



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO-UFRRJ
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM
REDE NACIONAL – PROFQUI

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS APLICADA NO ENSINO
DE ELETROQUÍMICA PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

RAMON BATISTA INOCÊNCIO

SEROPÉDICA-RJ

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL**

**APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS APLICADA NO
ENSINO DE ELETROQUÍMICA PARA ALUNOS DO ENSINO
MÉDIO**

RAMON BATISTA INOCÊNCIO

Sob a Orientação do Professor Doutor
Marco Edilson Freire de Lima

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Química, no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Área de Concentração em Química.

Seropédica-RJ
Dezembro/2019

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

I58a Inocêncio, Ramon Batista, 1968-
APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS APLICADA NO
ENSINO DE ELETROQUÍMICA PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO /
Ramon Batista Inocêncio. - Niterói, 2019.
121 f.: il.

Orientador: Marco Edilson Freire de Lima.
Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Programa de Mestrado Profissional
em Química em Rede Nacional, 2019.

1. ABP. 2. Metodologia Ativa. 3. Ensino de
Eletroquímica. 4. Baterias. 5. Reciclagem. I. Freire
de Lima, Marco Edilson, 1965-, oriente. II.
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede
Nacional III. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL

RAMON BATISTA INOCÊNCIO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Química,
no Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Área de Concentração
em Química.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 12/12/2019

Professor Dr. Marco Edilson Freire de Lima – IQ-UFRRJ
(Orientador)

Professor Dr. Glauco Favilla Bauerfeldt – IQ-UFRRJ

Professor Dr. Everton Rangel Bispo – UNISUAM

Professor Dr. Andre Marques dos Santos – IQ-UFRRJ

Professor Dr. Bauer De Oliveira Bernardes – IFRJ

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Martin Luther King)

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus por ter chegado até aqui.

Agradeço à minha família, em especial a meus pais, Alípio e Dilce, por todo amor e dedicação, além do apoio dado a mim durante toda a vida; e à minha irmã Renata, que está ao meu lado sempre que preciso.

À minha esposa Edelweis que, com muito amor e carinho, esteve sempre presente; obrigado por tudo!

À Amanda, minha enteada, pois, sem ela, essa jornada não teria começado.

Agradeço aos amigos que fiz durante o Mestrado, em especial, Cadico, Sérgio e Valéria pelo que a vida nos fez passar juntos, nesses dois últimos anos; que perdure para sempre!

À amiga Célia, que me fez uma pessoa melhor, mudando o meu olhar sobre escola, e, porque não dizer, sobre a vida.

À amiga Débora, cujas correntes me fizeram progredir, fosse dia ou noite, a quem devoto minha admiração.

Agradeço à comunidade da Escola do CEPE por ter me proporcionado a estrutura necessária e o apoio incondicional para que esse trabalho pudesse ser realizado.

Agradeço aos professores e funcionários da Rural (UFRRJ) que me acompanharam durante o PROFQUI, pelo carinho e dedicação constantes.

Ao professor Marcelo Hebst, coordenador do curso, pelo empenho.

Agradeço à orientação paciente do professor Marco Edilson, por acreditar no meu trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

INOCÊNCIO, Ramon Batista. **Aprendizagem Baseada em Projetos aplicada no ensino de Eletroquímica para alunos do Ensino Médio**. 2019. 121p Dissertação (Mestrado em Profissional em Química em Rede Nacional). Instituto de Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

Neste trabalho de pesquisa aplicou-se a metodologia ativa de ensino denominada **Aprendizagem Baseada em Projetos** (APB) ou, em inglês, *Project-Based Learning* (PBL), no ensino de Eletroquímica no Ensino Médio. A metodologia PBL é uma abordagem estruturada que envolve os alunos na conquista de conhecimentos e competências, propiciando aos mesmos um ambiente enriquecido a ser utilizado pelos professores em sala de aula, dentro do qual pretendemos discutir a teoria de Eletroquímica, além de refletir sobre o uso de pilhas e baterias no cotidiano. Na metodologia PBL, os alunos inter-relacionam-se em equipes para solucionar um problema real de forma inovadora, lúdica, inclusiva e eficiente, demonstrando senso de responsabilidade nas decisões e atitudes frente aos desafios do cotidiano. Nessa perspectiva, foi definido um ambiente a ser utilizado pelos professores de Química, em sala de aula, para atender alunos do 2º ano do Ensino Médio da Educação Básica, aqui representada pela Escola do CEPE, localizada no município de Miguel Pereira-RJ. Os alunos são desafiados a traçar um projeto e resolver um desafio: montar um carrinho movido a pilhas ou baterias de celular utilizando materiais simples e recicláveis. A partir de discussões, os estudantes foram estimulados na compreensão do funcionamento de diferentes tipos de pilhas e baterias disponíveis no comércio, além de criarem pilhas com materiais caseiros. Outra vertente, que também foi explorada em sala de aula, e de grande importância na atualidade, envolve o descarte e a reciclagem de pilhas e baterias e seu impacto ambiental, uma vez que está em discussão, de forma bastante ampla na mídia, a migração de matriz energética dos motores a combustão para motores elétricos. Os conteúdos trabalhados, bem como os experimentos desenvolvidos em sala de aula, e também fora dela, funcionaram como facilitadores do aprendizado do conteúdo de Eletroquímica, além de trazerem impactos extremamente positivos na conscientização ambiental dos estudantes envolvidos, como também na comunidade nas proximidades da escola.

Palavras-Chave: ABP, metodologia ativa, ensino de Eletroquímica, baterias, reciclagem.

ABSTRACT

INOCÊNCIO, Ramon Batista. **Project-Based Learning applied in the teaching of Electrochemistry to high school students. 2019.** 121p Dissertation (Master in Chemistry Professional in National Network). Instituto de Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

This work looked for understand and apply the active methodology called Project-Based Learning (PBL) in the teaching of Electrochemistry to students in the second year of high school. The PBL methodology is a structured approach that encourages the students in the acquisition of knowledge and skills by themselves. The PBL approach provided an enriched environment in the classroom, which allowed us to discuss the Electrochemical theory, as well as the use of batteries in the everyday life. By applying the PBL methodology, students divided in teams were asked to solve a real problem in an innovative, playful, inclusive and efficient way. In this way, the students are expected to develop a sense of responsibility in the decisions and attitudes they must make in face of everyday challenges. In this sense, an environment to be used by chemistry teachers in the classroom was defined to serve students of the 2nd year of high school education, represented here by the School of CEPE located in the municipality of Miguel Pereira. Students were challenged to outline a project and solve a challenge: to assemble a mobile-powered cart and a battery using simple and recyclable suitable materials. From discussions previously held the students were encouraged to understand the operation of different types of batteries available in the market as well as to create batteries with homemade materials. Another aspect explored in the classroom, of great importance at the present time, involved the disposal and recycling of batteries. At this point of our work, the students were led to a reflection on the environmental impacts of batteries disposal, since the migration of the energy matrix from combustion engines to electric motors will bring up some new challenges that must be faced by society. The work done by the students during this research work, as well as the experiments carried out both in the classroom and outside it, acted as facilitators in the learning the contents of Electrochemistry. Additionally, but no less important, this work had a very positive impact on students' environmental awareness, and on the community around the school.

Keywords: PBL, active methodology, Electrochemistry teaching, batteries, recycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Países membros da OCDE	10
Figura 2. Baterias secundárias e acumuladores do dia a dia	25
Figura 3. Reação entre zinco metálico e uma solução aquosa com cátion cobre II	27
Figura 4. Esquema da Pilha de Daniell (adaptado)	28
Figura 5. Esquema da Pilha de Daniell após certo tempo de funcionamento	30
Figura 6. Pilha de Hidrogênio	31
Figura 7. Atividades experimentais na educação básica	46
Figura 8. Assuntos que mais interessam atualmente	47
Figura 9. Você gosta de Química?	48
Figura 10. Exemplos onde a Química esta presente no cotidiano	49
Figura 11. Influências no estudo da Química	50
Figura 12. Como construir um crrinho a movido bateria	
Figura 13. Impressora a ser desmontada	
Figura 14. Primeiro protótipo apresentado	
Figura 15. Carrinho PET	
Figura 16. Pilhas caseiras	
Figura 17. Resultados da aluna AT	
Figura 18. Gelatina de pilhas	
Figura 19. Aquário de pilhas	
Figura 20. A corrida de carrinhos	
Figura 21. Assiduidade e discussões em sala de aula	
Figura 22. Conteúdos ministrados e esclarecimento com o professor	
Figura 23. Atividades em sala e preparo para avaliações	
Figura 24. Avaliação Geral	
Figura 25. Uma nova proposta metodológica para o ensino médio	

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Custos do PNLD 2018	18
Quadro 2. Comparativo de acertos	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela de potenciais	32
---------------------------------------	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	JUSTIFICATIVA	14
3	OBJETIVOS	15
3.1	Objetivo Geral	15
3.2	Objetivos Específicos	15
4	REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
4.1	Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)	16
4.2	Ensino tradicional de Química no Ensino Médio	18
4.2.1	Ensino tradicional de Eletroquímica no Ensino Médio	20
4.2.1.1	Pilhas e Baterias	22
4.2.1.2	Oxidação e Redução	25
4.2.1.3	A pilha de Daniell	26
4.2.1.3.1	Potencial da pilha	29
4.3	Ressignificação do Ensino de Eletroquímica no Ensino Médio	33
4.3.1	Metodologias Ativas	34
4.3.1.1	PBL	35
5	METODOLOGIA APLICADA	39
5.1	As fases da metodologia	40
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6.1	Questionário 1 – O ensino e a aprendizagem de Química	44
6.2	Questionário 2 – Autoavaliação sobre experiência com PBL	63
6.3	Questionário 3 – Questões Enem sobre Eletroquímica	67
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
	ANEXOS	77
1	O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: UMA INVESTIGAÇÃO REALIZADA COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO	77
2	AUTOAVALIAÇÃO SOBRE EXPERIÊNCIA COM PBL REALIZADA COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO	78
3	QUESTÕES ENEM SOBRE ELETROQUÍMICA	79
4	A QUÍMICA FORA DA CAIXINHA: UMA EXPERIÊNCIA COM APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS	89

1 INTRODUÇÃO

Alunos brasileiros têm apresentado um mau desempenho nas avaliações nacionais e internacionais recentemente divulgadas, tal como no *Programme for International Student Assessment* (PISA) – Programa Internacional de Avaliação de Estudantes, ocorrida em 2015, e coordenado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE¹). Cada país participante tem uma coordenação nacional, realizada, no Brasil, pelo INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

O PISA é uma avaliação internacional de estudantes aplicada a cada três anos a educandos de 70 países, como mostra a **Figura 1**, com o objetivo de realizar um diagnóstico sobre o desenvolvimento de competências em diversas áreas do conhecimento.

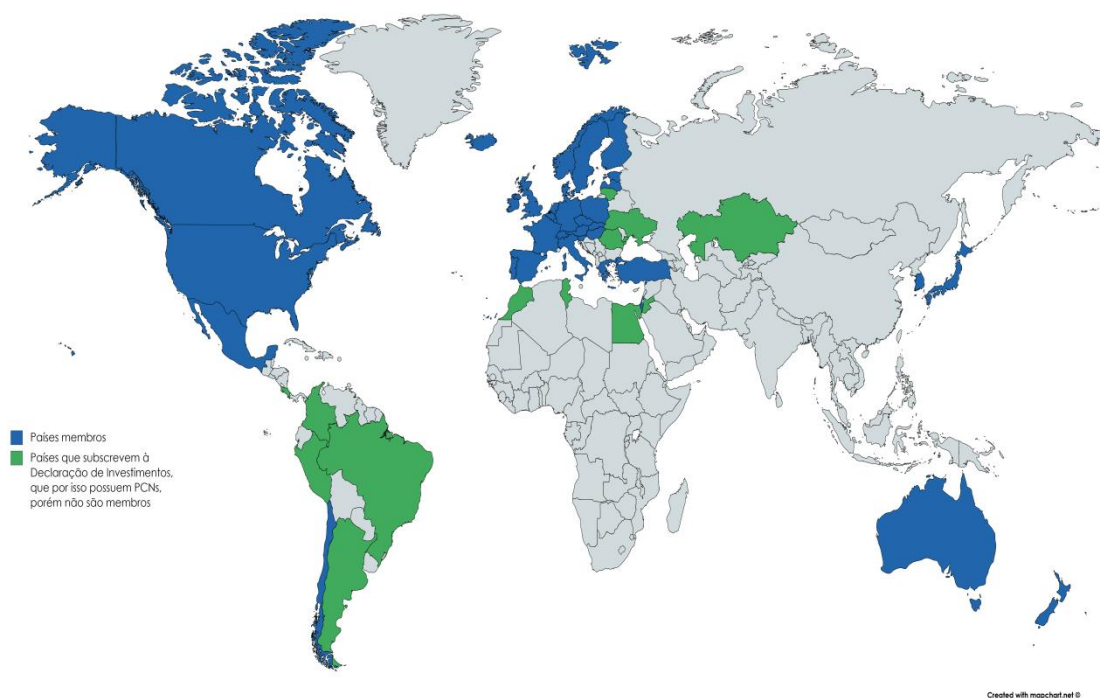


Figura 1. Países membros da OCDE Disponível em: < <http://www.fazenda.gov.br/assuntos/atuacao-internacional/cooperacao-internacional/ocde> > **Acesso em: 18/10/2019)**

¹ Criada em 1947 com a finalidade de executar o Plano Marshall, um plano financeiro concebido pelos Estados Unidos para a reconstrução dos países da Europa devastados após a Segunda Guerra Mundial, é uma organização internacional composta por 34 países e com sede em Paris, França. A OCDE tem por objetivo promover políticas que visem o desenvolvimento econômico e o bem-estar social de pessoas por todo o mundo. O combate à corrupção e à evasão fiscal faz parte da agenda da OCDE, tendo já conseguido resultados otimistas em alguns países. Entre as metas de trabalho da OCDE, está o apoio aos governantes no sentido de recuperarem a confiança nos mercados e promoverem o restabelecimento de políticas saudáveis para um crescimento econômico sustentável no futuro. O Brasil não é um país membro da OCDE, mas tem a distinção de membro pleno, com participação em algumas reuniões e plena cooperação em diálogos e negociações sobre o desenvolvimento das economias mundiais. (<http://www.oecd.org/about/>)

O PISA é um programa continuado, que tem como finalidade o desenvolvimento de uma base de dados para o monitoramento de conhecimentos e habilidades dos estudantes de 15 anos, em vários países, bem como em diferentes áreas demográficas de cada país (OCDE, 2016). A avaliação trienal, que acontece desde o ano 2000, enfoca três áreas cognitivas – Ciências, Leitura e Matemática – além da contextualização dos resultados por meio de questionários aplicados aos estudantes, diretores de escolas, professores e pais (OCDE, 2016).

Segundo Jung (2018), avaliações em larga escala, como o PISA, geram relatórios com indicadores bastante completos; e os resultados desses testes são apresentados como indutores de qualidade, definindo o rumo das políticas públicas a serem tomadas em Educação. O Plano Nacional de Educação (PNE), por exemplo, estabelece uma meta de melhoria do desempenho dos alunos da Educação Básica nas avaliações da aprendizagem do PISA, tomando-o como instrumento externo de referência, internacionalmente reconhecido (Brasil, Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014).

