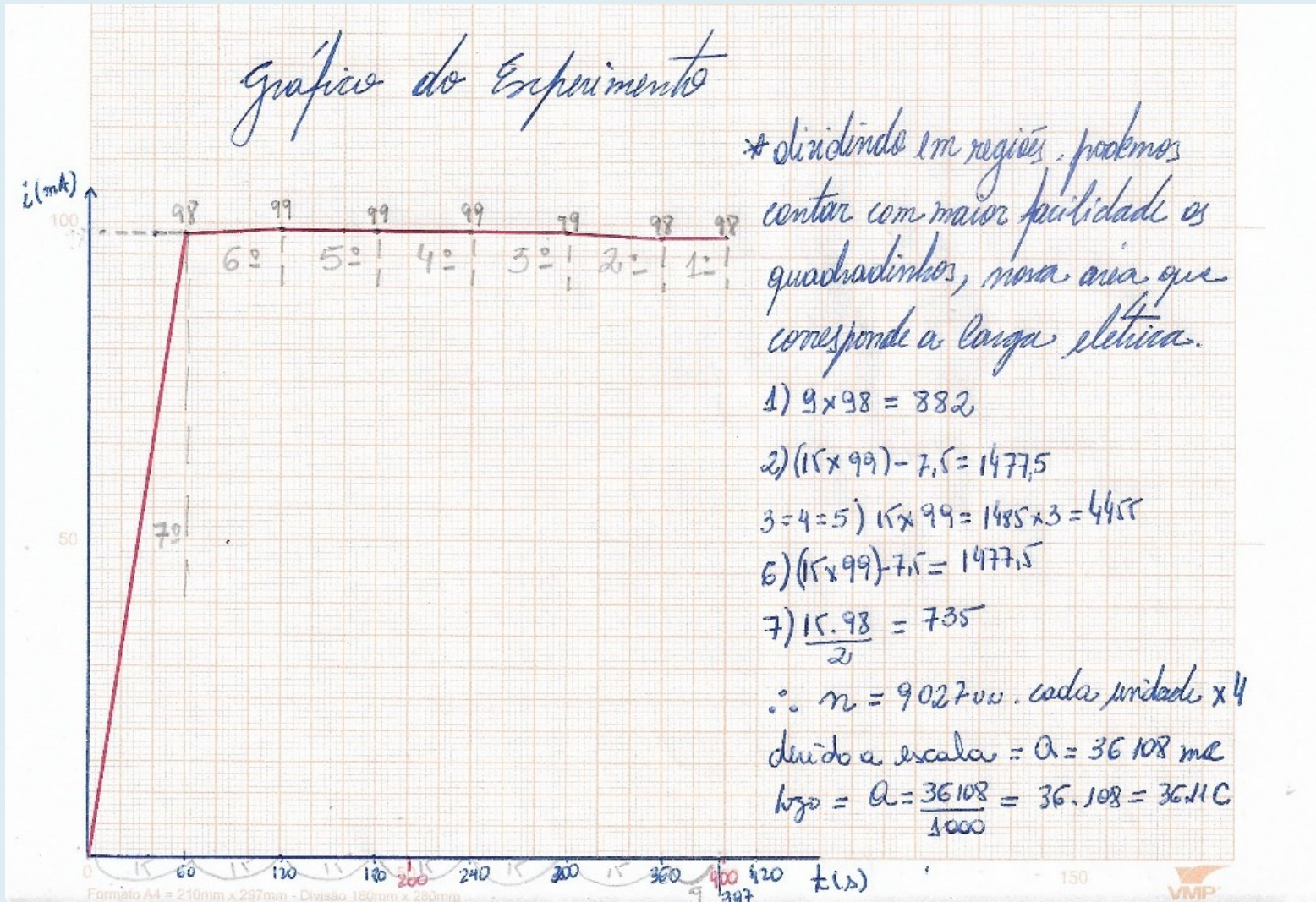
Neste caso, ao empregarmos o papel milimetrado basta contar os quadrinhos, os milímetros<sup>2</sup> ( $mm^2$ ) abaixo da linha do gráfico assim teremos o valor da área do gráfico que numericamente equivalerá a carga elétrica total.

Sugere-se, dividir o gráfico em setores (regiões) para fazer a contagem dos quadradinhos (milímetros<sup>2</sup>) no esboço do gráfico, veja na Figura 3, que dividimos este em sete regiões que somadas totalizaram 9207  $mm^2$ , porém lembra-se que cada milímetro no eixo do tempo correspondia a 4 unidades, logo a área total deve ser multiplicada por 4, assim obtemos a carga elétrica de 36108 mC, mas precisamos adequar carga de milicoulomb (mC) a coulomb (C). Observa-se que resultado de carga elétrica obtida está em mC, sendo assim  $1C = .1000\text{ mC}$  convertendo por regra de três,  $Q = 36,108\text{ C} \approx 36,11\text{ C}$

Q(C)	-----	Q(mC)
1		1000 mC
X		36180 mC

**X = 1 x 36180 C. mC / 1000 mC = X = 36,180 C**

Figura 3- Gráfico do experimento de tempo x corrente elétrica em papel milimetrado com o cálculo de carga elétrica



Fonte: Os autores (2022)

**4ª Etapa**, com o valor da carga elétrica obtida, pode-se determinar por meio da equação de carga elétrica do ponto de vista da eletrostática a quantidade de elétrons utilizada no experimento de eletrólise, conforme o quadro 12.

Quadro 12 -Equação carga elétrica (Eletrostática).

$Q = N \cdot  e $ Q- Carga elétrica (C) N- Número de elétrons  e - carga elétrica elementar	Logo: Q=36,11 C  e , carga do elétron determinada pelos experimentos por Robert Andrews Millikan (1868-1953), qual empregamos o valor de $1,6 \times 10^{-19}$ C
--	--

Fonte: Os autores

$$Q = N \cdot |e|$$

$$36,11 \text{ C} = N \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$N = 36,11 \text{ C} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$N = 2,256875 \times 10^{20} \text{ elétrons}$$

**5ª Etapa**, para finalizar relacionarmos o número de elétrons utilizados no processo eletrólise juntamente com quantidade de matéria de elétrons obtidos anteriormente e lembrando os íons hidrogênio receberam elétrons no catodo gerando o gás hidrogênio, logo empregando a equação representada no Quadro 8, podemos obter o número de Avogadro.

Quadro 8-Equação para determinar a constante de Avogadro

$N_A \cdot n_{e^-} = Ne$ N <sub>A</sub> -constante de Avogadro Ne- Número de elétrons n <sub>e<sup>-</sup></sub> = quantidade de quantidade de matéria	Logo: Ne = $2,256875 \times 10^{20}$ elétrons n <sub>e<sup>-</sup></sub> = $4,098 \times 10^{-4}$ mol e <sup>-</sup>
---	--

Fonte: Os autores (2022)

$$N_A \cdot n_{e^-} = Ne$$

$$N_A = Ne / n_{e^-}$$

$$N_A = 2,256875 \times 10^{20} \text{ e}^- / 4,098 \times 10^{-4} \text{ mol e}^-$$