A nota média dos jovens brasileiros em Ciências, no PISA 2015, foi de 401 pontos, sendo consideravelmente inferior às dos estudantes dos países da OCDE, os quais, na média, obtiveram 493 pontos. Na verdade, observa-se um declínio na média brasileira, uma vez que de 2012 para 2015, o índice obtido apresentou uma queda de 405 para 401 pontos, colocando o país na 63ª posição em Ciências, em um ranking que avalia 72 países (BRASIL, 2016).

Segundo o PISA (INEP/MEC, 2016):

tornar-se letrado cientificamente envolve a ideia de que os propósitos da educação na ciência devem ser amplos e aplicados; portanto, o conceito de letramento científico se refere tanto ao conhecimento da ciência como ao da tecnologia pautada na ciência. [...]

Uma pessoa letrada cientificamente, portanto, está disposta a participar de discussão fundamentada sobre ciência e tecnologia, o que exige as competências para:

1. **explicar fenômenos cientificamente:** reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos;
2. **avaliar e planejar investigações científicas:** descrever e avaliar investigações científicas e propor formas de abordar questões cientificamente;
3. **interpretar dados e evidências cientificamente:** analisar e avaliar os dados, afirmações e argumentos, tirando conclusões científicas apropriadas.

O Ministério da Educação lançou o relatório *Brasil no PISA 2015: Análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros* (INEP/MEC, 2016), documento de quase 300 páginas, o qual, conforme pontuou Jung (2018), discorre sobre as características do exame, bem como faz uma análise da ciência, da leitura e da participação e resultados de matemática.

O relatório apresenta, também, pesquisas sobre interesse, motivação, crenças e outras percepções dos alunos em sua aprendizagem; sobre o ambiente escolar e as condições de aprendizagem; e sobre a equidade nas condições de aprendizagem. O relatório trata, ainda, da relação entre o PISA e o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB).

Sobre a relação entre o PISA e o SAEB, o estudo explicita que esta avaliação prevê “oferecer subsídios à formulação, reformulação e monitoramento de políticas públicas, além de produzir informações sobre os fatores do contexto socioeconômico, cultural e escolar que influenciam o desempenho dos estudantes brasileiros” (INEP/MEC, 2016, p. 252). O relatório informa, ainda, que o SAEB é formado por três outras avaliações internas do país:

- 1) Avaliação Nacional da Educação Básica (ANEB), que é uma avaliação amostral realizada nas redes públicas e privadas do país, com estudantes do 5º e 9º anos do Ensino Fundamental e no 3º ano do Ensino Médio, em Leitura e Matemática;
- 2) Avaliação Nacional do Rendimento Escolar (ANRESC), ou Prova Brasil, uma avaliação censitária dos estudantes do 5º e 9º anos do Ensino Fundamental das escolas públicas, em Leitura e Matemática;
- 3) Avaliação Nacional da Alfabetização (ANA), realizada com estudantes do 3º ano do Ensino Fundamental das escolas públicas, para avaliar alfabetização e letramento em Língua Portuguesa, alfabetização em Matemática e condições de oferta do Ciclo de Alfabetização das redes públicas. Assim, conclui-se que os objetivos do PISA e do SAEB convergem no sentido de produzir informações precisas sobre o cenário da Educação Básica do Brasil.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) conduziu a importantes inovações na educação, mas algumas das mudanças fundamentais contidas no texto original ainda não foram implementadas. Este anacronismo no ensino de Ciências pode explicar, em parte, a baixa pontuação obtida pelos alunos, que pode ocorrer devido à ausência de indicações claras do que eles devem aprender para enfrentar com êxito os desafios do mundo contemporâneo (CASTRO, 2016).

Esse desempenho abaixo do desejado demonstra a necessidade de rever os ambientes educacionais, bem como a maneira como esses conteúdos são repassados aos alunos nas escolas brasileiras. Ainda de acordo com o INEP (2007), no Brasil, o PISA busca:

verificar a operacionalização de esquemas cognitivos nos seguintes termos: conteúdos ou estruturas do conhecimento que os estudantes precisam adquirir em cada área; competências para aplicação desses conhecimentos; contextos em que conhecimentos e competências são aplicados. [...] Para serem aprendizes efetivos por toda a vida, os jovens precisam de uma base sólida em domínios-chave e devem

ser capazes de organizar e gerir seu aprendizado. Isso requer consciência da própria capacidade de raciocínio e de estratégias e métodos de aprendizado.

Os resultados do Pisa são considerados confiáveis, visto que servem como subsídios à formulação, reformulação e monitoramento de políticas públicas. A nota média dos estudantes brasileiros está aquém da média dos estudantes dos países integrantes da OCDE, embora o IDH – Índice de Desenvolvimento Humano – de vários países integrantes da OCDE seja semelhante ao do Brasil. Pode-se considerar, então, que a responsabilidade maior sobre a baixa média no Pisa não é dos estudantes brasileiros.

Dessa forma, outros atores sociais devem ser considerados, a fim de que os estudantes brasileiros se tornem alunos efetivos por toda a vida e sejam capazes de organizar e gerir seu aprendizado. Para tal, faz-se mister desenvolver novas estratégias e métodos de aprendizado, como recomendado pelo INEP (2007).

Observações presenciais, realizadas em sala de aula pelo autor deste trabalho constataram que a desmotivação do aluno é um dos fatos mais preocupantes em todas as áreas do ensino. Dessa constatação surgiu a motivação pessoal desse trabalho que consiste em investigar e experimentar uma arquitetura metodológica, na qual o professor atue como mediador da aprendizagem, provocando e instigando o aluno a buscar as resoluções por si só.

2 JUSTIFICATIVA

A palavra “escola” tem sua origem na Grécia antiga, com ‘*skhole*’, que chegou ao latim ‘*schola*’. Os termos de ambas as línguas têm o mesmo significado, ‘discussão intelectual’ ou ‘conferência’, mas também significavam ‘tempo livre, ócio’. Esse último significado, no caso, seria um tempo ocioso no qual era possível ter uma conversa interessante e educativa.

A Escola deve ser um local de socialização, de aprendizagem, de convivência. Observando que nela se encontram diversas classes sociais e pessoas com suas diferenças e necessidades reunidas, ela é o lugar da aprendizagem do espírito democrático (GOMES, 2015). Seja pública ou privada, independente de suas instalações físicas, ou da cidade, a escola está repleta de adolescentes antenados em redes sociais e conectados com o mundo.

Não basta ensinar a mexer no computador para despertar o interesse do aluno, prática que se tornou comum, principalmente em escolas da rede pública, quando se optou por ensinar tecnologia. É preciso propiciar ao aluno acesso ao conhecimento, pois somente depois de conhecer um determinado assunto é que alguém pode entendê-lo e aplicá-lo. Nesse sentido, a taxonomia de Bloom² é uma possibilidade de organização de acordo com níveis de complexidade e objetivos do desenvolvimento cognitivo desejado e planejado (FERRAZ, 2010).

Percebe-se, também que muitos adolescentes apresentam dificuldades de relacionamento social, isolando-se dos demais, negando-se a participar de forma efetiva das atividades de ensino-aprendizagem tradicionais, criando seu próprio mundo paralelo à realidade.

Assim, a motivação pessoal do autor desse trabalho é investigar e experimentar uma arquitetura metodológica denominada PBL, que enseja um ambiente enriquecido a ser utilizado pelos professores de Química em sala de aula para atender alunos do 2º ano do Ensino Médio da Educação Básica, aqui representada pela Escola do CEPE, localizada no município de Miguel Pereira.

² Classificação que divide as possibilidades de aprendizagem em três grandes domínios: cognitivo, afetivo, psicomotor. É uma classificação hierárquica, visto que cada um desses domínios apresentam diversos níveis de profundidade de aprendizado, ou seja, cada nível é mais complexo e mais específico que o anterior.
(<http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=436&evento=10>)

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Empregar, discutir e validar as possibilidades de problematizações da metodologia PBL a serem utilizados pelos professores de Química ao se tratar do tema pilhas e baterias no cotidiano, em sala de aula, para atender alunos do 2º ano Ensino Médio da Educação Básica em escola da rede privada do Estado do Rio de Janeiro.

3.2 Objetivos Específicos

- Examinar a relevância da utilização de situações problema com aulas práticas que utilizem materiais de baixo custo e recicláveis do cotidiano.
- Validar a utilização de temas do cotidiano como motivadores do processo de ensino aprendizagem, influenciando mudanças na sociedade.
- Estimar através de pesquisa preliminar o interesse dos alunos pela disciplina antes de iniciar a metodologia PBL e comparar com os resultados obtidos após sua aplicação.
- Criar material didático de uso comum para esclarecer alunos, professores e a sociedade em geral com os procedimentos validados.

4 REFERÊNCIAL TEÓRICO

O ensino tradicional de Eletroquímica no Ensino Médio se apoia no livro didático, tanto nas escolas particulares quanto nas públicas, mesmo com todas as inovações tecnológicas que alteraram consideravelmente a forma de transmitir e receber informações, dentro ou fora da escola.

Nas escolas públicas, onde o livro didático chega através do PNLD – Programa Nacional do Livro Didático –, argumenta-se que este é, na maioria das vezes, o único material utilizado pelo professor e pelos alunos. Considerando que as duas principais funções do livro didático são “favorecer a aquisição de conhecimentos socialmente relevantes” em relação ao aluno e “auxiliar o professor no planejamento didático pedagógico e na gestão das aulas”, como exposto no *Guia de Livros Didáticos* (BRASIL, 2012), indaga-se se a abordagem trazida pelos livros didáticos estimula o aluno a uma participação ativa no seu processo de aprendizagem, ou se o aluno é colocado como alguém que apenas recebe e assimila conhecimento.

Para responder a essa indagação, será apresentado um breve histórico do PNLD e proceder-se-á à análise de como três tópicos da Eletroquímica – Pilhas e Baterias, Oxidação e Redução, A pilha de Daniell – são abordados por quatro livros didáticos, adotados pelo PNLD.

4.1 Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)

O livro didático é um objeto com grande influência no processo da educação formal. Ao longo de sua história, tem sido objeto de vigilância, censura e análise. No Brasil, desde a década de 1930, os governos têm criado programas visando a aquisição e distribuição gratuita de livros escolares (MORI, 2009).

Na década de 1990, o MEC passou a organizar avaliações sistemáticas das obras que vinha adquirindo, sendo que, em 18 de julho de 2017, o Decreto nº 9.099, unificou as ações de aquisição e distribuição de livros didáticos e literários, anteriormente contempladas pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e pelo Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE). Com nova nomenclatura, o Programa Nacional do Livro e do Material Didático – PNLD, também teve seu escopo ampliado com a possibilidade de inclusão de outros materiais de apoio à prática educativa, para além das obras didáticas e literárias: obras

pedagógicas, *softwares* e jogos educacionais, materiais de reforço e correção de fluxo, materiais de formação e materiais destinados à gestão escolar, entre outros.

A execução do PNLD é realizada de maneira que quatro segmentos sejam atendidos de forma alternada: Educação Infantil, anos iniciais do Ensino Fundamental, anos finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio. Os segmentos não atendidos em um determinado ciclo recebem livros, a título de complementação, correspondentes a novas matrículas registradas ou à reposição de livros avariados ou não devolvidos.

Além desses segmentos, no âmbito do PNLD, podem ser atendidos estudantes e professores de diferentes etapas e modalidades, bem como públicos específicos da Educação Básica, por meio de ciclos próprios ou edições independentes. Estes livros representam um número expressivo no cenário educacional, beneficiando mais de 7 milhões de estudantes do Ensino Médio. Se considerarmos os alunos do EJA e os que estão sendo atendidos na área rural (PNLD Campo), teríamos aproximadamente 12 milhões de estudantes favorecidos em 2018, conforme o **Quadro 1**.

ANO DO PNLD	ATENDIMENTO	ESCOLAS BENEFICIADAS	ALUNOS BENEFICIADOS	EXEMPLARES	VALORES (R\$)
					AQUISIÇÃO
2018	Anos Iniciais do Ensino Fundamental	39.465	9.569.765	26.359.755	239.238.536,30
	Anos Finais do Ensino Fundamental	46.312	9.818.107	27.615.896	251.757.569,09
	Ensino Médio	19.921	7.085.669	89.381.588	879.770.303,13
	PNLD Campo	55.619	2.588.165	7.167.788	50.305.263,29
	Educação de Jovens e Adultos – EJA	28.488	2.075.973	3.374.120	46.160.440,28
	Total do PNLD 2018	117.566	31.137.679	153.899.147	1.467.232.112,09

Quadro 1. Custos do PNLD 2018 (Disponível em: < <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos>> Acesso em: 18/10/2019)

Por esse motivo, como exemplos teóricos para a Eletroquímica, foram escolhidos quatro autores e quatro de suas obras que já estiveram presentes no PNLD, no Ensino Médio:

1. *Química — volume único*, escrito por João Usberco e Edgard Salvador, da editora Saraiva (conhecido como Usberco e Salvador)
2. *Química na abordagem do cotidiano*, escrito por Francisco Miragaia Peruzzo e Eduardo Leite do Canto, da editora Moderna (conhecido como Tito e Canto)

3. *Química*, escrito por Ricardo Feltre, de editora Moderna (conhecido com o Feltre)
4. *Química*, escrito por Martha Reis Marques da Fonseca, da editora Ática (conhecido como Martha Reis).

Este último figura no PNLD-2018.

4.2 Ensino tradicional de Química no Ensino Médio

Neste capítulo, será feita a revisão teórica do assunto, observando quatro livros didáticos em uso atualmente. Esses títulos foram escolhidos, por estarem tanto na escola particular, quanto na escola pública, através do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), a fim de avaliar seu papel no ensino tradicional de Eletroquímica no Ensino Médio e na eficiência do aprendizado por meio deste método.

O conhecimento científico se caracteriza pela busca pela compreensão dos fenômenos que norteiam a vida, utilizando-se da observação simples e direta, da simulação e de suas representações, da interpretação lógica e criativa de experimentações, resultado de séculos de pesquisa pelo ser humano.

Segundo Usberco (2002), o conhecimento científico da natureza e de suas leis tem sido um dos pilares do desenvolvimento humano. A Química, como outras ciências, tem um papel proeminente no desenvolvimento das sociedades, alcançado ao longo de tantos anos. No entanto, não se limita à pesquisa de laboratório e à produção industrial. Pelo contrário, embora, às vezes, não percebamos, a Química está presente em nossas vidas diárias e é uma parte importante dela. A aplicação do conhecimento químico tem repercussões diretas na qualidade de vida das populações e no equilíbrio dos ambientes na Terra. Portanto, considera essencial que o conhecimento científico faça parte do cotidiano das pessoas, a fim de que possam contribuir criticamente para a preservação e conservação de todas as formas de vida, inclusive da espécie humana.