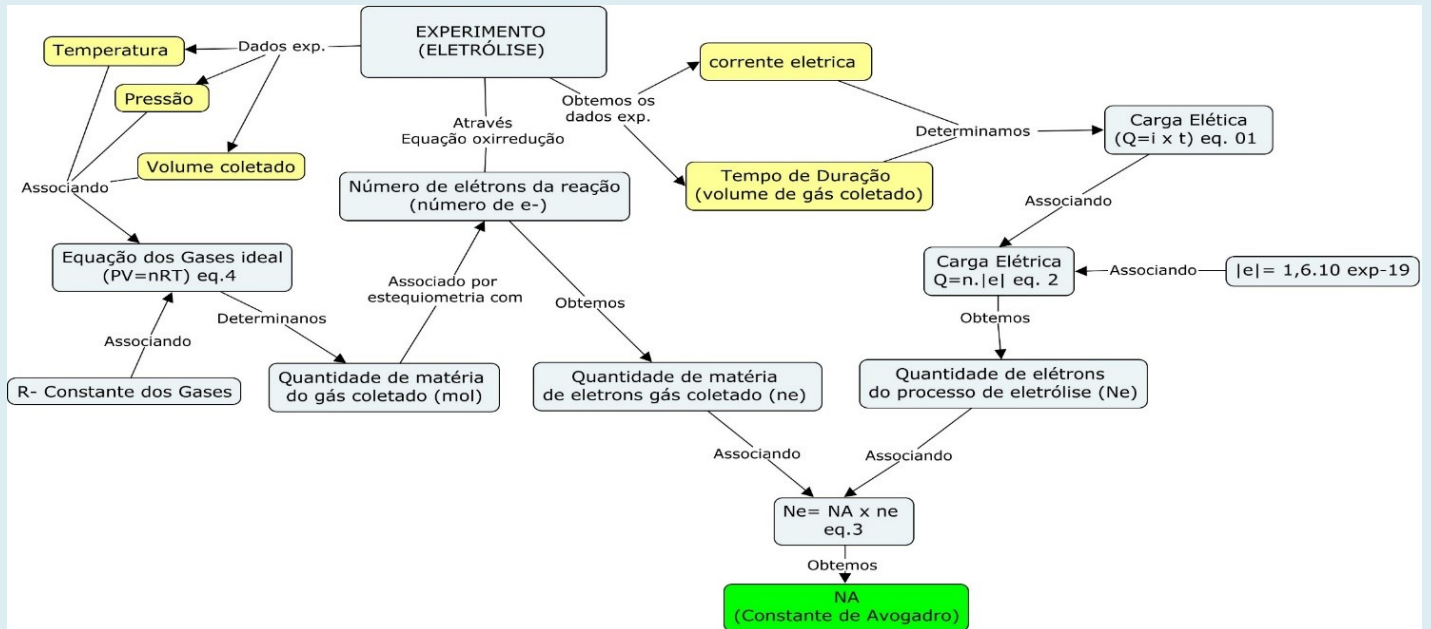
$$N_A = 5,507 \times 10^{23} / \text{mol.}$$

Portanto neste experimento o valor obtido corresponde a  **$5,507 \times 10^{23}$** , valor próximo do valor atual  $6,02214179 \times 10^{23}$  entidades visto a margem de erro estimada em 5% a 10 %, já que se realizou o experimento, utilizando materiais de baixo custo sendo destinado a fins didáticos.

Como já expresse os pontos críticos, temos a questão na montagem a presença das bolhas de ar, no decorrer do experimento as anotações da corrente elétrica e ainda o cálculo da carga elétrica média, interferem significativamente nos resultados.

Segue o diagrama simplificado do experimento de determinação da constante de Avogadro com as relações entre os dados coletados e os respectivos cálculos, Figura 4.

**Figura 4:** Diagrama simplificado do experimento e relação entre os dados e o cálculo de determinação da constante de Avogadro



Fonte: Os autores (2023)

## C: POTÊNCIA DE BASE 10 E NOTAÇÃO CIENTÍFICA

Em diversos campos da química e da física nos deparamos com quantidades ou objetos muito grandes ou pequenos comparadas com quantidades usuais de nosso cotidiano.

Por exemplo:

Velocidade média de um carro dentro de uma cidade → 30 Km/h ou 8,33 m/s

Velocidade aproximada da luz no vácuo → 300000000 m/s

Tamanho médio de uma pessoa adulta → 1,60 m

Tamanho médio de uma célula → 0,000030 m

Ao utilizar estes valores muito grandes ou pequenos a representação em decimal pode dificultar a operação matemática ou mesmo o entendimento real da quantidade medida.

Neste sentido recorremos a uma representação que utiliza fatores multiplicativos assim a escrita neste formato torna-se mais “amigável”, e facilitam as operações matemáticas, a notação científica e a “potência de 10”.

Para escrevermos os números em formato de notação científica, empregamos as potências de base 10, pois são elas que proporcionam a escrita mais simplificada para os algarismos (muito grandes ou pequenos).

Mas recordamos que a potência é um produto de números (fatores) iguais, resultante de uma operação matemática denominada potenciação.

$a^n = \underbrace{a \times a \times \dots \times a}_n$	Sendo <b>a</b> o número que se repete e <b>n</b> indica o número de vezes que multiplicamos <b>a</b> por ele mesmo.
(1)	

Exemplos:

$10^0 = 1$	$10^1 = 10$	$10^2 = 10 \times 10 = 100$
$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$	$10^4 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000$	

Em potência podemos realizar as operações matemáticas utilizando a base 10. Logo precisamos lembrar apenas que existe uma regra básica quando realizamos o produto ou a divisão entre bases iguais.

a- No produto devemos repetir a base e somar os expoentes:

$a^n \times a^k = a^{n+k}$	Ex.: $10^4 \times 10^6 = 10^{10}$
(2)	$10^4 \times 10^{-2} = 10^2$

b- Na divisão devemos repetir a base e subtrair os expoentes

$\frac{a^n}{a^k} = a^{n-k}$	Ex.: $10^8 / 10^2 = 10^6$
(3)	$10^4 / 10^{-2} = 10^6$

Agora que recordamos a potência de dez, podemos escrever em notação científica, utilizando o formato:

$a \times 10^n$ ..... (4)	Onde <b>a</b> é um número real maior ou igual a 1 e menor que 10, com apenas uma casa decimal, e <b>n</b> é um número inteiro qualquer.
---------------------------	---

Para escrevemos um número real em notação científica é necessário transformá-lo no produto expresso pela equação (4), assim será realizado a partir do deslocamento da vírgula, que indica o número de casas decimais, para a direita ou para esquerda.

O expoente da base 10 terá o número de posições deslocadas pela vírgula e será positiva e este será positivo caso o deslocamento seja feito para esquerda e negativo caso ela tenha sido deslocada para a direita.

<p>Ex.:</p> $1000 = 1 \times 10^3$  $12700000 = 1,27 \times 10^7$ 	<p>Ex.:</p> $0,0001 = 1 \times 10^{-3}$ $0,000000234 = 2,34 \times 10^{-7}$ 
---	--

### Operações Matemáticas

<p><b>Multiplicação</b></p> $4 \times 10^3 \cdot 2 \times 10^4 = 8 \times 10^7$  $4 \times 10^3 \cdot 2 \times 10^4 = 8 \times 10^7$	<p><b>Divisão</b></p> $8 \times 10^6 / 2 \times 10^4 = 4 \times 10^2$  $8 \times 10^6 \cdot 2 \times 10^2 = 4 \times 10^7$
<p><b>Soma</b></p> $4 \times 10^3 + 2 \times 10^3 = 6 \times 10^3$  $4 \times 10^3 + 2 \times 10^3 = 6 \times 10^3$	<p><b>Subtração</b></p> $8 \times 10^5 - 2 \times 10^5 = 6 \times 10^5$  $6 \times 10^5 + 2 \times 10^5 = 6 \times 10^5$

Para somar ou subtrair números em potência de dez ou notação científica é necessário que todos eles estejam multiplicando bases com mesmo expoente, caso isso não ocorra é necessário à conversão desses valores. Exemplo

$$6,35 \times 10^3 - 2,5 \times 10^2 =$$

Expoentes diferentes  
Deve-se convertê-los a mesma base

$$63,5 \times 10^2 - 2,5 \times 10^2 =$$

Agora pode realizar a operação

$$63,5 \times 10^2 - 2,5 \times 10^2 = 60 \times 10^2$$

60 Subtrai-se  
2 Conserva-se a base(iguais)

$$= 60 \times 10^2 = 6,0 \times 10^3$$

1  
Em  
Notação científica

Referência:

SOUZA, T. M. et al. **POTÊNCIA DE BASE 10, REGRAS DE ARREDONDAMENTO E NOTAÇÃO CIENTÍFICA**. Programa de Educação Tutorial – PET (física). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017, 11p. Disponível em: <http://r1.ufrrj.br/mntpeaf/wp-content/uploads/2016/06/POT%C3%80NCIA-DE-BASE-10-REGRAS-DE-ARREDONDAMENTO-E-NOTA%C3%87%C3%83O-CIENT%C3%8DFICA-1.pdf>.

Acessado em mar.2023

## D: TÉCNICAS DE BALANCEAMENTO DE OXIRREDUÇÃO (DESCRIÇÃO)

### 1- Método por tentativa.

1ª etapa: determinar o estado de oxidação de todas as espécies químicas participantes da reação química empregando o número de oxidação (NOX);

2ª etapa: verificar quais espécies químicas estão em oxidação e redução. E a variação total do Nox ( $\Delta$ ) da oxidação e redução;

3ª etapa: inverter os valores de  $\Delta$  da oxidação e redução;

4ª etapa: determinar os demais coeficientes do balanceamento por tentativa.

### 2- Método por semirreação.

1ª etapa: determinar o estado de oxidação de todas as espécies químicas participantes da reação química empregando o número de oxidação (NOX);

2ª etapa: verificar quais espécies químicas estão em oxidação e redução. E escrever as semirreações de oxidação e redução;

3ª etapa: realizar o balanceamento químico (átomos) das espécies químicas da oxidação e redução. E as respectivas quantidades de elétrons em cada semirreação;

4ª etapa: igualar o total de cargas no termo (lado) dos reagentes e produtos em função do meio reacional.

Quando em meio ácido o equilíbrio deve ser realizado com a adição de íons  $H^+$  no termo adequado. Já se meio for básico o equilíbrio deve ser realizado com a adição de íons  $OH^-$ , no termo adequado.

5ª etapa: igualar quantidade do elemento Hidrogênio através da adição de água no termo adequado. Observar a quantidade do elemento Oxigênio, se necessário ajustar, porém na maior parte das vezes está balanceado;

6ª etapa: igualar a quantidade de elétrons e somar as semirreações ao final as quantidades de elétrons cedidas e recebidas serão anuladas (KOTZ et al., 2016, p. 873–875).

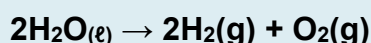
Referência:

KOTZ, J. C. et al. **Química Geral e Reações Químicas - Volume 2 - Tradução da 9ª edição norte-americana**. 9. ed. Porto Alegre.: Editora BookMan, 2016. v. 2

## E: QUESTÕES BÁSICAS:RELEMBRANDO

Em relação a Conservação das massas e balanceamento químico, observa-se:

No reagente temos na equação química abaixo, duas moléculas de água líquida (H<sub>2</sub>O), cada constituída de 2 átomos de hidrogênio e 1 átomo de oxigênio, totalizando 4 átomos de hidrogênio e 2 átomos de oxigênio no lado do reagente, já observando o lado do produto temos duas moléculas de H<sub>2</sub> e uma molécula de gás oxigênio (O<sub>2</sub>), logo temos dois átomos de hidrogênio em cada molécula de gás hidrogênio, que totalizam 4 átomos hidrogênio, enquanto o gás oxigênio apresenta 2 átomos de oxigênio no total.



Uma questão simples para nós (professores) mas, as vezes são questões que nossos alunos têm dificuldades, impedindo a compreensão adequada de diversos conceitos.

Portando, ao observar a equação química, acima em relação ao reagente e produto observa-se que a quantidade de átomos de cada elemento químico está na mesma quantidade tanto do lado do reagente quanto do produto, logo o total da massa envolvida no produto e reagente são as mesmas.

Vale destacar, junto aos alunos, que os átomos dos elementos presentes no reagente “reorganizam-se” gerando novas substâncias, sendo os mesmos elementos, como as mesmas massas atômicas, mas novos arranjos, como temos a mesma quantidade de átomos de cada elemento em cada lado da reação, a massa também será a mesma, como observado por meio experimental e relatado por Antoine Lavoisier, hoje conhecida pela 1ª Lei ponderal, a lei da conservação das massas.

**“Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”, atribuída a Antoine Lavoisier.**

Já em relação aos coeficientes estequiométricos podemos observar a proporção entre as substâncias presentes na reação química, neste caso da equação de decomposição da água, temos 2 moléculas de água gerando por meio da decomposição 2 moléculas de gás hidrogênio e 1 molécula de gás oxigênio.

Logo, observamos a relação de 2 moléculas de água para 2 moléculas de gás hidrogênio (2H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub>----2H<sub>2(g)</sub>) portanto 2 moléculas de água produzem 2 moléculas de gás hidrogênio, caso tenha 6 moléculas de água produzem 6 moléculas de gás hidrogênio, ou seja, temos uma proporção. O mesmo ocorrendo com água com o gás oxigênio, já a relação será de 2 moléculas de água para 1 molécula de gás oxigênio (2H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub>----O<sub>2(g)</sub>).

Ainda podemos relacionar nesta reação a relação entre seus produtos, gás hidrogênio e gás oxigênio sendo de 2 moléculas de gás hidrogênio para 1 molécula de gás oxigênio ( $\text{H}_2(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g})$ ). Estas relações de proporção são conhecidas com a 2ª lei ponderal, a Lei das proporções, atribuídas a Joseph Louis Proust e, para estes cálculos, podemos empregar a “Regra de três”.

**“Toda substância possui uma proporção constante, em massa, na sua composição, e a proporção na qual reagem e se formam é constante.”, atribuído a Joseph Louis Proust**

Ao utilizar a hipótese de Avogadro, inicialmente proposta a partir de estudos de gases, sendo descrito por diversos livros didáticos por “Volumes iguais, de quaisquer gases, nas mesmas condições de pressão e temperatura, apresentam a mesma quantidade de moléculas das substâncias” a relação conhecida por quantidade de matéria, com unidade de medida, o mol. Destaca-se que alguns livros didáticos e publicações na web trazem informações confusas sobre o conceito de quantidade de matéria, às vezes confundido a unidade de medida (mol) como sinônimo de quantidade de matéria.

Em relação a massa, “o pesar” para o aluno. Não conseguimos mensurar uma molécula, mas podemos mensurar uma porção de moléculas, medindo a massa desta porção da matéria, por meio de balanças. Assim podemos relacioná-la com base na hipótese de Avogadro, a quantidade de  $6,02 \times 10^{23}$  entidades (elétrons, átomos, íons, moléculas), logo um mol corresponde a este valor de entidades.

Já recordamos e relacionamos as quantidades de moléculas com a quantidade de matérias, obedecendo às leis ponderais, nas reações químicas, utilizando as representações das reações químicas (as equações) e a proporções por meio da estequiometria.

Reforçamos as relações com base na equação ( $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ ), podemos ler a reação em função de quantidade de matéria, seguindo também as proporções, portanto temos como reagente 2 mols de moléculas de água líquida produzindo 2 mols de gás hidrogênio e 1 mol de gás oxigênio. Logo podemos ainda junto ao aluno, lembrar que não conseguimos medir a massa de uma molécula, mas de uma porção de moléculas, neste caso a quantidade de matéria, 1mol que contém  $6,02 \times 10^{23}$  moléculas, que podemos medir facilmente e relacionar diretamente a uma reação.