Aprimorar o letramento científico e desenvolver habilidades e competências do cidadão faz parte do propósito da coleção de Tito e Canto (2006) destinada ao ensino de Química no Ensino Médio. De acordo com os autores, cada capítulo começa com uma figura relacionada ao tema, seguida de uma lista dos principais conteúdos conceituais abordados. A imagem de abertura geralmente está relacionada à vida cotidiana, de modo a fornecer um ponto de partida motivador e instigar o desejo de aprender uma ciência extremamente ligada à realidade.

Com o propósito de orientar o professor do ensino básico, Tito e Canto (2006) descrevem a estrutura de cada capítulo:

[...] Aspectos relacionados às descobertas científicas, às modernas linhas de pesquisa e suas aplicações tecnológicas ou sua presença no cotidiano são apresentados na nova seção INFORME-SE SOBRE A QUÍMICA, ao final dos capítulos. As atividades da seção VOCÊ ENTENDEU A LEITURA? propiciam o trabalho em grupo na interpretação das informações apresentadas, na aplicação de suas informações a outras situações, na percepção de relações interdisciplinares e no estabelecimento de ligações com a vida cotidiana. A seção REAVALIE O QUE VOCÊ PENSA A RESPEITO, que fecha cada capítulo, proporciona a retomada das concepções prévias, sua reformulação e a percepção do aprendizado realizado. (TITO E CANTO, 2006)

Os conteúdos de Química no Ensino Médio, conforme mostra Feltre (2008), são apresentados como sendo os conhecimentos básicos da Química e suas aplicações mais importantes no mundo atual. Para atingir esse propósito, segundo ele, todos os capítulos começam com um infográfico projetado para explorar as conexões entre fatos cotidianos, tecnologias e outras situações próximas aos alunos e os conceitos a serem trabalhados.

Cada capítulo do trabalho é dividido em tópicos, a fim de tornar a exposição teórica gradual e didática. Em muitas ocasiões, há caixas nas quais estão inseridos fatos históricos, fatos cotidianos e biografias de cientistas. No final dos tópicos, com a intenção de estimular a participação dos alunos e, assim, melhorar seu aprendizado sobre o assunto, são encontradas seções de QUESTÕES, EXERCÍCIOS BÁSICOS, EXERCÍCIOS COMPLEMENTARES e, muitas vezes, atividades de pesquisa (com foco na Internet) e ATIVIDADES PRÁTICAS. No final dos capítulos, há leituras sobre tópicos sobre assuntos, relacionados à Química, tidos como de grande importância para a sociedade atual.

A importância que o estudo da Química terá na vida do estudante é a indagação feita por Fonseca (2013), o qual explica que não há dúvida de que todo conhecimento adquirido é importante, pois nos faz crescer e enxergar além do que vimos antes. Assim, estudar Química, em particular, fornecerá informações que o farão entender melhor como o seu corpo funciona e o mundo em que vive. Essas informações o ajudarão efetivamente a tornar-se um cidadão ciente de suas escolhas – incluindo o uso da tecnologia –, pois ele poderá avaliar o impacto dessas opções no ambiente e na própria saúde. Usando o conhecimento adquirido com o estudo da Química para entender fenômenos, entender as notícias, analisar e questionar informações, duvidar, verificar se os dados estão corretos, tudo isso permite que se deixe o papel de espectador e se assuma o papel de ator.

O ensino tradicional de Química está distante da realidade do aluno de Ensino Médio, pois não está inserida em seu cotidiano, não sendo, portanto, relevante ao mesmo. Fotos

antigas, do século XIX, ainda em preto e branco, equações químicas sem relação com os temas do século XXI, não têm sido atrativos para alunos que possuem a internet ao seu alcance dentro da sala de aula.

Os autores tradicionais não conseguem cumprir uma das propostas básicas no ensino de ciências para que o aluno reconheça e interfira no seu próprio universo, não sendo possível perceber, por exemplo, a integração das ciências, a interdisciplinaridade, as observações da natureza e discussão sobre a mesma em seus textos.

Laboratórios antiquados, adaptados em grande parte ao espaço de uma sala de aula, pensados para o ensino da Química do século passado, com ausência midiática, em sua grande maioria, são inadequados ao estudante comum do Ensino Médio, que deseja liberar sua criatividade em experimentos lúdicos e concernentes à sua realidade.

Alunos e professores acabam se afastando do laboratório, pois quase nada é permitido ao aluno, senão seguir uma “marcha” predefinida. Ao professor é negada a possibilidade de sair do lugar comum, pois existem custos associados ao laboratório, tais como a compra de materiais e reagentes, pessoal técnico de apoio e segurança. Outra situação complexa que chama a atenção é administrar um grande número de alunos, normalmente mais de 30, que estão na sala de aula tradicional, engessados, e que não conseguem fazer um atividade prática, tornando-se triviais expectadores.

4.2.1 Ensino tradicional de Eletroquímica no Ensino Médio

Nos livros didáticos tradicionais, a utilização de imagens (fotos, esquemas, diagramas etc.), fatos intrigantes relacionados ao cotidiano, eventos históricos, biografias de cientistas ou discussões extras para o enriquecimento da aula aparecem em formato box.

Usberco e Salvador (2002) iniciam suas unidades com o conceito de Eletroquímica, pontuando que essa

[...] é a parte da Química que estuda não só os fenômenos envolvidos na produção de corrente elétrica a partir da transferência de elétrons em reações de óxido-redução, mas também a utilização de corrente elétrica na produção dessas reações. O seu estudo pode ser dividido em duas partes: pilhas e baterias, e eletrólise.

O ensino de Eletroquímica, segundo Feltre (2004), é apresentado como sendo o momento em que serão estudadas reações de oxirredução, que constituem um grupo muito grande e importante de reações na Química. Nelas ocorrem trocas de elétrons entre átomos e entre íons. Isso resulta em aplicações muito úteis, como: redução de minérios metálicos na

produção de metais como ferro, alumínio e outros; prevenção de oxidação (corrosão) de metais e ligas, como ocorre na formação de ferrugem em ferro e aço; estudo dos fenômenos bioquímicos de oxirredução que aparecem nos ciclos energéticos dos seres vivos. Também será estudado a operação de baterias, que agora são amplamente usadas em dispositivos eletrônicos portáteis, como telefones celulares, filmadoras, computadores e outros.

Quatro anos depois, na edição de 2008, Feltre retoma a discussão sobre Eletroquímica, chamando a atenção do estudante para o fato de que o futuro dos carros elétricos depende de baterias armazenando mais energia Eletroquímica e de forma mais rápida, dando-lhes maior autonomia e menores custos econômicos e ambientais. Motores elétricos limpos e silenciosos convertem energia em movimento com muito mais eficiência do que os motores de combustão. No entanto, os tanques de combustível transportam energia de maneira muito mais prática e eficaz do que as baterias elétricas.

Fonseca (2013) inicia seus capítulos de forma diferenciada, partindo de um texto jornalístico, relacionado ao tema da unidade, do qual são extraídas uma ou mais questões. Para responder a essas questões e compreender plenamente o texto, é necessário adquirir o conhecimento teórico apresentado no capítulo.

Maneiras diferentes de apresentação do conteúdo são usadas nos livros, tais como fotos ou infográficos para exemplificar o fenômeno de oxirredução, ou mesmo como conteúdos digitais, seja via CD (anexo ao livro didático) ou sitio de internet (com disponibilização de senha de acesso). Vejamos alguns exemplos:

- uma foto de um atleta, para ilustrar o metabolismo, quando o oxigênio inspirado reage com nutrientes liberando energia (Feltre 2008).
- uma foto mostrando a cor esverdeada do topo das torres e da cúpula da Catedral da Sé, em São Paulo, 2006, que se forma em uma reação espontânea de oxirredução entre cobre (metal que reveste essas estruturas), gás oxigênio, gás carbônico e água, conforme observamos em Tito e Canto (2006).
- o lixo eletrônico, que, segundo Fonseca (2013), está se tornando um dos mais graves problemas ambientais e sociais da atualidade. Por trás dos aparelhos de alta tecnologia, como telefones celulares, computadores, *tablets* e câmeras que entretêm e facilitam a vida de uma pequena parte da população mundial, estão o custo ávido de degradar o meio ambiente, a água, o solo e o ar, além da perda de saúde de grande parte da população, justamente aqueles que, ironicamente, não têm acesso a esses dispositivos.

Tomar consciência do problema, discutir alternativas de descarte e reciclagem e principalmente frear a febre consumista que acompanha o ciclo intermitente de aquisição e descarte desses produtos pode ser o primeiro passo para chegar a uma solução definitiva para o problema. (FONSECA, 2013).

A abordagem de Eletroquímica trazida pelos livros didáticos tradicionais para o Ensino Médio, tal como em Fonseca (2013), nos mostra um homem separando partes de computador para serem enviadas para reciclagem, em Tangerang, Indonésia, ou seja, muito distante da realidade do bairro em que a escola está localizada. A cidade está repleta de lixo e de córregos poluídos e, no entanto, pedem ao aluno para participar de um fato no outro lado do mundo.

4.2.1.1 Pilhas e Baterias

Pilhas e baterias representam, na atualidade, produtos de grande importância para a maioria da sociedade, gerando corrente elétrica nesses dispositivos por meio de uma reação química. Por exemplo, a bateria de um carro equivale, na verdade, à associação de várias pilhas iguais, fornecendo uma voltagem maior que uma só das pilhas presentes em seu interior. O termo **bateria**, no que lhe diz respeito, é reservado para a associação de duas ou mais pilhas, mas não obstante em linguagem usual, os termos bateria e pilha são empregados indistintamente (TITO E CANTO, 2006).

A grande vantagem das pilhas e baterias, segundo Feltre (2008), é que elas representam uma energia elétrica “transportável”, já que somos capazes de levá-las para onde quer que precisemos. Uma desvantagem é que o montante de energia elétrica produzida é ínfimo em relação ao tamanho e à massa das pilhas e baterias, fato esse que limita, por exemplo, o uso de carros elétricos sustentados exclusivamente por baterias.

A conversão de energia elétrica em energia química é denominada eletrólise, tratando-se de um processo não espontâneo que, para ocorrer, necessita do fornecimento de energia do sistema (FONSECA, 2013).

Esse método é utilizado na fabricação de diversas substâncias que constituem matérias-primas fundamentais para a indústria, como alumínio, cloro, hidróxido de sódio. Também é utilizado na purificação do cobre destinado à fabricação de fios elétricos e no revestimento metálico de peças (galvanização ou eletrodeposição).

Outro exemplo análogo é a fabricação eletrolítica da folha de flandres ou lata comum (para a fabricação de latas de óleos, de conservas, de doces etc.); nesse caso, uma chapa de aço recebe um depósito eletrolítico de estanho. (FELTRE, 2008)

A bateria comum de automóvel, apresentada por Usberco (2002), em seu livro didático, contém certo número de células, ligadas em série, cada uma gerando 2 volts. Nessa bateria:

o ânodo é feito de chumbo, e o cátodo, de óxido de chumbo IV (PbO_2), ambos mergulhados em uma solução aquosa de ácido sulfúrico [$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$], de concentração igual a 30% em massa [...]. Quando o circuito externo está completo e a bateria está em operação (descarregando) [...], o ácido sulfúrico é consumido durante a descarga e, com isso, a concentração da solução diminui gradativamente. Além disso, o PbSO_4 deposita-se, aos poucos, sobre os eletrodos. A recarga da bateria é feita pela aplicação de uma diferença de potencial de uma outra fonte, invertendo-se os polos. Desse modo, grande parte do H_2SO_4 consumido na descarga será regenerada, o que é feito pelo dínamo ou alternador do automóvel. (USBERCO, 2002)

As pilhas que não podem ser recarregadas são classificadas como baterias primárias. As baterias que podem ser recarregadas, e que suportam pelo menos 300 ciclos completos de carga e descarga com 80% da sua capacidade, são classificadas como baterias secundárias, segundo Fonseca (2013). Convivemos diariamente com algumas baterias secundárias as quais foram especialmente projetadas para suportar até milhares de ciclos de carga e descarga, tal como nos mostra a **Figura 2**.

Bateria	Características físicas e/ou químicas	Aplicações
<p>Nobreak (Pb/H₂O)</p> 	<p>É projetada para oferecer uma quantidade constante de corrente por um longo período de tempo. Também pode ser descarregada completamente várias vezes (algo que arruinaria uma bateria de carro comum em pouco tempo). Para conseguir isso, utiliza placas de chumbo mais espessas. Por outro lado, sua vida útil diminui toda vez que é submetida a uma alta corrente (como ocorre numa partida de carro).</p>	<p>Fornecer energia ininterrupta aos equipamentos, mesmo na ausência total de energia proveniente da rede elétrica. <i>Nobreaks</i> de baixa potência fornecem autonomia de cerca de 15 minutos, suficiente para permitir ao usuário fechar todos os arquivos com segurança. <i>Nobreaks</i> de alta potência fornecem autonomia de várias horas.</p>
<p>Ni-Cd</p> 	<p>Apresenta uma voltagem constante de 1,4 V, longa duração e pode ser recarregada até 4 000 vezes.</p> $1\text{Cd}(s) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \longrightarrow 1\text{Cd}(\text{OH})_2(s) + 2e^-$ $2\text{NiO}(\text{OH})(s) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2e^- \longrightarrow 2\text{Ni}(\text{OH})_2(s) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ <hr/> $1\text{Cd}(s) + 2\text{NiO}(\text{OH})(s) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell) \longrightarrow 1\text{Cd}(\text{OH})_2(s) + 2\text{Ni}(\text{OH})_2(s)$	<p>Aparelhos sem fio, como telefones, barbeadores, ferramentas, câmeras de vídeo e brinquedos.</p>
<p>Ni-hidreto metálico</p> 	<p>Semelhante às baterias de Ni-Cd, mas utiliza hidrogênio na forma de hidreto metálico em vez de cádmio (metal tóxico) em seu eletrodo negativo. Equação global:</p> $*M\text{H}(s) + \text{NiOOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons M(s) + \text{Ni}(\text{OH})_2(\text{aq})$ <p>Observação: *M é um composto intermetálico de fórmula AB₅, em que A é uma mistura de terras raras (La, Ce, Nd, Pr) e B um metal como Ni, Co, Mn e/ou Al.</p>	<p>Aparelhos eletrônicos portáteis em substituição às baterias de níquel-cádmio. Podem armazenar até 20 mA de carga por grama da liga.</p>
<p>Li-íon</p> 	<p>Ânodo: íons lítio intercalados na estrutura em forma de lâminas do óxido LiCoO₂. Cátodo: íons lítio intercalados entre as estruturas hexagonais da grafita, LiC₆. O eletrólito é constituído de sais de lítio, LiClO₄, dissolvidos em solventes orgânicos.</p>	<p>Aparelhos eletrônicos de alta tecnologia como, <i>notebook</i>, celular, <i>smartphones</i>, câmeras digitais, veículos elétricos. Pode sofrer danos permanentes (ou explodir) quando exposta a altas temperaturas.</p>
<p>Combustível</p> 	<p>A eletricidade é obtida, com grande eficiência, da energia liberada em reações de combustão:</p> $\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\ell) + 2e^-$ $1/2\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) + 2e^- \longrightarrow 2\text{OH}^-(\text{aq})$ <hr/> $\text{H}_2(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell) \quad \Delta E = 0,9\text{V}$ <p>Não geram poluentes, apenas água.</p>	<p>Utilizada principalmente na indústria e também como fonte de energia em algumas espaçonaves tripuladas – como a Gemini e a Apollo.</p>

Figura 2. Baterias secundárias e acumuladores do dia a dia (Fonte: FONSECA, 2013)

Os quatro autores do estudo apresentam experimentos com pilhas caseiras para observar o fenômeno da transferência de elétrons, em boxes separados do texto principal,

sendo a pilha de limão (ou laranja) a mais corriqueira. Em Fonseca (2013), encontramos a seguinte receita de pilha de limão:

Material necessário

- 1 voltímetro encontrado em loja de material eletrônico[...]
- 1 limão grande
- 1 placa de cobre (1 cm × 5 cm) ou uma moeda de cobre
- 1 pequena placa de zinco (1 cm × 5 cm) ou 1 prego de zinco (usados para pregar telhas)
- 2 fios elétricos de 30 cm cada um, com garras jacaré nas extremidades

Como fazer

Faça dois pequenos cortes na casca do limão, próximos às extremidades da fruta. Com a ajuda de uma palha de aço, limpe bem os metais que vai utilizar (placas, moeda, prego) para remover qualquer ponto de oxidação ou impureza depositada em sua superfície. Espete a placa ou moeda de cobre em uma das extremidades e a placa ou prego de zinco na outra. Tome cuidado para que os metais não se toquem no interior do limão e também para que não toquem na outra extremidade da casca (os metais devem estar imersos na solução de ácido cítrico – suco do limão). Conecte o fio vermelho ligado ao voltímetro à placa ou moeda de cobre utilizando a garra jacaré e conecte o fio preto ligado ao voltímetro à placa ou prego de zinco.