Exemplificando no caso da molécula de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), a massa molecular dela corresponde a massa de 2 átomos do elemento hidrogênio e 1 átomo de oxigênio, utilizando a [tabela periódica](#) teremos massa de 18,00 u (unidade de massa atômica),

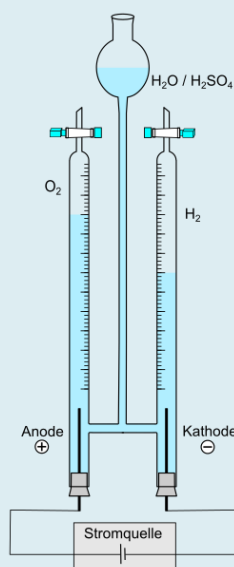
pensando em quantidade de matéria, 1 mol de água corresponde a 18,00 g (gramas) contendo  $6,02 \times 10^{23}$  moléculas, no qual podemos medir, trazendo para próximo do aluno a medição e as reações químicas.

## F: CURIOSIDADE EM RELAÇÃO AO EXPERIMENTO

Curiosidade, o experimento de referência desta atividade experimental seção 50-minute experimente no artigo “An Approximate Determination of Avogadro’s Constant”, publicado no Journal of Chemical Education no volume 57, number 10 em outubro 1980 pág. 735 a 736, empregou-se um voltímetro de Hoffman para determinar o valor da constante de Avogadro.

Em substituição ao voltímetro de Hoffman, equipamento de alto custo, empregamos provetas nos eletrodos e a solução de hidróxido de sódio como eletrólito. Mas abaixo segue a representação e imagem do voltímetro de Hoffmann. E ainda uma sugestão de vídeo que utiliza este equipamento em eletrólise.

Figura 1- Voltímetro de Hoffmann



Fonte: [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Hoffmannscher\\_Zersetzung\\_app.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Hoffmannscher_Zersetzung_app.svg)

Referência:

SZELL, T. et al. An Approximate Determination of Avogadro’s Constant. **Journal of Chemical Education**, v. 57, n. 10, p. 735–736, out. 1980.

---

# EXPERIMENTOS: SUGESTÕES

---

## G: EXPERIMENTOS DE APOIO

### EXPERIMENTO: REAÇÃO ENTRE ZINCO E ÁCIDO CLORÍDRICO

#### Introdução

Utilizamos em nosso cotidiano uma variedade de materiais obtidos da natureza por meio de transformações físicas e/ou químicas. Relembramos que quando ocorre uma alteração em seus componentes, temos uma transformação química (reação química). Caso contrário trata-se de uma transformação física.

Nas reações químicas observa-se a presença dos reagentes (substâncias que os átomos serão recombinados) e produtos (substâncias resultantes), logo podemos evidenciar algumas reações por meio da mudança de cor, da liberação de gás (efervescência), da formação de um sólido (precipitado), do aparecimento de chama ou luminosidade e da alteração de temperatura, dentre outras. Mas nem sempre podemos afirmar que ocorreu uma reação química, baseando nas alterações ocorridas no sistema como exemplo a mistura de água e álcool ou água e sal de cozinha.

Logo, as reações podem ser classificadas em síntese, decomposição, simples troca ou dupla troca. E ainda envolverem trocas de calor (reações endotérmica/exotérmicas) ou transferências de elétrons (reações de oxirredução). Vejamos o experimento abaixo.

#### Objetivos

- Evidenciar a reação de oxirredução entre o zinco metálico e o hidrogênio proveniente do ácido clorídrico diluído;
- Verificar a existência e comprovação da Lei de conservação das massas.

#### Materiais e reagentes

- 01 Solução de HCl (1 mol/L ou 2 mol/L);
- 01 Zinco metálico (granulado ou lascas);
- 01 rolha de borracha ou tampa para tubo de ensaio;
- 01 pipeta volumétrica graduada de 2 mL;
- 01 espátula;
- 01 Balança;
- 01 Papel toalha;
- 01 pera;
- 01 bexiga de ar;
- 01 suporte para tubos de ensaio.

#### Procedimentos

Em um tubo de ensaio, adicionar solução de ácido clorídrico (1 mol/L ou 2 mol/L) até atingir aproximadamente a metade da capacidade do tubo.

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL







### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

Utilizando uma balança, pesar o suporte para tubos de ensaio com o tubo e o ácido, a bexiga (caso for utilizá-la), juntamente com o zinco metálico. E anotar o valor da massa total em gramas (g).

Em seguida, adicionar ao tubo com ácido, zinco metálico e tampar a boca desse tubo com a tampa, (ou a bexiga, se for o caso). Esperar a reação acessar e novamente anotar a massa total em gramas.

Obs.: Sugere-se que essa atividade seja realizada em grupo, porém conforme sua realidade (espaço físico, condições de segurança, quantidade de material disponível e de alunos), não seja adequada, sugere-se uma demonstração, visto as atividades experimentais com descrito em diversos artigos e dissertações como (OLIVEIRA, 2010) e GIANI (2010) que podem motivar e despertar a atenção dos alunos.

#### 1-Montagem e resultados

	
<p>Obtenção de Zinco metálico (lâmina delgada)</p>	<p>Material empregado</p>
	
	
<p>Exp.2: Zinco c/ 10mL solução HCl 1mol/L</p>	<p>Exp.2: Zinco c/ 10mL solução HCl 1mol/L após 20 min</p>

Fonte: Os autores (2022)

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

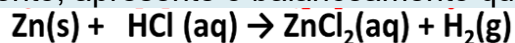
#### Cuidados/recomendações:

Como emprega-se ácido, recomenda-se utilizar jaleco, luva e óculos de proteção. Porém cabe ao educador avaliar a necessidade de outro aparato ou ação de proteção, visto sua realidade.

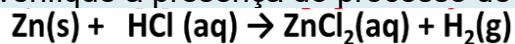
Para o descarte do ácido clorídrico, neutralizar com hidróxidos ou carbonatos, havendo a monitoramento do pH que deverá estar entre 6 e 8, se necessário utilizar banho de gelo. Após a neutralização, descartar lentamente na pia sob água corrente.

#### Sugestão de questões

- 1) O experimento confirma o enunciado de qual lei? O que diz esta lei?
- 2) A partir de suas observações do experimento, houve evidências de reação química? Quais?
- 3) Com base no experimento, apresente o balanceamento químico da reação.



- 4) Com base na reação, verifique a presença do processo de oxidação e redução.



**Consideração:** As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões ou alterar a estrutura do experimento, pois a meta consiste em verificar a reação de redox e ainda aproveitar o momento para relembrar as leis ponderais e o balanceamento químico.

## EXPERIMENTO: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

### Introdução

As substâncias apresentam diversas características ou propriedades, as quais podem determinar suas aplicações, dentre as propriedades destacamos a propriedade de materiais conduzirem a corrente elétrica.

Através da medida da condutividade elétrica, observa-se o nível de condução elétrica de alguns materiais, sendo assim sendo classificados como condutores, semicondutores ou isolantes.

Mas quando levamos aquele choque elétrico ao tomarmos banho ou quando utilizamos a maquina de lavar roupas está também relacionado com a condutibilidade elétrica? Ou ainda com as ligações químicas?