A abordagem trazida pelos livros didáticos analisados não estimula o aluno a uma participação ativa no seu processo de aprendizagem, sendo o mesmo colocado como alguém que apenas recebe e assimila conhecimento. Fotos de experimentos são mostardas como fatos ou verdade incontestáveis, pois não são palpáveis ao aluno. Partir da premissa de que o aluno conhece ou sabe manusear um voltímetro é, no mínimo, um infortúnio, já que o mesmo não possui, na maioria dos casos, contato com tal instrumento de medida, ou mesmo desconhece materiais como zinco e magnésio. Supondo ser possível adquirir tais materiais, não é garantido ao aluno êxito no experimento, haja vista a possibilidade de ocorrência de vários erros ou até mesmo de acidentes, dependendo dos materiais escolhidos.

4.2.1.2 Oxidação e Redução

Na apresentação desse tópico no livro didático, apenas as obras de Tito e Canto e de Feltre apresentam o conceito de número de oxidação (nox) e de balanceamento de equações de oxirredução. Usberco apresenta os conceitos de oxidação e redução de forma sucinta junto com a pilha de Daniell. Fonseca por sua vez, associa o conteúdo com a tabela de reatividade dos metais e explica que toda reação de oxirredução está relacionada a uma transferência de elétrons entre os átomos e/ou íons das substâncias reagentes.

Seja a reação (**Figura 3**):

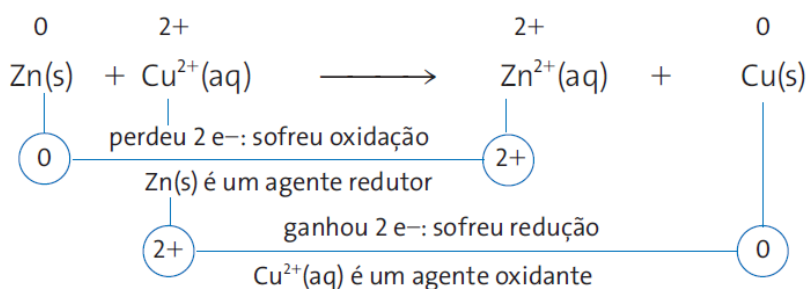


Figura 3. Reação entre zinco metálico e uma solução aquosa com cátion cobre II (Fonte: FONSECA, 2013)

- Oxidação é a perda de elétrons.
- Redução é o ganho de elétrons.
- Agente redutor (ou redutor) é o átomo ou íon que se oxida, ou seja, que doa elétrons.
- Agente oxidante (ou oxidante) é o átomo ou íon que se reduz, ou seja, recebe elétrons.

Em geral, os metais são agentes redutores, pois sofrem oxidação. São elementos que na presença de ametais, apresentam forte tendência a doar elétrons formando cátions, segundo Fonseca (2013).

A abordagem de oxidação e redução encontrada nos quatro livros didáticos tradicionais analisados não se mostra eficaz para estimular o aluno a participar ativamente do seu processo de aprendizagem, pois o mesmo é tido como um mero expectador, colocado como alguém que apenas assiste e assimila o conhecimento apresentado por uma tabela, figura ou equação química, por exemplo, que não representa algo significativo de seu cotidiano.

4.2.1.3 A pilha de Daniell

O professor de Anatomia da Universidade de Bolonha (Itália), Luigi Galvani, em 1780, descobriu que, quando se tocava, simultaneamente, as extremidades de uma perna dissecada de uma rã, com dois metais diferentes, o músculo da perna se contraía, concluindo, então, que tal efeito era devido ao músculo. Entretanto, Alessandro Volta (1745-1827), professor de Física na Universidade de Pávia (Itália), percebeu que, se a placa e o metal fossem constituídos de mesmo material, os músculos da rã não se contraíam.

Então, Volta descarta a hipótese de estímulo mecânico e propõe a ideia de circuito formado a partir de uma solução eletrolítica em contato com dois eletrodos. Volta construiu a primeira pilha elétrica, que era constituída de uma série de discos de zinco e cobre empilhados e separados alternadamente por pedaços de feltro embebido em ácido sulfúrico diluído que possibilitava o movimento de cargas elétricas através de um condutor.

Em 1836, o químico e meteorologista inglês John Frederic Daniell (1790-1845) construiu uma pilha diferente, substituindo as soluções ácidas utilizadas por Alessandro Volta (que produziam gases explosivos) por soluções de sais, segundo Fonseca (2013), transformando as experiências com pilha menos arriscadas numa época em que a expansão dos telégrafos com fio exigia fontes de corrente elétrica para uso nesse meio de comunicação.

A pilha de Daniell é constituída de uma lâmina de zinco, mergulhada numa solução aquosa de sulfato de zinco (eletrodo de zinco) e de uma lâmina de cobre, mergulhada em uma solução aquosa de sulfato de cobre II (eletrodo de cobre), conforme a **Figura 4**. Os dois compartimentos, chamados de meias-células estão separados por uma parede porosa (ou ponte salina) cuja função é não permitir a mistura das duas soluções, permitindo, porém, a passagem de íons depois que o circuito estiver fechado (FELTRE, 2008).

As funções da membrana (ou placa) porosa e da ponte salina são distintas. A placa porosa é uma membrana semipermeável que permite a passagem do ânion de um compartimento para outro e a difusão ocorre por diferença de potencial químico. Não é exatamente a passagem de íons que se espera na ponte salina, mas a migração dos íons no interior da ponte permitindo a formação de uma corrente iônica que fecha o circuito.

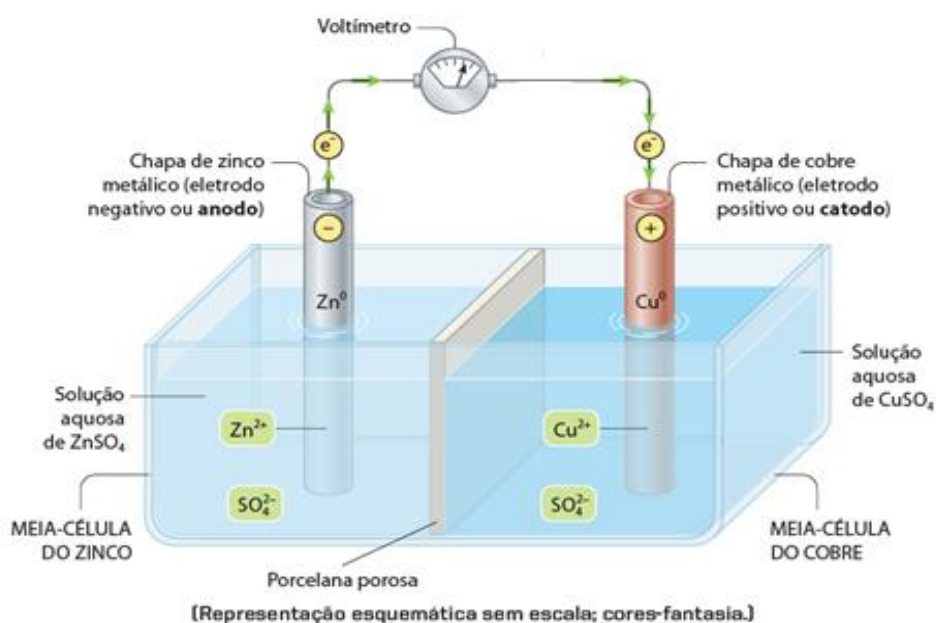
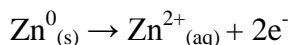


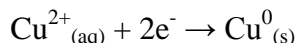
Figura 4. Esquema da Pilha de Daniell (adaptado) (Fonte: FELTRE, 2008)

O que acontece com a pilha de Daniell quando esta ligada e em funcionamento?

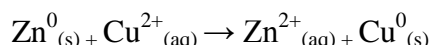
- Ânodo → eletrodo de zinco → semirreação de oxidação:



- Cátodo → eletrodo de cobre → semirreação de redução:



- Reação global é a soma das semirreações que ocorrem nos eletrodos:



- O sentido do fluxo de elétrons: placa de zinco para a placa de cobre (corrente elétrica).
- O sentido da migração de íons: $\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$ para o cátodo e $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ para o ânodo (corrente iônica).

Após o fechamento do circuito, observa-se oxidação do zinco, que perde dois elétrons e transforma-se em um cátion. Estes elétrons são transferidos pelo fio por atração até o eletrodo de cobre, que está apto a receber estes elétrons. Íons livres Cu^{2+} na solução são então atraídos para o eletrodo de cobre carregado. Estes íons são reduzidos, transformando-se em Cu^0 e depositando-se por sobre a superfície do eletrodo, equilibrando as cargas. Os íons positivos Zn^{2+} criados pelo eletrodo de zinco passam para a solução de sulfato de zinco. Para cada átomo de cobre que se deposita sobre o eletrodo de cobre, um átomo de zinco passa para a solução, doando dois elétrons para o eletrodo de zinco.

Os elétrons fornecidos pelos átomos de zinco passam pelo fio de interligação, fornecendo corrente para o dispositivo a ele ligado. Se não houvesse contato entre as duas soluções (chamadas de eletrólitos), através da porcelana porosa ou da ponte salina, não haveria transporte de elétrons, pois o circuito estaria aberto. O circuito se fecha através do condutor metálico (externo, responsável pelo transporte de elétrons) e através da ponte salina (interno, responsável pela migração de íons). A migração das cargas através dos condutores interno e externo permite o fechamento do circuito. A ausência de qualquer um deixa o circuito aberto, impedindo a reação química.

Imergindo-se os eletrodos em eletrólitos, que são soluções condutoras geralmente salinas, e permitindo que essas duas soluções troquem íons, haverá fluxo de cargas em ambas direções, permitindo que o efeito de geração de corrente elétrica perdure até que o eletrodo de zinco se consuma (pois o eletrodo de zinco corrói-se no processo), e que os íons Cu^{2+} sejam

consumidos no catodo. O aumento de massa do metal não atrapalha a reação química, mas o consumo (completo) do reagente sim, conforme **Figura 5**.

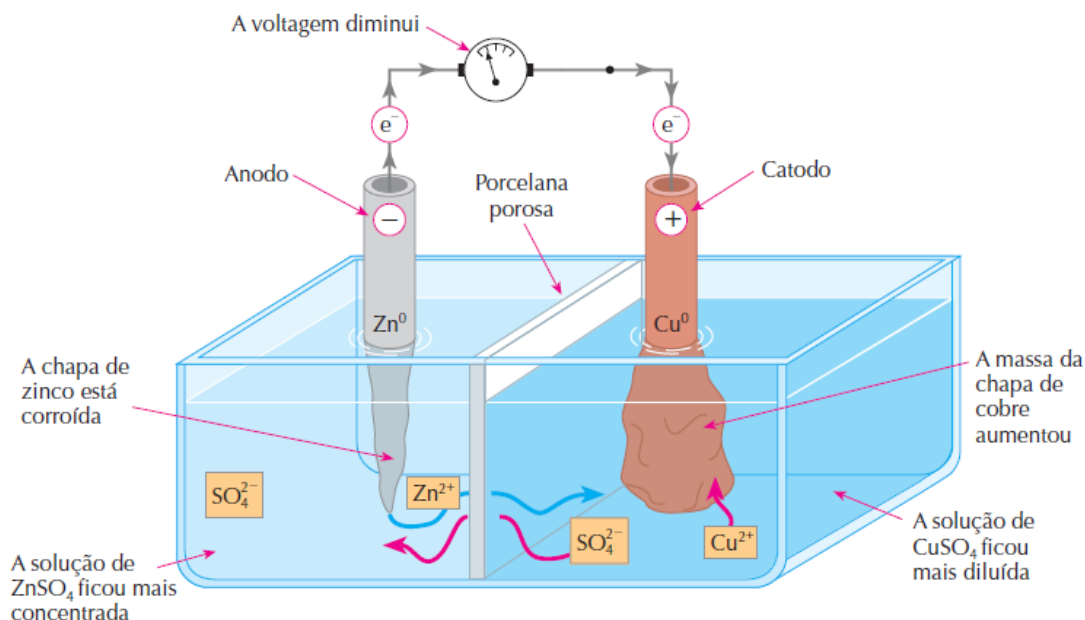


Figura 5. Esquema da Pilha de Daniell após certo tempo de funcionamento (Fonte: FELTRE, 2004)

Com o tempo, íons Zn^{2+} vindos do eletrodo de zinco, combinados com cargas que passam através da ponte salina, aumentarão a concentração de sulfato de zinco em um recipiente ou meia-célula, enquanto, paralelamente, haverá redução de concentração na solução de sulfato de cobre, por perda de íons Cu^{2+} . Isso provocará diminuição gradual da corrente elétrica, até que a reação cesse; e pilha é, então, considerada esgotada.

As pilhas feitas em solução aquosa só apresentam aplicação para pesquisa, segundo Fonseca (2013), como para determinar a espontaneidade de uma reação de oxirredução. Essas pilhas, porém, não podem ser usadas no cotidiano, pois não apresentam usabilidade e nem podem fornecer uma corrente elétrica adequada por um tempo prolongado.

4.2.1.3.1 Potencial da pilha

A diferença de potencial (DDP) é a força (eletro)motriz que permite a transferência de elétrons e, portanto, a reação de oxirredução, sendo medida em volts, com o uso de voltímetros. A “FEM é a DDP medida entre os polos da pilha quando não há passagem de corrente elétrica pelo circuito” (TITO E CANTO, 2006).