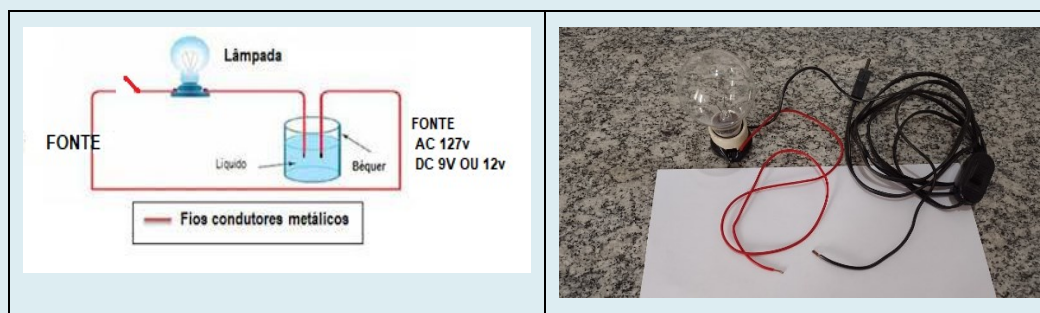
### Objetivos

- Compreender as condições para que haja condução de eletricidade;
- Relacionar a condutividade elétrica com as ligações químicas presente nas substâncias;
- Discutir a relação das ligações químicas, processos de ionização e dissociação na condutividade elétrica;
- Diferenciar a corrente alternada (AC) e corrente contínua (DC).

### Materiais e reagentes

- 01 Solução de sacarose (diluída);
- 01 Solução de ácido clorídrico diluído 0,1 mol/L;
- 01 Solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L;
- 01 Solução de cloreto de sódio (diluída);
- 01 Cloreto de sódio (sólido);
- 01 Água de destilada;
- 06 Béquer ou copo transparente de 100mL ou 200mL;
- 02 Vidro relógio
- 01-soquete para lâmpada;
- Lâmpada incandescente. 60W ou 20 W / 127 V;
- 01-Fonte AC/DC 9V ou 12V;
- 01 led ou lâmpada automotiva 12V;
- 01 Fita isolante;
- Conectores ou fios para montagem.

#### 1-Diagrama e montagem de sistema.



Fonte: Os autores (2022)

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

#### Procedimento experimental

Monte conforme diagrama abaixo. Podendo ser empregado em corrente AC ou DC. Apenas observe a lâmpada a ser utilizada, quando AC empregar a lâmpada 60W ou 20W, já quando DC empregar a lâmpada automotiva.

Em cada béquer de 100 mL, adicionar entre 50 e 70mL quando das soluções ou sólidos.

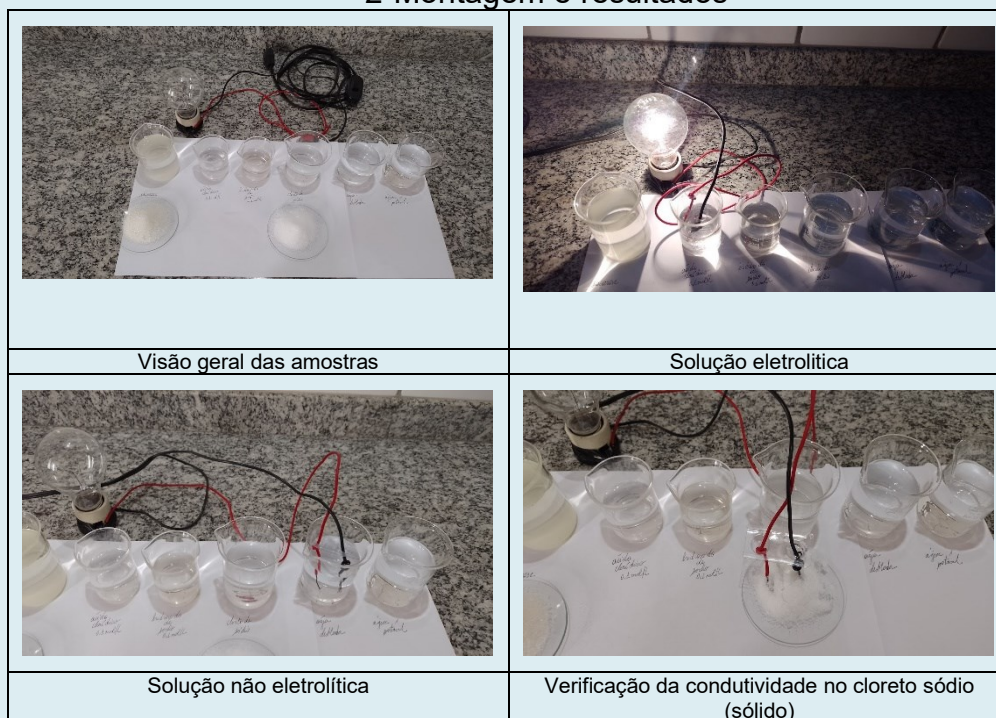
- A-Solução de sacarose (diluída);
- B- Sacarose (sólido);
- C-Solução de ácido clorídrico diluído 0,1 mol/L;
- D-Solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L;
- E- Solução de cloreto de sódio (diluída);
- F- Cloreto de sódio (sólido);
- G- Água de destilada;
- H- Água potável.

Realizar o teste em cada béquer e anotar as observações, tanto quanto a condutibilidade, luminosidade (alta, média ou baixa). Sugere-se alteração a concentração da solução de sacarose, do cloreto de sódio e até misturá-los visto a questão soro caseiro.

Sugestão: Após teste com água, adicione uma pitada de cloreto de sódio, e lentamente insira os terminais na solução. Peças para os alunos anotarem as observações. Em seguida, agite a mistura, insira novamente os terminais e peças para anotar as observações. Momento para abordar a diluição, mistura de substância, lembrar do agitar o suco para ficar uniforme ou o caso de agitarmos alguns medicamentos antes de ingerir.

Pois além da verificação das soluções eletrolíticas, questionar ou relacionar com as ligações químicas, a formação dos íons (ionização e dissociação), e relação a concentração de íons.

#### 2-Montagem e resultados



Fonte: Os autores (2022)

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

#### Sugestão de questões

- 1) Quais frascos corresponde a soluções eletrolíticas
- 2) O que ocorreu nos frascos com sólidos? Justifique.
- 3) A condutividade está relacionada com as ligações químicas.
- 4) Houve condução elétrica quando houve a mistura da solução de sacarose com o sal (lembrando o soro caseiro)? Comente.
- 5) Agitação favorece a dissolução, influência também a condutividade?

**Consideração:** As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões ou alterar a estrutura do experimento.

## EXPERIMENTO: PILHA DE DANIELL/PILHA SIMPLES

### Introdução

John Frederic Daniell (1745-1827) propôs uma pilha, constituída de uma placa de cobre e outra de zinco, mergulhadas em soluções dos respectivos metais, interligadas através solução salina, sendo dispositivo conhecido por Pilha de Daniell. Neste experimento observamos a reação de oxirredução com formação de íons e verificamos os conceitos relacionados a eletroquímica e a corrente elétrica, neste caso DC.

Relembramos que na pilha de Daniell é parecida com a pilha de Volta, pois possuem os mesmos eletrodos, cobre e zinco. O eletrodo de cobre corresponde ao polo positivo e o de zinco, o polo negativo, porém mais eficiente devido a ponte salina, permanecendo com carga por mais tempo. E futuramente com base nos princípios na pilha de Daniel, George Leclanché (1839-1882), propõe a pilha seca, sendo a base das pilhas atuais.

### Objetivos

- Montar a pilha de Daniell;
- Evidenciar o funcionamento da Pilha de Daniell;
- Efetuar a medição do potencial da pilha em volts;
- Relembrar os conceitos relacionados às semirreações e reação global.