A reação química que ocorre em uma pilha é uma reação de oxirredução e portanto, sua FEM depende:

- da natureza dos metais formadores da pilha;
- das concentrações das soluções empregadas;
- da temperatura em que a pilha estiver funcionando.

Para medir a DDP de uma pilha, precisamos de duas semipilhas, ou seja, medimos, a diferença de potencial entre dois eletrodos, e não o potencial absoluto de cada um. Na prática é bastante útil conhecer o potencial do conjunto (forma oxidada – forma reduzida) da substância de interesse. Por essa razão adotou-se um eletrodo de referência: o eletrodo-padrão de hidrogênio, que consiste, segundo Usberco (2002) em um fio de platina (Pt) no interior de um tubo de vidro preenchido com gás hidrogênio (H₂). O fio de platina está ligado a uma placa de platina em que o H₂(g) fica adsorvido, ou melhor, retido em sua superfície, conforme mostra a **Figura 6**, sendo que a platina não participa da reação.

Por definição o eletrodo-padrão de hidrogênio é 0 (zero), ou seja:

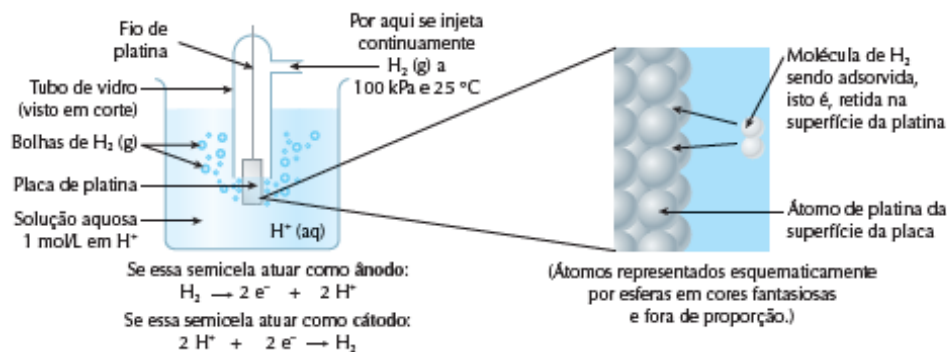
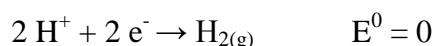


Figura 6. Pilha de Hidrogênio (Fonte: BROWN, 2003.)

Assim, se montarmos pilhas em que uma das semipilhas é o eletrodo-padrão de hidrogênio, poderemos determinar o potencial da outra semipilha a partir da diferença de potencial medida. Esses potenciais estão relacionados em tabelas, juntamente com as semirreações correspondentes, conforme podemos observar nas quatro obras aqui analisadas, tal como mostrado em Usberco (2002), conforme **Tabela 1**. Segundo Feltre (2008), o cálculo da FEM de uma pilha é uma consequência imediata da tabela dos potenciais-padrão de eletrodo.

A pilha de Daniell funciona com base na reação $\text{Zn}^0 + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}^0$ que corresponde às seguintes semirreações, com os respectivos potenciais padrão de eletrodo:

- oxidação do zinco: $\text{Zn}^0 \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 e^-$ $E^0_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0,76 \text{ V}$
- redução do cobre: $\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightarrow 2 \text{Cu}^0$ $E^0_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,34 \text{ V}$

Se invertermos a primeira equação e somarmos com a segunda, somando e cancelando os elétrons, teremos: $\text{Zn}^0 + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}^0$ e, nessas circunstâncias, segundo Feltre, a FEM (ΔE^0) de uma pilha, em condições-padrão (isto é, com soluções 1 mol/L e a 25 °C) é a diferença entre o E^0 do oxidante (catodo) e o E^0 do redutor (anodo), ou seja, de 1,10V no caso da pilha de Daniell.

Tabela de potenciais de redução (E^0_{red}) com solução aquosa a 25 °C (em V)			
$\text{Li}^+_{(\text{aq})} + e^-$	\longrightarrow	$\text{Li}_{(\text{s})}$	-3,04
$\text{K}^+_{(\text{aq})} + e^-$	\longrightarrow	$\text{K}_{(\text{s})}$	-2,94
$\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$\text{Ca}_{(\text{s})}$	-2,87
$\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$\text{Mg}_{(\text{s})}$	-2,36
$\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3 e^-$	\longrightarrow	$\text{Al}_{(\text{s})}$	-1,68
$\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$\text{Zn}_{(\text{s})}$	-0,76
$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$\text{Fe}_{(\text{s})}$	-0,41
$\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$\text{Ni}_{(\text{s})}$	-0,24
$\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$\text{Sn}_{(\text{s})}$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$\text{Pb}_{(\text{s})}$	-0,13
$2 \text{H}^+_{(\text{aq})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$\text{H}_{2(\text{g})}$	0,00
$\text{Sn}^{4+}_{(\text{aq})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})}$	+0,15
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + e^-$	\longrightarrow	$\text{Cu}^+_{(\text{aq})}$	+0,16
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$\text{Cu}_{(\text{s})}$	+0,34
$\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + e^-$	\longrightarrow	$\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$	+0,77
$\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + e^-$	\longrightarrow	$\text{Ag}_{(\text{s})}$	+0,80
$\text{Br}_{2(\text{l})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$2 \text{Br}^-_{(\text{aq})}$	+1,10
$\text{O}_{2(\text{g})} + 4 \text{H}^+_{(\text{aq})} + 4 e^-$	\longrightarrow	$2 \text{H}_2\text{O}$	+1,23
$\text{Cl}_{2(\text{g})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$	+1,36
$\text{Au}^{3+}_{(\text{aq})} + 3 e^-$	\longrightarrow	$\text{Au}_{(\text{s})}$	+1,50
$\text{F}_{2(\text{g})} + 2 e^-$	\longrightarrow	$2 \text{F}^-_{(\text{aq})}$	+2,89

Tabela 1. Tabela de potenciais (Fonte: USBERCO, 2002)

Em seu livro didático, Fonseca (2013) nos mostra que uma pilha só se forma a partir de reações espontâneas, ou seja, para reações nas quais a direção do fluxo de elétrons do eletrodo mais reativo (menor potencial de redução e maior potencial de oxidação) para o eletrodo menos reativo (maior potencial de redução e menor potencial de oxidação), a força eletromotriz é sempre um número positivo. Se o cálculo da força eletromotriz entre certos eletrodos der um número negativo, devemos concluir que a reação não é espontânea e nenhuma célula se forma entre esses eletrodos.

Observa-se que mais uma vez que a realidade cotidiana do aluno é deixada de lado pelo livro didático.

Nos quatro exemplares de Química analisados nesse trabalho, confirmamos o que Gustavo Bernardo (2009) aponta nos livros didáticos em geral:

Não há um texto teórico corrido sobre os conceitos trabalhados, logo, não há como o aluno estudar. Em compensação, há centenas de exercícios mais ou menos mecânicos, repetitivos, até mesmo maçantes, sobre textos mais ou menos cortados, fragmentados ou mesmo adaptados, espalhados pelos retalhos da informação que se deseja mostrar. (BERNARDO, 2009)

No início desse capítulo, apontamos que um dos argumentos para a adoção do livro didático nas escolas públicas, que chega através do PNLD, é de que este é, na maioria das vezes, o único material utilizado pelo professor e pelos alunos. Outro argumento utilizado em prol do livro didático é que este facilita o trabalho do professor, visto que as editoras lhe oferecem um exemplar com respostas para todos os exercícios, compensando, assim, as possíveis deficiências do magistério no país.

Esse argumento, não obstante esteja fundamentado em um fato inegável – as deficiências do magistério no Brasil – esquece a importância do erro para o aprendizado, na medida em que valoriza a existência do exemplar do professor, com todas as respostas certas. O erro é criativo, por ser múltiplo. É o erro que nos mostra outros caminhos para outras verdades.

O livro didático com respostas certas não cumpre sua função “auxiliar o professor no planejamento didático pedagógico e na gestão das aulas”, como exposto no *Guia de Livros Didáticos* (BRASIL, 2012), mas, sim, impõe uma verdade, uma única verdade.

4.3 Ressignificação do Ensino de Eletroquímica no Ensino Médio

Considerando que a abordagem trazida pelos livros didáticos analisados não estimula o aluno a uma participação ativa no seu processo de aprendizagem, colocando o aluno como alguém que apenas recebe e assimila conhecimento, torna-se mister a necessidade de experimentar novas metodologias, ou melhor metodologias realmente ativas e inclusivas.

Não se trata de ter ou não razão; trata-se de liberdade, liberdade para todos, liberdade para cada um, contanto que se queira, a igual liberdade de todos. Ninguém pode julgar de modo categórico quem tem ou não razão, quem está mais próximo da verdade e que caminho é melhor para o maior bem-estar de cada um e de todos. A liberdade é o único meio para chegar, mediante a experiência, ao verdadeiro e ao melhor: e não há liberdade se não houver liberdade de errar. (RICHARDS, 1977)

Vários autores já vêm tratando do ensino inclusivo da Eletroquímica, como, por exemplo, Souza e Justi (2005) cujas propostas mais recentes para aulas de Química têm como um dos pré-requisitos a necessidade dos alunos se envolverem ativamente no ensino em sala de aula em um processo interativo entre professor e aluno, levando em consideração os horizontes conceituais dos alunos.

Isso significa dar a eles a oportunidade de expressar como veem o mundo, o que pensam, como entendem os conceitos, quais são suas dificuldades e assim por diante. Considerando a linguagem como um instrumento do conhecimento, também acreditam que ela deve ser tratada com muito cuidado para desempenhar adequadamente sua função no ensino de Química, levando ao desenvolvimento de conhecimentos científicos relevantes para o aluno.

Ao falar de Química e inclusão, Souza e Justi (2005) afirmam ser necessário que não se tenha objeção a mudar a Química da sala de aula em um instrumento de conscientização e inclusão do outro no processo educacional como um todo, com o qual será trabalhado não apenas nos conceitos químicos fundamentais para entender o mundo que nos rodeia, como também aspectos éticos, morais, sociais, econômicos e ambientais relacionados. Nesse contexto, aflora a importância do professor para criar situações de ensino nas quais os alunos são incentivados a pensar por si mesmos, expressar suas ideias, analisá-las e defendê-las à luz das ideias dos colegas ou apresentadas pelo professor.

Em outra perspectiva, ensinar Química torna-se uma provocação no processo de formação do cidadão. Segundo Da Silva (2016), ao discutir a Eletroquímica no Ensino Médio, pode-se conectá-la a importantes temas transversais. Entre esses temas, é possível estabelecer uma relação entre as baterias e o meio ambiente e, assim, destacar que as baterias comuns são

frequentemente descartadas de maneira inadequada. Os resíduos de baterias existentes, como chumbo, cádmio, mercúrio e outros elementos, são considerados tóxicos para a saúde e o meio ambiente. Os alunos, tendo plena consciência de que as baterias não devem ser descartadas de maneira inadequada no ambiente em que vivem, saberão o quão importante é a sua relação com o material ao seu redor.

A valorização da aprendizagem (formal e não formal) é um dos vetores principais na formação completa do ser humano, pois aprendizagem e competência são as duas faces de uma política de educação e formação centrada no conhecimento. A aquisição de competências, embora se dê em um processo de colaboração com outros seres humanos, não ocorre à revelia do indivíduo, sem sua ativa participação. É por isso que se afirma, corretamente, que a aprendizagem é sempre ativa e colaborativa, ou seja, com elementos que enfatizam a ação e o trabalho em conjunto ou equipe (RUTHES, CUNHA, 2008).

A busca da ressignificação da Química passa também pela ressignificação do espaço escolar. Acorde com Gustavo Bernardo (2009), acreditamos que uma escola de qualidade deve possuir uma excelente biblioteca escolar, com livros vários, computadores e internet, além de laboratórios multidisciplinares onde a ciência possa ser aprendida por experimentação e não pela repetição acrítica de fórmulas congeladas no tempo. Enfim, um espaço em que caiba não só os acertos, como também os erros que apontam caminhos para outras verdades.

4.3.1 Metodologias Ativas

Quando se pensa em sistema educacional de ensino, percebem-se os seguintes personagens: educando e educador, processos de ensino e de aprendizagem, e como ocorrem estas interações. Para que estas efetivamente ocorram e o conhecimento significativo aconteça, estratégias de ensino envolventes são fundamentais (STROHER, 2018).

As Metodologias Ativas se constituem num processo de ensino aprendizagem cuja característica principal é tornar o aluno responsável por sua autonomia educacional, segundo Bispo (2016), possibilitando a valorização da formação crítica e reflexiva do estudante que participa da construção de seu conhecimento, no processo de ensino e aprendizagem.

Tais metodologias primam pela participação ativa de todos os atores, focados na realidade em que estão inseridos, estimulando-os a reconhecer, compreender e intervir na construção de seu conhecimento com base no senso comum e nas atividades educacionais as quais estão envolvidos no seu dia a dia acadêmico. (BISPO, 2016)

A proposta é que o aluno procure o conteúdo, pesquise e encontre soluções, aprendendo a aprender, a refinar suas respostas (LEITE, 2017). A diversidade de propostas que apresentam princípios norteados por metodologias ativas é bastante significativa na educação, tais como:

- sala de aula invertida, onde um tema é escolhido e lançado aos alunos para que desenvolvam (BISPO, 2016);
- TBL (em inglês, *team based learning*), ou aprendizagem baseada em equipes, visa promover o desenvolvimento de equipes de aprendizagem de alto desempenho e fornecer a estas equipes oportunidades para se envolver em tarefas de aprendizagem significativas (MICHAELSEN, 2012);
- *peer instruction*, que trabalha no conceito de debate e deliberação de problemas do dia a dia, através de argumentação e questionamentos, tendo como objetivo solucionar perguntas com as quais os estudantes se deparam através da troca de conhecimentos entre seus pares (BISPO, 2016);
- gamificação, que busca incorporar elementos presentes nos jogos em uma dinâmica na sala de aula, com a participação ativa do aluno, proporcionando o desenvolvimento de determinadas habilidades e comportamento (LEITE, 2017);
- PBL (em inglês, *project-based learning*), ou aprendizagem baseada em projetos, a qual acredita na construção do conhecimento por meio de um trabalho longo de investigação que responda a uma pergunta complexa, problema ou desafio (LORENZONI, 2016).

Esta última metodologia ativa, o PBL, nos interessa em especial por ter motivado o autor desse trabalho a investigar e experimentar essa arquitetura metodológica em sala de aula para atender alunos do Ensino Médio da Educação Básica, no ensino de Eletroquímica.

4.3.1.1 PBL

A metodologia PBL – *Project-Based Learning* – tem o aluno como centro do processo, desenvolve-se em grupos tutorados e caracteriza-se por ser um processo ativo, cooperativo, integrado, interdisciplinar e orientado para a aprendizagem dos alunos que deverão ser preparados para saber apresentar soluções aos problemas que surgem na sua vida profissional, utilizando os princípios tecnológicos com criatividade, considerando os aspectos sociais, ambientais, éticos, econômicos e internacionalizados (MASSON et all, 2012).