### Materiais e reagentes

- 01 Solução sulfato de cobre II ( $\text{CuSO}_4$ ) 1 mol/L;
- 01 Solução sulfato de cobre ( $\text{ZnSO}_4$ ) 1 mol/L;
- 01 placa metálica de cobre;
- 01 placa metálica de zinco;
- 02 Béquer ou copo transparente de 100mL
- 01 voltímetro ou multímetro com a função voltagem;
- 01 Solução de cloreto de sódio (saturada) ou cloreto de potássio 3,0mol/L: empregada na ponte salina
- 01 tubo tipo U ou mangueira 1/8 (15-20cm) flexível: utilizado na montagem da ponte salina;
- 02 pedaços de algodão: empregado no fechamento do tubo da ponte salina
- Conectores ou fios para montagem.
- 01 placa metálica de alumínio
- 01-solução de água sanitária (hipoclorito de sódio 2-2,5%);

### Procedimento experimental(A)

No béquer de 100 mL, adicionar aproximadamente 50 mL da solução de sulfato de cobre II (1,0 mol/L) e em outro a mesma quantidade da solução de sulfato de zinco (1,0 mol/L);

Mergulhe as placas metálicas de cobre na solução de sulfato de cobre II e na solução sulfato de zinco, a placa de zinco metálico.

Em seguida liga-se as placas metálicas no multímetro, ajustado para função voltímetro preferencialmente na escala até 20 Volts, DC.

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

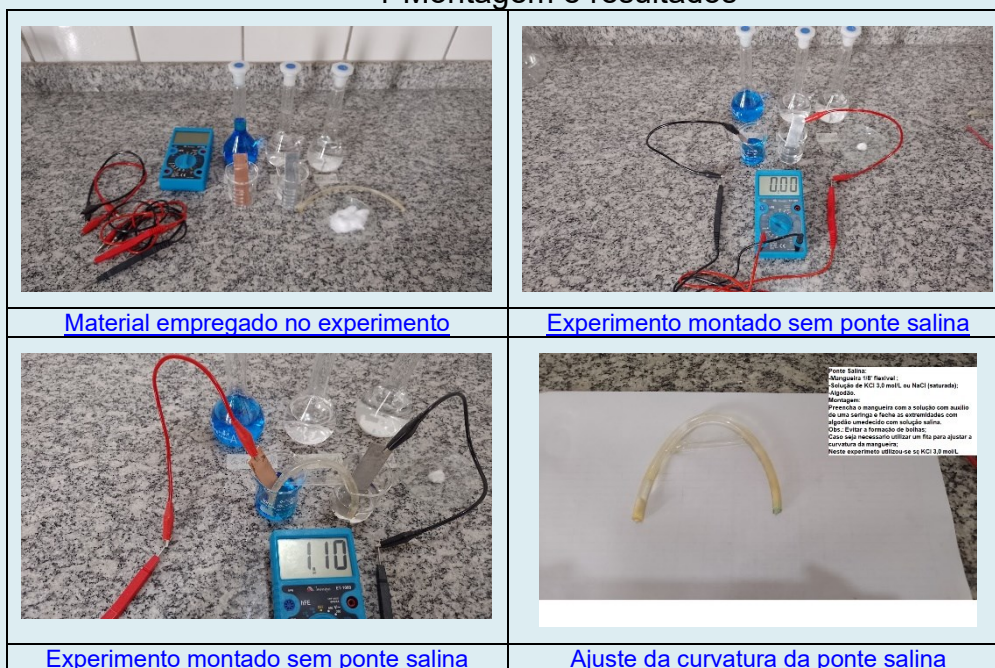
### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

Ao inserirmos a ponte salina, o multímetro começa a registrar a tensão. Pode-se ainda ligar um relógio, led outro equipamento que opere na tensão registrada da pilha

Obs.:

1. Para montagem da ponte salina que proporciona o equilíbrio iônico, preencha o tubo tipo U ou mangueira com solução de cloreto de sódio sem deixar bolhas. Após preenchimento feche as extremidades com algodão umedecido de pela solução de cloreto de sódio.
2. Caso considere necessário monte outra e ligue em série para obter maior tensão.
3. Na montagem da ponte salina, preencha a mangueira flexível com auxílio de uma seringa e feche as extremidades com algodão umedecido com a solução salina. Evite a formação de bolhas de ar, sendo necessário utilize uma fita para ajustar a forma para mangueira. No experimento abaixo utilizou-se solução de KCl 3,0 mol/L.

#### 1-Montagem e resultados



Fonte: Os autores (2022)

#### Procedimento experimental (B)

Em um béquer de 100 mL, adicione duas placas metálicas, uma de cobre e outro alumínio;

Em seguida liga-se as placas metálicas no multímetro, ajustado para função voltímetro preferencialmente na escala até 20Volts DC.

Logo adiciona-se adicionar aproximadamente 50 mL de água sanitária (hipoclorito de sódio 2-2,5%) no béquer com as placas metálicas. Neste o multímetro começa a registrar a tensão. Pode-se ainda ligar um relógio, led outro equipamento que opere na tensão registrada da pilha

Obs.: Caso considere necessário monte outra e ligue em série para obter maior tensão.

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

#### 2-Montagem e resultados

		
<a href="#">Material empregado no experimento</a>	<a href="#">Experimento com placa de alumínio</a>	<a href="#">Experimento com papel alumínio</a>



Fonte: Os autores (2022)

#### Sugestão de questões

1. Apresente a equação de oxirredução com base neste experimento A (Pilha de Daniell).
2. Mudança de atitudes ou de vida cotidiana ocasionado pela difusão das pilhas/baterias.
3. Com base em seus conhecimentos, caracterize o descarte consciente?
4. Compare a pilha de cobre e alumínio com a pilha cobre e zinco.

#### Consideração:

- As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões.
- Sugere o experimento B em virtude a simplicidade de obter os materiais do experimento.
- Vídeos sobre os experimentos:

1-Pilha de Daniell (cobre/zinco): <a href="https://www.youtube.com/watch?v=U3BsZ8GwxkU">https://www.youtube.com/watch?v=U3BsZ8GwxkU</a>	
2-Pilha de cobre/alumínio: <a href="https://youtu.be/YZURKtIBF9M">https://youtu.be/YZURKtIBF9M</a>	

### EXPERIMENTO: REVESTIMENTO DE MOEDA/CHAVE

#### Introdução

Como abordado a eletrólise refere-se há uma reação de oxirredução, neste caso não espontânea obtida a partir da aplicação de corrente elétrica em um meio em que os íons estejam livres contribuindo no equilíbrio de cargas e íons.

A eletrólise pode ocorrer em meio reacional obtido pela da fusão de substâncias iônicas, a eletrólise ígnea ou em meio aquoso, a eletrólise aquosa.

Dentre suas aplicações, destaca-se seu emprego no revestimento de peças com metais que se oxidam com maior facilidade que o metal constituinte da peça, a eletrodeposição, nesta condição também conhecida por galvanoplastia,

#### Objetivos

- Evidenciar o processo de eletrólise aquosa, revestindo o objeto metálico.
- Refletir sobre o emprego do processo de eletrólise.

#### Materiais e reagentes

- 01 Fonte AC/DC 9V ou 12V;
- 01 Solução sulfato de cobre II ( $\text{CuSO}_4$ ) 1 mol/L;
- 01 Béquer ou copo transparente de 100mL;
- 01 chave ou moeda;
- 01 placa metálica de cobre;
- Conectores ou fios para montagem.

#### Procedimento experimental:




No béquer adicionar 70mL de solução de sulfato de cobre 1,0 mol/L; Prenda a chave ou moeda ao polo negativo da fonte AC/DC e positivo placa de cobre.

Mergulhe a chave ou moeda, juntamente com placa cobre na solução, sem que as tenhas contato;

Ligue a fonte AC/DC e anote suas observações, tanto em relação aos objetos e coloração da solução.

Obs.: Limpe a superfície que será revestida com detergente, caso considerar necessário realizar o lixamento para melhor limpeza.

#### 1-Montagem e resultados

		
<a href="#">Material empregado no experimento</a>	<a href="#">Experimento- Revestimento (Cobre)</a>	<a href="#">Resultado do Experimento (t=5')</a>

Fonte: Os autores (2022)

#### Sugestão de questões

1. O experimento evidencia o processo de eletrólise? Comente sua importância.
2. Caso chave fosse construída de zinco, apresente a reações de oxirredução.

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

3. Seria possível medir o consumo de energia? Como?

#### Consideração:

- As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões ou alterar a estrutura do experimento.
- Considerações: Vídeo sobre o experimento:

1-Eletrólise (revestimento por cobre):  
<https://www.youtube.com/watch?v=jdM78LVN1i8>



## EXPERIMENTO: ATRAÇÃO DE FRAGMENTOS DE PAPEL E DO FILETE D'ÁGUA

### Introdução

Desde a antiguidade vários fenômenos integrava o ser humano, como os relatos o âmbar, ao serem atritados adquiriam a propriedade de atraírem pequenos objetos como fios de cabelo. Apenas 1600 com trabalhos de William Gilbert começa-se a utilizar a palavra “eletricidade” para referir-se a estes fenômenos, sendo esta derivada do grego, “âmbar”, “elektron”.

A partir de experimentos realizados até o século XVII concluíram que diversos materiais como vidro e peles de animais apresentam esta característica. Destaca-se as pesquisas de Charles François Cisternay du Fay, que evidenciaram a presença de duas formas de eletricidade, na época definida como eletricidade vítrea “, e o presente no âmbar de “eletricidade resinosa e observação da atração e repulsão entre-las. Com outras pesquisas como Benjamin Franklin e Robert Millikan possibilitaram a melhor a compreensão da eletricidade.

Há este fenômeno denominado de eletricidade estática, os tipos eletricidade de proposta por Charles du Fay, as cargas positivas e negativas, podendo ser quantizadas (medidas) por meio do valor da carga do elétron ( $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ ) obtido através das pesquisas de Millikan. E a compreensão dos processos de eletrização (atrito, indução e contato) a partir dos modelos atômicos, em destaque o modelo de Thomson que propôs o primeiro átomo com a presença de cargas elétricas.

### Objetivo

- Evidenciar o fenômeno da eletrização por atrito e indução

### Materiais e reagentes

- 1 Pente (plástico);
- 1 canudo plástico ou bastão de vidro;
- 1 pedaço de papel (papel higiênico ou papel toalha);
- 1 pedaço de tecido – lã;

### Procedimento

#### A-Experimento com fragmentos de papel

1- Friccione o pente junto ao cabelo ou pedaço lã, aproxime-o junto aos pedaços de papel picado e verifique o que acontece. (Anotar as observações).

Ou

1- Friccione o canudo plástico com um pedaço de papel em seguida aproxime-o dos pedaços de papel picado e verifique o que acontece. (Anotar as observações).

#### B-Experimento do filete de água

1- Abra a torneira deixando o filete de água caindo.

2-Friccione o canudo de plástico vigorosamente com um pedaço de papel em seguida, aproxime-o do filete de água e verifique o que acontece. (Anotar as observações)

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

#### Cuidados/recomendações:

Caso realize o atrito do pente junto ao cabelo, ele deve estar seco.

Na dificuldade de encontrar canudo de plástico, utilize um bastão de vidro

#### SUGESTÃO DE QUESTÕES

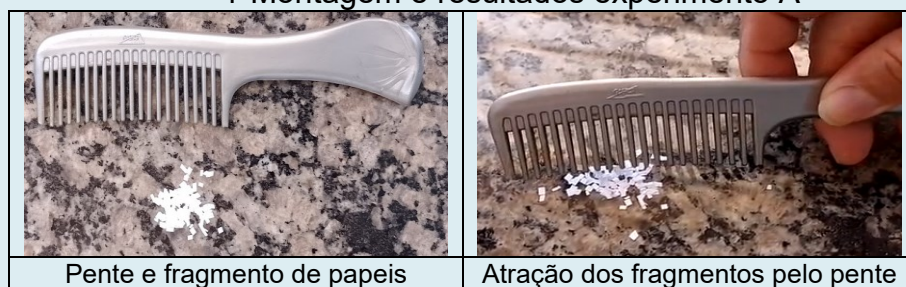
1. O experimento evidencia o processo de eletrização? Comente.
2. Com uma série triboelétrica, seria possível indicar os sinais das cargas nos objetos eletrizados (positivo e negativo)?
3. Quais dos experimentos relaciona-se com eletrização por atrito e indução. Justifique

#### 1-Série Triboelétrica.

Materiais	
+	Ar
	Pele
	Vidro
	Mica
	Cabelo humano
	Nylon
	Lã
	Seda
	Alumínio
	Papel
	Algodão
	Madeira
	Aço
	Borracha
	Cobre
	Prata
	Ouro
	Acrílico
	Poliéster
	Poliétileno
	PVC
	Silicone
	Teflon
-	

Fonte: Jr. Orlando (2018 p.2)

#### 1-Montagem e resultados experimento A

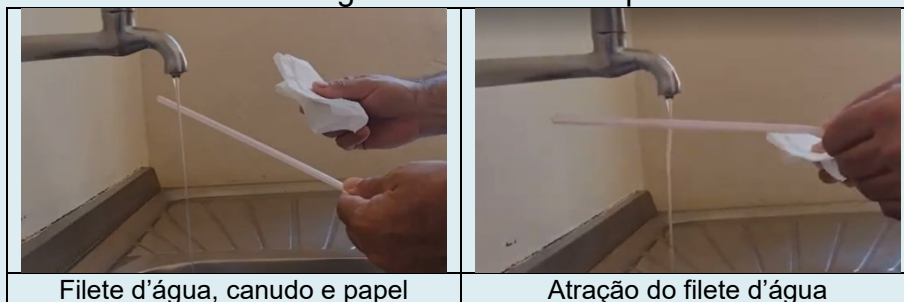


Fonte: Os autores

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL


#### 2-Montagem e resultados experimento B



Fonte: Os autores

#### Consideração:

- As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões ou alterar a estrutura do experimento.
- Considerações: Vídeos sobre o experimento:

1-Experimento do filete d'água-SED-PR: <a href="http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=18238">http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/video/showVideo.php?video=18238</a>	
2-Experimentos sobre eletrização- UNIVESP: <a href="https://youtu.be/MvV46hVy3_Y?list=PLxI8Can9yAHd6UyZv0OsjmWCM5TydcVYS">https://youtu.be/MvV46hVy3_Y?list=PLxI8Can9yAHd6UyZv0OsjmWCM5TydcVYS</a>	

#### Referência:

JUNIOR, Orlando. **Material de Apoio para Experimentos no Laboratório de Física III:** Lab. Física III (apostila). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB.2018

## EXPERIMENTO: ELETROSCÓPIO

### Introdução

Em 1787, o clérigo e físico britânico Abraham Bennet (1749 –1799) construiu instrumento para observação das cargas elétricas, sendo mais sensíveis que o Pêndulo Eletrostático. Era constituído por uma extremidade de metal que possuía, internamente a um recipiente de vidro, duas folhas de ouro suspensas. Caso um objeto estivesse eletrizado as folhas de ouro apresentariam uma notável repulsão, recordando os avanços na montagem dos experimentos e desenvolvimento de equipamentos impulsionam os avanços nas pesquisas científicas,

### Objetivos

- Evidenciar o fenômeno da eletrização por meio do eletroscópio de folha;
- Verificar experimentalmente o princípio de funcionamento do eletroscópio.