A PBL é, nas palavras de Ribeiro,

uma metodologia de ensino-aprendizagem colaborativa, construtivista e contextualizada, na qual situações-problema são utilizadas para iniciar, direcionar e motivar a aprendizagem de conceitos, teorias e o desenvolvimento de habilidades e atitudes no contexto de sala de aula, isto é, sem a necessidade de conceber disciplinas especificamente para esse fim (RIBEIRO, 2010).

Várias Universidades no mundo vêm adotando a PBL em diversos cursos, nas diferentes áreas do conhecimento. Esta metodologia foi originalmente concebida e aplicada no ensino de Medicina na Universidade McMaster no Canadá e na Universidade de Maastricht na Holanda. No Brasil já existem vários movimentos de incorporação da PBL em cursos das áreas da Saúde e um pouco mais tímido nas Engenharias. A metodologia PBL, em nosso país, foi implantada inicialmente na Universidade de Marília, em 1997, e em seguida, em 1998, na Universidade Estadual de Londrina.

A revolução tecnológica e o fenômeno da globalização, a partir da década de 1980, marcaram outra grande mudança de paradigmas e uma nova realidade mundial foi implementada, como nos mostra Queiroz (2012). Os centros acadêmicos de produção de conhecimento foram desafiados a se recompor, não mais com base na tradição ou nas grandes escrituras. As utopias caíram, a solidariedade e os princípios sociais deram lugar ao crescente individualismo, e uma forma de agir, baseada em uma forte concorrência, levou a uma velocidade frenética, com mínima consideração pelos tempos subjetivos.

A abordagem da PBL se coloca dentro de um modelo educacional de ensino que possibilita aos alunos serem ativos, participativos e responsáveis por seu conhecimento, motivando o autor desse trabalho a investigar e experimentar essa arquitetura metodológica no Ensino Médio da Educação Básica. Além disso, procura assegurar que a realidade esteja constantemente conectada, levando os alunos, através dos textos-problemas, a analisarem as situações expostas como cidadãos em busca de soluções para a vida, relacionando teoria e prática e rompendo rigorosamente com o modelo tradicional de ensino superior, ou da educação básica, desassociado do cotidiano das cidades e da vida do homem comum (QUEIROZ, 2012).

O problema da dificuldade de aprendizagem do estudante de ensino superior tem sido tema de diversos trabalhos, como, por exemplo, aqueles publicados nos anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE, sendo o processo de ensino aprendizagem uma preocupação de professores e pesquisadores da área, como nos mostra Silva (2012). Segundo ela, existe uma preocupação muito forte com o tipo de profissional que se deseja entregar ao mercado de trabalho. O avanço da tecnologia impôs algumas demandas

ao profissional que deseja ingressar nesse modelo. Esse fato provavelmente foi o maior fator motivador de estudos voltados para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Os estudos sobre o processo de ensino-aprendizagem são baseados em várias teorias e focam basicamente em duas etapas do processo: 1. a metodologia de ensino; 2. o processo de avaliação da aprendizagem.

A PBL também tem o intuito, segundo Ribeiro (2019), de criar hábitos de estudo e pensamento através do método da experiência reflexiva, melhorando o desempenho escolar dos alunos e, principalmente, melhorando a autonomia da aprendizagem e do trabalho em equipe, como esperado na vida profissional. A PBL se encaixa em qualquer temática, bastando ao professor dominar o assunto de forma que ele possa redefini-lo para a criação de situações problemáticas. Mas, não basta apenas domínio conceitual; também é necessário acreditar no potencial da pedagogia ativa no desenvolvimento de aulas menos cansativas que promovam uma aprendizagem mais eficaz.

A escolha do projeto a ser desenvolvido é fundamental na aplicação de PBL, pois o mesmo deve motivar e conduzir o aprendiz a novas descobertas, abrangendo minimamente, o conteúdo programático definido para a Química. Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo, e essa natureza temporária indica um início e um término bem definidos, cuidando do gerenciamento adequado no seu desenvolvimento, com aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas a fim de atender aos seus requisitos, segundo Campos (2011).

Essa abordagem não exime o professor de sua responsabilidade central no processo de ensino e aprendizagem, e, sim, o oposto ocorre, pois o torna explicitamente responsável também pela definição do conteúdo. O papel principal do professor é elaborar situações-problema e organizar sua solução (RIBEIRO, 2019).

Assim sendo, a PBL concentra-se no aluno como agente ativo na busca de resolução de problemas, cujas soluções em si não conduzem à aprendizagem, mas o processo de pesquisa, este sim, constitui-se no verdadeiro fenômeno de aprendizagem. Encontrar a solução é o prêmio maior pelo esforço despendido em pesquisar, pelo tempo investido sobre questões significativas ao próprio interesse do aluno (QUEIROZ, 2012).

Ainda, segundo Queiroz,

o verdadeiro produto reflete-se, inclusive, no campo subjetivo do sujeito-aprendiz. Encontro, nessa busca, o meu interesse? Vibro, no caminho, ao me sentir progressivamente desafiado? Supero obstáculos, amplio limites, sofro o apelo e a angústia que nos provoca o saber ao nos escapar? Minha experiência, de que vale? No processo educativo do PBL, os alunos são autorizados, requisitados e estimulados a falarem em classe, a deporem e a

testemunharem sobre suas trilhas de pesquisa que, desse modo, multiplicam os objetos e os tornam alunos pesquisadores em tempo integral. (QUEIROZ, 2012)

Operacionalmente, trabalha-se com grupos de 5 a 10 alunos e um professor-tutor, no caso do Ensino Médio. A cada etapa, que pode durar uma semana ou mais, um problema é exposto ao grupo. A discussão final, abordando sua solução, ocorre ao término do processo, após exaustiva atividade de pesquisa e prática. Toda a organização ocorre em uma sequência de sete passos, oferecendo um encaminhamento cognitivo, contudo, na literatura encontrada sobre a metodologia PBL, sofrem ligeira variação de descrição.

Queiroz (2012) descreve as sete etapas como,

[...] os passos essenciais, que se referem à formulação dos objetivos, prática da pesquisa e discussão coletiva são comuns a todas as versões encontradas.[...]

1. Distribuição e leitura do problema e identificação dos termos desconhecidos;
2. Interpretação e discussão do texto. Identificação do problema central e das palavras-chave.
3. Levantamento do conhecimento prévio com formulação de hipóteses (*brainstorm*).
4. Resumir as hipóteses possíveis elaborando uma síntese da discussão.
5. Elaboração dos objetivos de aprendizagem e identificação das estratégias de pesquisa a serem percorridas (as fontes bibliográficas sugeridas e os recursos disponíveis)
6. Pesquisa e elaboração individual concernentes aos objetivos propostos.
7. Síntese da Abertura. Discussão do problema a partir das pesquisas realizadas, efetivando a ‘solução’ do problema; Síntese final; elaboração posterior de relatório pelo relator.

O contexto de aprendizagem proporcionado pela PBL possibilita ao aluno um sólido desenvolvimento individual e a aquisição de competências que permitem uma ação eficaz sobre a realidade social, estimulando a capacidade para trabalhar em grupo, aperfeiçoando atitudes de respeito, atenção, paciência, cuidado com o outro, escuta apurada e concentração.

Ademais, nas palavras de Queiroz (2012), incentiva o estudo individual, beneficiado pelo estímulo constante à pesquisa e desenvolvimento de autonomia e responsabilidade com o conhecimento que se constrói, ou seja, o aluno ‘aprende a aprender’.

5 METODOLOGIA APLICADA

A metodologia ativa de ensino denominada Aprendizagem Baseada em Projetos (APB) ou, em inglês, *Project-Based Learning* (PBL) conecta a construção do conhecimento à investigação, experimentação e proposta de soluções para situações cotidianas reais. Aposta na construção de conhecimento por meio de um trabalho longo de investigação que responda a uma situação problema. A partir de uma questão inicial, os alunos se envolvem em um processo de pesquisa, elaboração de hipóteses, busca por recursos e aplicação prática da informação até chegar a uma ou mais possíveis soluções ou produto final.

A aprendizagem baseada em projetos transfigura o aprender e o fazer em momentos inseparáveis. Aprender com o PBL envolve a exploração do contexto, a comunicação entre pares e a criação a partir do conhecimento, sem detrimento do conteúdo a ser ministrado na sala de aula.

A fim de compreender a eficácia dessa metodologia ativa de ensino, decidimos aplicá-la no ensino de Eletroquímica no 2º ano do Ensino Médio. Inicialmente, um conjunto de dados para análise foi obtido através de uma pesquisa de campo via questionário com oito perguntas, realizado na Escola do CEPE – Centro de Estudos e Pesquisas Educacionais, no turno matutino, no município de Miguel Pereira – RJ.

Os sujeitos iniciais da pesquisa foram 49 estudantes do Ensino Médio. O instrumento de pesquisa foi um questionário (Anexo 1) que visou conhecer as dificuldades dos alunos no ensino de Química. Na sala, foram dadas instruções de preenchimento do questionário, destacando-se que os sujeitos investigados não seriam identificados, mantendo-se, assim, os seus sigilos de identidade resguardados.

Em um segundo momento, foi desenvolvido um projeto a ser aplicado inicialmente aos alunos de 2º ano, na Escola do CEPE, de forma a criar uma situação problema para investigar e discutir as pilhas no cotidiano, assunto esse pertencente à grade curricular de Química, especificamente em Eletroquímica, no 2º ano da escola particular e no 3º ano da escola pública do Ensino Médio. Para tanto, grupos com número aleatório de integrantes foram formados e inscritos numa plataforma digital, a fim de serem tutorados na montagem de um projeto.

O edmodo (<https://www.edmodo.com/>), conhecido como “facebook educativo”, que é uma plataforma digital a qual consiste em uma rede social de aprendizagem destinada a

professores, estudantes, responsáveis e gestores, foi escolhido para gerir grupos com número aleatório de integrantes, formados inicialmente com os alunos do 2º ano.

Lançado nos EUA em 2008, seu conteúdo vem sendo, paulatinamente, traduzido para o português. É uma plataforma colaborativa que permite aos professores postar e receber mensagens dos estudantes e de outros professores, postar e agendar tarefas, criar bibliotecas digitais, além de enquetes, e aplicar testes de aprendizagem, individuais ou em grupo, dentro ou fora da sala de aula. Permite, ainda, corrigir as atividades, indicando as possíveis imprecisões e fazendo os devidos elogios.

Os estudantes, além da possibilidade de realizar atividades acadêmicas online e de trocar mensagens com os professores e com seus colegas, podem convidar seus responsáveis a visitar a página de sua turma (FINAMORE, 2015).

5.1 As fases da metodologia

A aplicação da metodologia ocorreu em sete fases, mas, por ser uma forma de pensar ativa, que retira o aluno e o professor de suas zonas de conforto, poderá apresentar um número variável de fases.

FASE 1: A PERGUNTA MOTIVADORA

Nessa fase, o assunto da aula, ou seja, pilhas e baterias, é introduzido de forma diferenciada e provocativa, permitindo ao professor ter a noção do quanto seus alunos sabem sobre o assunto.

O projeto consistia em resolver um problema desafio: criar um carrinho movido a pilhas ou bateria de celular com materiais simples e recicláveis. Seria possível? Como fazê-lo? O que fazer com o carrinho quando ele para de funcionar? Onde pesquisar ou a quem perguntar?

Nesse momento lúdico torna-se possível conversar com o aluno, mostrando ao mesmo que ele será importante no processo de criação de uma solução para a situação proposta. Tornar o aluno o centro do processo é um passo importante para que ele aprenda a trabalhar em um ambiente democrático. A sala de aula não mais será silenciosa e calma como muitos professores gostam, mas, sim, ruidosa, repleta pelos sons de ideias borbulhantes.

FASE 2: O DESAFIO PROPOSTO

Nessa fase, um conteúdo significativo é proposto, mostrando ao aluno uma possibilidade sucesso na execução do projeto, através de um vídeo, uma apresentação ou um artigo que ratifique os conteúdos e as habilidades a serem adquiridos.

A utilização de vídeos do YouTube, tal como o apresentado em *How to make a battery powered toy mini motor car in bearings* (<https://youtu.be/C9YqsQRH2aw>), por exemplo, serviu como o ponto de partida para ilustrar o processo. A partir disso, os alunos foram encorajados a reproduzir o pequeno automóvel presente no vídeo, envolvendo a prática com a teoria, isto é, o conteúdo de eletricidade se uniu à prática, instigando os alunos a “porem a mão na massa”, estratégia típica do PBL.

Inicialmente, foi apresentada a seguinte lista de materiais para a realização da tarefa:

- Palitos de picolé
- Pistola de cola quente
- Motor de impressora ou similar
- Pilha de 9v ou bateria
- Rodas de carrinho de brinquedos ou rolamentos usados
- Fios, eixos, roldanas, engrenagens e conectores de brinquedos e/ou impressoras velhas
- Canetas esferográficas

FASE 3: PESQUISA E CONTEÚDO

Nessa fase, são solicitadas pesquisas sobre o conteúdo trabalho, as quais darão suporte para os alunos se tornarem notáveis no assunto em estudo. Eles deverão ser protagonistas, procurando por fontes diversas de pesquisa, vídeos, entrevistas, artigos científicos, ou seja, tudo que possa ajudar a alcançar o propósito estabelecido em sala, desenvolvendo sua autonomia.

FASE 4: CUMPRINDO O DESAFIO

Nessa fase, o aluno deve colocar em prática aquilo que aprendeu durante suas investigações. Eles praticam a colaboração, o raciocínio lógico, a comunicação e o manuseio de tecnologias do século 21, a criatividade e o controle do tempo. Aprendem habilidades que

devem estar presentes na vida do cidadão de um estado democrático, sendo crítico e participativo no processo de sua vida.

Os grupos montam seus protótipos em sala de aula, com auxílio do professor. Nem todos apresentaram habilidade com peças pequenas, cola quente, alicates e chaves de fenda. Cada aluno deve tentar ajudar da melhor maneira possível para que o protótipo seja montado no mesmo dia, sendo que os testes e acertos podem ser feitos fora da sala de aula ou em casa. A liderança, a comunicação interpessoal e o respeito pelo colega, desenvolvidas nessa fase, são características preparatórias para o mercado de trabalho futuro.

Após a montagem do carrinho os alunos foram induzidos a gastar toda a energia contida na pilha ou bateria e novamente foram estimulados por uma situação: o que fazer com o carrinho quando ele para de funcionar? A partir das discussões implementadas em sala de aula, dois caminhos foram estimulados:

1. a criação de novas pilhas com materiais caseiros; os estudantes foram estimulados a construir pilhas com materiais simples, tais como refrigerantes, latas de alumínio, água sanitária, moedas entre outros;
2. descarte e a reciclagem de pilhas e baterias, levando em consideração seu conteúdo e o impacto destes materiais no meio ambiente, os estudantes foram estimulados a realizar dois experimentos: um com pilhas imersas em uma gelatina caseira e outro com pilhas enterradas em um aquário com areia da praia para observar os efeitos da pilha no solo.

Os estudantes também foram motivados a realizar pesquisas na internet, buscando subsídios para responder às perguntas: “o carro elétrico é realmente ecologicamente mais amigável?”; “os processos envolvidos na produção das baterias empregadas na indústria automobilística são poluentes?”; “como será feito descarte e/ou reciclagem destes dispositivos?”

Os experimentos e pesquisas executados pelos estudantes validaram o aprendizado de forma integrada.

FASE 5: REFLEXÃO E *FEEDBACK*

Nessa fase, busca-se reflexão e *feedback* sobre o trabalho, os quais podem ser obtidos em rodas de conversa e debates, não obstante também através de exercícios, com intuito de estimular a turma a responder sobre a Eletroquímica mediante os trabalhos desenvolvidos.

Outro ponto a ser ressaltado, como fruto positivo desta pesquisa, envolve o efeito multiplicador do aprendizado e da conscientização ambiental dos estudantes.

FASE 6: RESPONDER A PERGUNTA INICIAL

Nessa fase, retoma-se a pergunta motivadora, agora a luz dos novos conhecimentos adquiridos.

FASE 7: AVALIAÇÕES

Nessa fase, são produzidas as avaliações que podem ser escritas, ou não, para identificar se cada estudante alcançou os objetivos propostos, conforme planejado.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dois questionários foram aplicados, um, antes da experiência com o PBL, com o propósito de verificar como os estudantes viam o ensino e a aprendizagem tradicional de Química (anexo 1), e, outro, após a experiência com o PBL, com o propósito de comparar o PBL com a metodologia clássica (anexo 2).

Seguindo esse raciocínio também foi aplicada uma avaliação com questões do ENEM ao final do processo para comparação de resultados. As questões foram aplicadas, inicialmente, a 16 alunos do 3º ano, na forma de um questionário individual, sem identificação do aluno. Suas identidades foram preservadas, a fim de se obter respostas o mais sinceras possível.

6.1 Questionário 1 – O ensino e a aprendizagem de Química

O ensino de Química na Educação Básica tem sua importância fundamentada na necessidade da formação do estudante, como cidadão, a fim de que este possa participar da sociedade atual com maior compreensão da Ciência como atividade humana em construção e, conseqüentemente, com maior criticidade diante do mundo. Observando-se por essa perspectiva, faz-se necessário recorrer a metodologias que contribuam para uma aprendizagem de Química de uma forma mais efetiva, a qual colabore para a concretização desses objetivos. Segundo da Silva (2009), uma dessas opções metodológicas que podem dar essa contribuição é a experimentação. Entendemos que, quando os experimentos são desenvolvidos juntamente com a contextualização, ou seja, levando em consideração os aspectos socioculturais e econômicos da vida do aluno, os resultados da aprendizagem podem ser mais eficazes.

Observou-se, na pergunta inicial – DURANTE A EDUCAÇÃO BÁSICA, NAS AULAS DE CIÊNCIAS QUE VOCÊ TEVE, FORAM REALIZADAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS? –, que durante a Educação Básica foram realizadas atividades experimentais nas aulas de Ciências, conforme **Figura 7**.

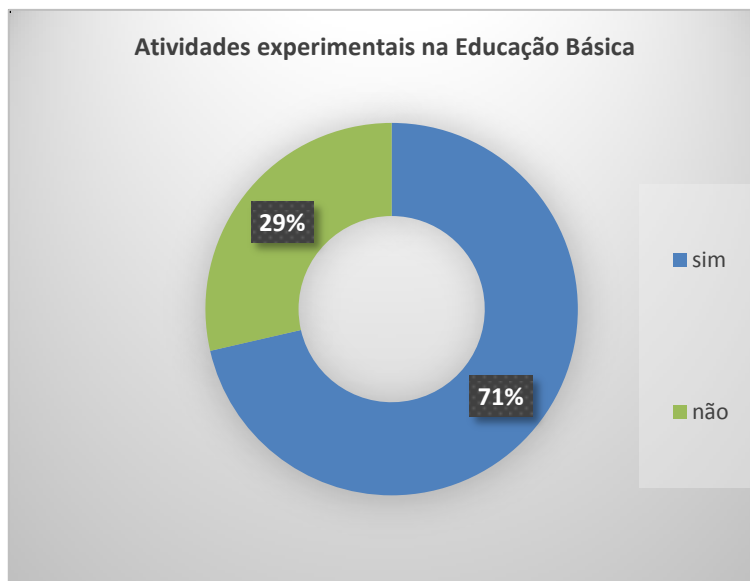


Figura 7. Atividades experimentais na educação básica. (Fonte: INOCENCIO, 2018)

Dentre os 71,4% que disseram ter participado de aulas experimentais, 80% disseram que a frequência foi muito baixa. Em resposta a esta pergunta, um aluno afirmou que “as experiências eram raras, pois a matéria era grande”, enquanto outro citou que teve “apenas uma experiência”.

A relevância do experimento também deve ser considerada significativa para o aluno, pois um terceiro aluno disse não se lembrar de “ter qualquer atividade experimental”. Os experimentos devem fazer parte do cotidiano do estudante para que ele tenha um significado em seu estudo, levando não à memorização, mas, sim, à compreensão de um fato ou à solução de um problema que poderá modificar a vida futura desse cidadão dentro da sociedade em que vive.

Embora muitos professores, incluindo o autor desse trabalho, acreditem que possam transmutar o ensino de Ciências/Química através da experimentação, as atividades experimentais são pouco frequentes nas escolas, sob a justificativa da inexistência de laboratórios, e aquelas que os possuem não têm recursos para mantê-los (DA SILVA, 2009).

Essa dificuldade fundamentada na falta de recursos é bastante comum, porém não se sustenta, segundo da Silva (2009), pois periódicos de educação científica geralmente contêm experimentos com materiais de baixo custo sobre tópicos amplos que cobrem uma variedade de conteúdo.

A baixa frequência das aulas experimentais pode ser resultado de uma situação ainda mais complexa: a formação acadêmica dos professores. É uma formação pouco refletida e fracamente fundamentada, e acaba difundindo aquela concepção de experimentação empírico-

positivista, que tanto vem sendo criticada pelos pesquisadores da área de ensino de ciências. Nesta, a função da experimentação é ratificar a teoria, por meio de uma abordagem tradicional “do demonstrar para crer”, colaborando para manter a predominância de uma Ciência tida como objetiva, neutra e apoiada em teorias decorrentes apenas da observação (DA SILVA, 2009).

É mister superar essa concepção de que a atividade experimental tem como função, única e exclusiva, ratificar a teoria, porque é no momento da investigação que ocorre a organização desse conhecimento científico, ou seja, a experimentação é uma parte indispensável do processo investigativo.

As atividades experimentais devem ser vistas como uma das ferramentas do discurso da ciência e, como tal, devem ser incluídas no ambiente da sala de aula, a fim de permitir a enculturação de alunos e professores. Eles devem permitir que os alunos aprendam não apenas as teorias da ciência, incluindo a Química, mas também como construir conhecimento científico em um processo de questionamento, discussão de argumentos e validação desses argumentos por meio de diálogo oral e escrito, com uma comunidade argumentativa que começa na sala de aula, mas a ultrapassa (DA SILVA, 2009).

Entre os assuntos que mais interessam, atualmente, aos alunos pesquisados, observou-se tecnologia em geral, música e artes, conforme **Figura 8**. Química, Literatura, Astronomia e celulares também foram citados.

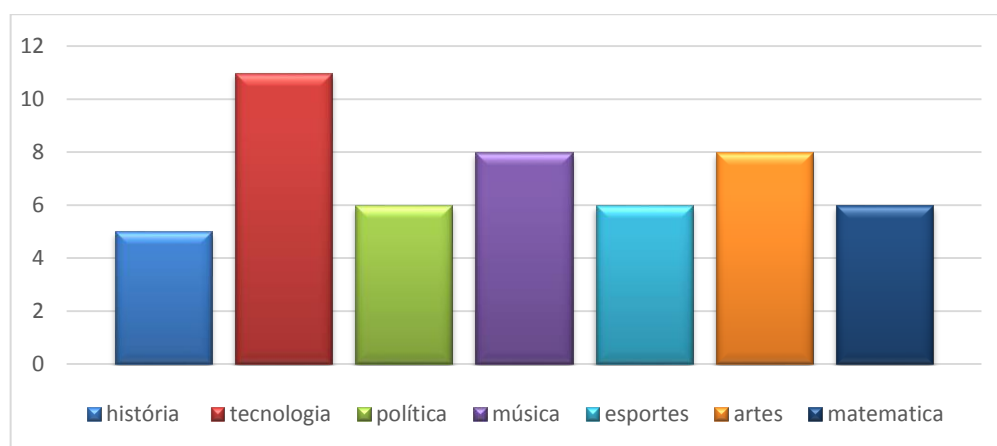


Figura 8. Assuntos que mais interessam atualmente (Fonte: INOCENCIO, 2018)

Conhecendo essas preferências, o professor pode direcionar suas aulas para despertar maior interesse de seus alunos, criando situações problemas em que a curiosidade do aluno pode ser direcionada a determinado conteúdo. Dessa forma, os estudantes tendem a se envolver efetivamente com a aprendizagem desse conteúdo, como aponta o sociólogo

Philippe Perrenoud, especialista em Educação, ao tratar da construção de competências na escola:

A noção de problema é fonte de confusão. [...] Os alunos devem procurar a solução, construí-la, o que evidentemente supõe que a tarefa proposta esteja em sua zona de desenvolvimento próxima e que possa apoiar-se em uma certa familiaridade com o campo conceitual implicado. [...] para ser "realista", um problema deve estar de alguma maneira "incluído" em uma situação que lhe dê sentido. Há várias gerações de alunos, a escola tem proposto problemas artificiais e descontextualizados: as famosas histórias de trens e banheiras. (PERRENOUD,1999).

Ao serem questionados sobre gostar de estudar Química, 93,9% dos alunos (**Figura 9**) deram respostas positivas, como: “Mesmo tendo dificuldades, eu considero importante e muito interessante. Me fascina o quanto podemos aprender sobre o mundo em que vivemos de uma forma mais profunda”. É mister observar que os questionários não foram aplicados pelo professor regente de Química, mas, sim, por outro colega e pela coordenação, de acordo com a disponibilidade de horários das turmas.

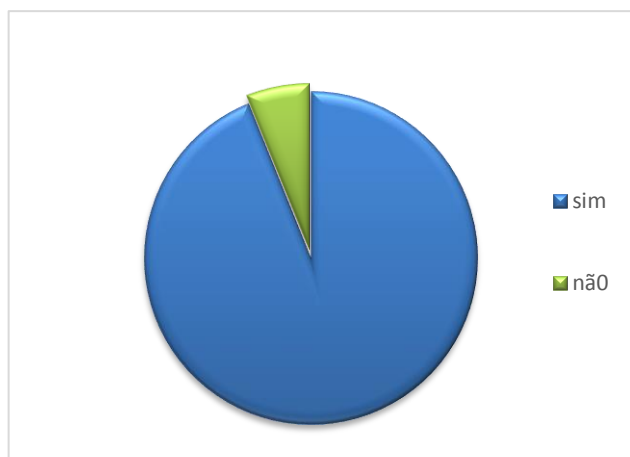


Figura 9. Você gosta de Química? (Fonte: INOCENCIO, 2018)

Outro aluno citou gostar de “coisas relacionadas a animais, jogos, livros de fantasia e drama, pinturas, desenhos e fotografia”, e que gostou “bastante da Química no 9º ano, mas só a Química que aprendi na escola”, como se essa química não se estendesse pela sua vida a cada momento, fazendo parte da pintura, com as tintas e materiais que usa ao realizar uma pintura. A química da fotografia não foi percebida, ou seja, não está presente na percepção desse aluno sobre o assunto que gosta. Prossegue este aluno dizendo que “não pesquisa sobre isso em casa como não estuda muito nenhuma outra matéria”, mostrando desinteresse pelo estudo fora da escola, pois o mesmo não é atrativo, já que gosta de “coisas mais descontraídas”.

Respostas como “não, eu não gosto de estudar, todavia é necessário”, também aparecem na pesquisa.

Ao serem perguntados sobre a presença da Química em seu cotidiano observamos, a presença maciça de itens relacionados à saúde, conforme **Figura 10**, principalmente no preparo de alimentos. Produtos eletrônicos, baterias de celular e carros também foram citados.

No que se refere à experimentação, Chassot (1993) defendem o “desenvolvimento de uma Química que tenha na experimentação uma forma de aquisição de dados da realidade, utilizados para a reflexão crítica do mundo e para o aprimoramento do desenvolvimento cognitivo”.

No que se refere à contextualização, defendem o emprego do ensino de Química como meio de educação para a vida, determinando relações entre os conteúdos aprendidos e o dia a dia dos alunos, bem como com outras áreas do conhecimento, levando o aluno-cidadão a refletir, compreender, discutir e agir sobre seu mundo. (DA SILVA, 2009)

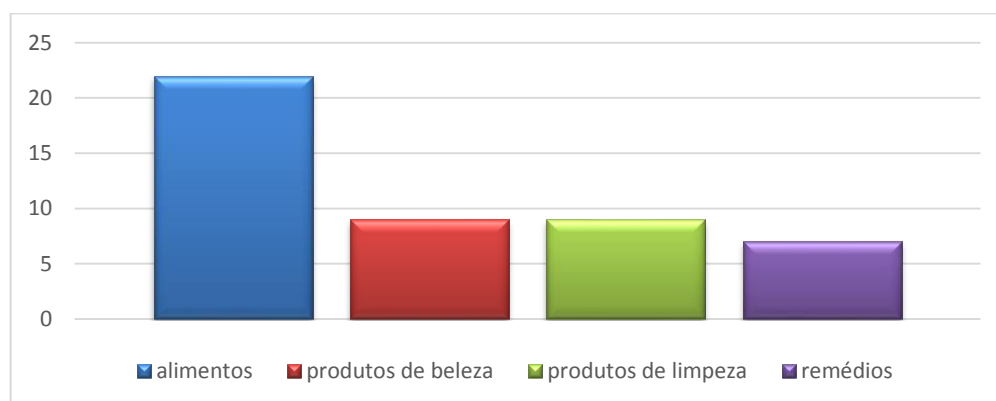


Figura10. Exemplos onde a Química esta presente no cotidiano (Fonte: INOCENCIO, 2018)

Sobre a necessidade de Química em sua futura profissão, alunos de 3º ano responderam que “sim” numa proporção de 50% (somente as respostas dos alunos de 3º ano foram computadas nesse item). Entretanto, alunos que pretendem cursar, Medicina, Artes, Psicologia, não identificaram a necessidade da Química em sua profissão, revelando uma desinformação quanto à escolha da mesma.

A realização de experimentos nas aulas foi citada por 55% dos alunos, seguido pelas aplicações da Química no cotidiano (19,4%) como sendo o que mais chamava a atenção dos alunos em sala de aula. Videoaulas, debates e informações sobre a Química no corpo humano também foram citados como importantes para o aprendizado de Química. A percepção dos

assuntos que mais chamam a atenção do aluno torna-se de suma importância para um bom planejamento das aulas.