### Materiais e reagentes

- 01 Eletroscópio de folha (artesanal)
- 01 canudo plástico;
- 01 bastão de vidro;
- 01 pedaço de papel (papel higiênico ou papel toalha)

### Procedimento

1) Utilizar o eletroscópio de folha artesanal. Com eletroscópio na bancada, realizar a eletrização do canudo por atrito com papel higiênico ou papel toalha. localizados alguns eletroscópios de folhas.

2) Aproxime e afaste o canudo da esfera metálica do eletroscópio, sem tocar. Observe e anote;

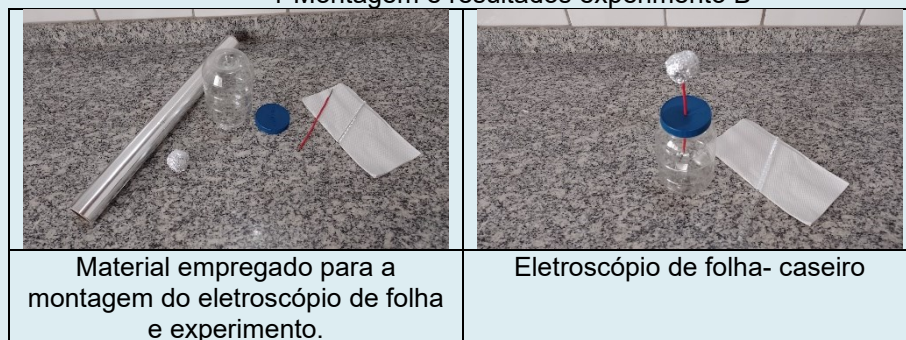
3) Agora encoste o canudo e afaste-o seguidamente. Observe e anote;

4) Pegue no bastão de vidro, eletrize-o com papel higiênico e aproxime do eletroscópio de folha, sem tocar. Observe e anote;

5) Toque na esfera do eletroscópio com o bastão de vidro e afaste-o. Observe e anote;

6) Para finalizar, eletrize novamente o canudo e aproxime-o novamente a esfera do eletroscópio.de folha, sem tocar. Observe e anote.

1-Montagem e resultados experimento B



Fonte: Os autores (2022)

Obs.: Montagem do eletroscópio de folha.

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL

### PARTE DE PRODUTO EDUCACIONAL

Eletrostática: Eletroscópio de Folha. **Projeto Física e cidadania**. Universidade federal de juiz de Fora (UFJF) disponível em

<https://www.ufjf.br/fisicaecidadania/aprendendo-e-ensinando/faca-voce-mesmo/eletroscopio-de-folhas/>



### Sugestão de questões

Com base nas observações e anotações, responda.

- 1-Explique o observado nas etapas 2 e 3.
- 2-Em relação a etapa 4. Quais as diferenças observadas entre o plástico e o vidro?
- 3-Explique o observado nas etapas 5 e 6. E represente-as.
- 4-Com base na Série triboelétrica, os sinais das cargas nos objetos eletrizados (positivo e negativo), nas etapas 2 e 5

### Consideração:

- As questões e a estrutura da experimentação são sugestões, ficando a vosso critério, utilizá-las ou não, como adicionar outras questões ou alterar a estrutura do experimento.

# ANEXO

## ANEXO

### A: PROPOSTA TÉCNICA DO MULTÍMETRO DIGITAL UTILIZADO NOS EXPERIMENTOS

<p style="text-align: center;"><b>TENSÃO DC</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Faixas: 200mV, 2000mV, 20V, 200V, 600V;</li><li>• Precisão: 200mV <math>\pm(0,5\%+3D)</math> 2000mV ~ 200V <math>\pm(0,8\%+5D)</math> 1000V <math>\pm(1,0\%+5D)</math>;</li><li>• Resolução: 1<math>\mu</math>V, 1mV, 10mV, 100mV, 1V;</li><li>• Proteção de Sobrecarga: 1000V DC e 220V AC para faixa 200mV ou 750V RMS para todos as outras faixas.</li></ul>	<p style="text-align: center;"><b>CORRENTE DC</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Faixas: 2000<math>\mu</math>A, 20mA, 200mA, 10A;</li><li>• Precisão: 2000<math>\mu</math>A ~ 20mA <math>\pm(1,8\%+2D)</math> 200mA <math>\pm(2,0\%+2D)</math> 10A <math>\pm(2,0\%+10D)</math>;</li><li>• Resolução: 1<math>\mu</math>A, 10<math>\mu</math>A, 100<math>\mu</math>A, 10mA;</li><li>• Proteção de Sobrecarga: Fusível de 500mA/250V para mA; <b><u>Sem proteção para a entrada 10A.</u></b></li><li>• Corrente Máxima: 10A (tempo de teste menor que 10 segundos);</li><li>• Queda de Tensão: &lt;200mV.</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>TENSÃO AC</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Faixas: 200V, 600V;</li><li>• Precisão: (2,0%+10D);</li><li>• Resolução: 100mV, 1V;</li><li>• Resposta em frequência: 40Hz ~ 200Hz;</li><li>• Proteção de Sobrecarga: 1000V DC ou 750V RMS para todas as faixas.</li></ul>	<p style="text-align: center;"><b>TESTE DE DIODO</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Faixa: <math>\rightarrow</math></li><li>• Tensão de circuito aberto aproximadamente 2,8V;</li><li>• Corrente direta de aprox. 1mA; O valor de tensão de uma junção PN de silício costuma ser por volta de 0,5 ~ 0,8V.</li><li>• Proteção de Sobrecarga: 15 segundos no máximo de 220V RMS.</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>RESISTÊNCIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Faixas: 200<math>\Omega</math>, 2000<math>\Omega</math>, 20k<math>\Omega</math>, 200k<math>\Omega</math>, 2000k<math>\Omega</math>;</li><li>• Precisão: 200<math>\Omega</math> <math>\pm(1,0\%+10D)</math> 2000<math>\Omega</math> ~ 2000k<math>\Omega</math> <math>\pm(1,0\%+4D)</math>;</li><li>• Resolução: 0,1<math>\Omega</math>, 1<math>\Omega</math>, 10<math>\Omega</math>, 100<math>\Omega</math>, 1k<math>\Omega</math>;</li><li>• Tensão em Aberto: &lt; 3V;</li><li>• Proteção de Sobrecarga: 15 segundos no máximo de 220V RMS.</li></ul>	<p style="text-align: center;"><b>TESTE DE CONTINUIDADE</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Faixa: <math>\rightarrow</math>)</li><li>• Acima de 70<math>\Omega</math>, o alarme sonoro não é ativado. O alarme sonoro é ativado quando o objeto medido está com boa condutividade;</li><li>• Proteção de Sobrecarga: 15 segundos no máximo de 220V RMS.</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>TESTE DE hFE</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Faixa: 0 ~ 1000;</li><li>• Corrente de base: 10<math>\mu</math>A;</li><li>• Vce: 2,8V;</li><li>• O display exibe o valor de hFE do transistor em teste.</li></ul>	<p style="text-align: center;"><b>ACESSÓRIOS OPCIONAIS/REPOSIÇÃO</b></p> <p>Entre em contato conosco para obter peças de substituição e acessórios opcionais para seu instrumento de medição. Utilize sempre acessórios originais Minipa.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ACESSÓRIOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Manual de Instruções;</li><li>2. Pontas de Prova (1 par).</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ponta de prova MTL-01, MTL-22, MTL-23, MTL-24 MTL-37.</li><li>5. Certificado de Calibração.</li></ol>

ISBN: 978-65-00-80472-0

**CRJ**



9 786500 804720