Não nutrimos dúvidas do quanto à globalização imprime novas realidades à educação. Acorde com Chassot (2003),

[...] consideremos apenas a parcela de informações que nossos alunos e alunas trazem hoje à escola. Aqui temos que reconhecer que eles, não raro, superam as professoras e os professores nas possibilidades de acesso às fontes de informações. Há situações nas quais temos docentes desplugados ou sem televisão, que ensinam a alunos que surfam na internet ou estão conectados a redes de TV a cabo, perdendo a escola (e o professor) o papel de centro de referência do saber. (CHASSOT, 2003)

Assim, ainda de acordo com Chassot (2003), acreditamos que se pode alegar que a globalização determinou uma inversão no fluxo do conhecimento o qual, antes, fluía no sentido da escola para a comunidade, e, hoje, é o mundo exterior que se apodera da escola.

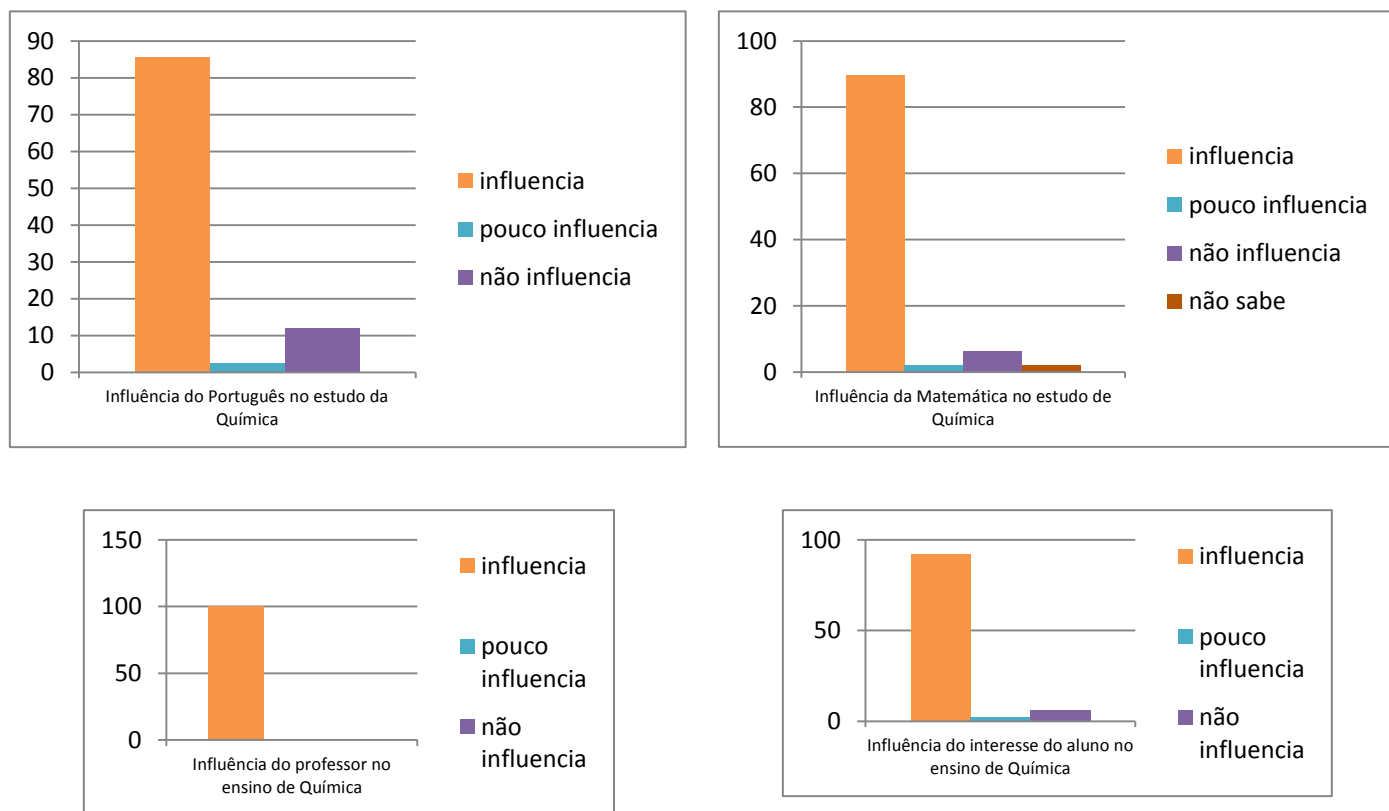


Figura 11. Influências no estudo da Química (Fonte: INOCENCIO, 2018)

O intuito de pedir ao aluno para julgar a influência do Português, da Matemática, do professor ou do seu interesse no seu estudo de Química, conforme **Figura 11**, era verificar se os alunos entendem a importância de outras disciplinas no processo de ensino/aprendizagem da Química, admitindo outras causas responsáveis por suas dificuldades. Observa-se, por

exemplo, a dificuldade de interpretação dos enunciados durante a realização de provas, sendo necessária a intervenção do professor para “explicar” o enunciado.

Torna-se necessária a inserção da leitura e da escrita nas aulas de Química o tempo todo, pois as atividades de pesquisa não se restringem a investigações de fenômenos ou pesquisas de dados. Essas habilidades figuram na fase de registros que variam de um simples relatório a uma tese de doutorado (BARBOSA, 2016). A utilização da matemática como instrumento para a solução de problemas se mostra de enorme importância. Muitos alunos não sabem nem como começar um problema, caso tenham de fazer uma conta ou aplicar uma fórmula, pois os conceitos matemáticos os quais fazem parte do contexto cultural que os alunos trazem da escola primária foram adquiridos mecanicamente. Tais conceitos foram impostos, e não construídos por eles, foram abordados como tendo um fim em si mesmos, e não vistos, em situações concretas, por eles.

O papel do professor é considerado por todos como de grande importância, tal como relatado por um aluno: “o professor criou um vínculo saudável com os alunos, o que torna a aula um ambiente mais agradável”.

Os aprendizes de cibercultura exigem professores que, ao mesmo tempo em que colocam em segundo plano o ensino fracionado, sequenciado e padronizado, incentivem o aprendizado ativo, integrado, integrativo e colaborativo em uma escola que usa a tecnologia como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem. Nesse conflito de interesses, os professores reclamam que os alunos estão cada vez mais desinteressados em seus estudos e aceitam cada vez menos a autoridade docente; enquanto os alunos se sentem desconsiderados pelos professores e definem suas aulas como monótonas, sem sentido para aplicações profissionais e sem fornecer um aprendizado eficaz adequado a realidade (DE CAMPOS, 2014).

No item interesse pessoal, chama a atenção uma resposta: “tenho interesse em passar de ano”, sendo que o mesmo aluno cita “namorar e curtir a vida” como os assuntos que mais o interessam atualmente.

Ao ser requisitado para esboçar alguma sugestão para o ensino da Química, uma parte significativa dos alunos (40,8%) não apresentou sugestões. Dentre as expostas foram citadas o aumento de experiências (sendo a necessidade do laboratório lembrada), mais aulas lúdicas, uso de internet e debates.

OS EXPERIMENTOS

ETAPA I: ASSISTIR VÍDEO E CRIAR CLASSE NO EDMODO

As aulas da grade nos permitiam usar dois tempos de 50 minutos seguidos por semana, chamado de agora em diante de encontros, que não se realizaram de forma sequencial ao longo dos três meses do projeto.

A proposta inicial foi construir um carrinho elétrico, movido a pilhas ou bateria de celular com materiais simples e recicláveis, sendo a culminância do processo uma corrida de carrinhos realizada na quadra da escola. Seria possível? Mas como se faz um carrinho desses? Estava lançado o desafio. O silêncio deu lugar à euforia característica da novidade: eles poderiam sair de sala! Quatro grupos foram formados imediatamente, na ruidosa sala, sendo um deles formado exclusivamente de meninas.

A utilização da internet foi essencial para a exibição do vídeo do YouTube, *How to make a battery powered toy mini motor car in bearings* (**Figura 12**), servindo como o ponto de partida para ilustrar que o carrinho era viável de ser construído. A partir disso, os alunos foram encorajados a reproduzir o pequeno automóvel presente no vídeo, com uma restrição inicial, pois não seria permitido a utilização, em sala de aula, de baterias de celular para movimentar os veículos criados, face ao perigo potencial do manuseio das mesmas.

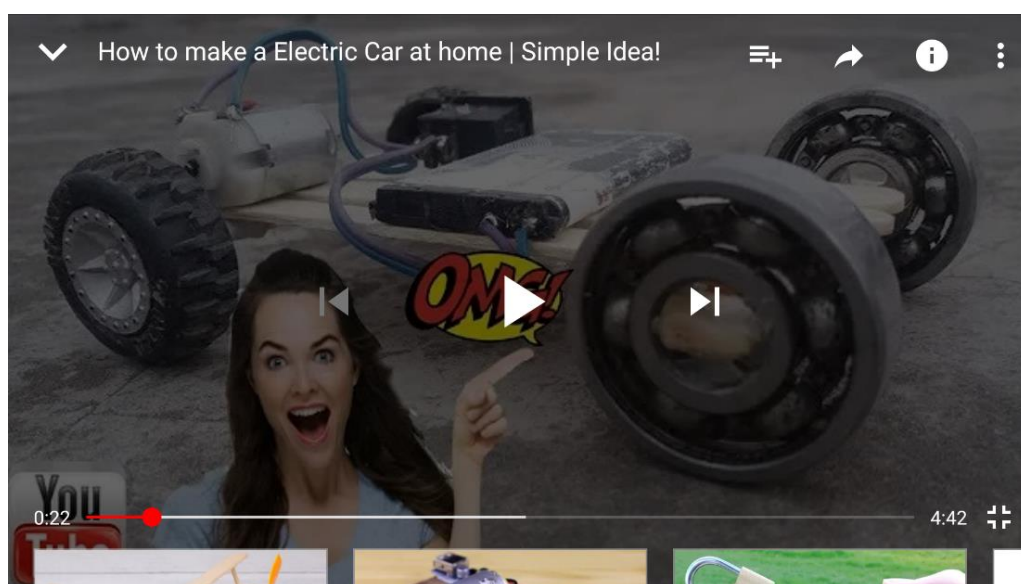


Figura 12. Como construir um carrinho a movido bateria. (Disponível em < <https://youtu.be/C9YqsQRH2aw>> Acesso em: 18/10/2019)

A plataforma digital Edmodo foi utilizada para tutorear e realizar as atividades acadêmicas online, além de ser utilizada para troca de mensagens entre professor e alunos, e também entre alunos.

Como essa plataforma consiste em uma rede social, possui uma interface amigável e familiar ao aluno, diminuindo bastante a resistência de seu uso no dia a dia da sala de aula. A classe QUIMICA CEPE2 foi criada no Edmodo e os alunos convidados a participar.

Inicialmente, foi apresentada a seguinte lista de materiais para a montagem do carrinho:

- Palitos de picolé
- Pistola de cola quente
- Motor de impressora ou similar
- Pilha de 9v ou bateria
- Rodas de carrinho de brinquedos ou rolamentos usados
- Fios, eixos, roldanas, engrenagens e conectores de brinquedos e/ou impressoras velhas
- Canetas esferográficas

A utilização do celular como instrumento de estudo e pesquisa, neste momento, foi essencial, pois as dúvidas surgiram quase que imediatamente após a primeira vista do vídeo, o qual foi repassado posteriormente passo a passo.

ETAPA 2: PRODUZIR O CARRINHO EM SALA (FASE 3 E 4)

Nessa etapa, como suporte para os alunos se tornarem ativos, foram solicitadas pesquisas sobre os motores de impressora que poderiam ser usados, bem como outros motores. A intenção era que eles, ao procurarem por fontes diversas de pesquisa, vídeos, entrevistas, artigos científicos, ou seja, tudo que pudesse ajudar a realizar o experimento, alcançassem o propósito estabelecido em sala, desenvolvendo sua autonomia. Esse momento de pesquisa em sala e dúvidas sobre os motores consumiu nosso encontro inicial.

Um fato chamou atenção nessa etapa, pois uma aluna enviou uma foto, **Figura 13**, com os seguintes dizeres:

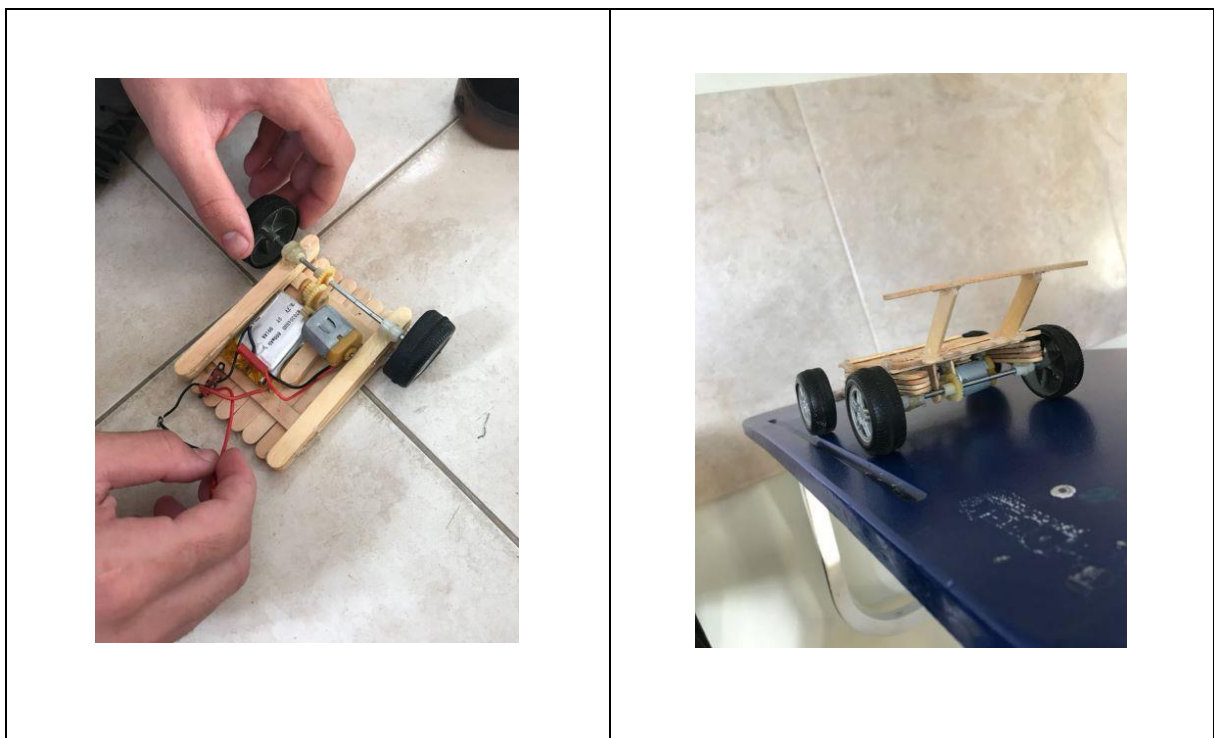
Lembra que disse que consegui um *cooler* e um motor de impressora? Eu ganhei a impressora inteira. Kkkkkk. Tô quebrando a cabeça pra desmontar isso. Olha só!



Figura 13. Impressora a ser desmontada (Fonte: INOCENCIO, 2018)

Em outro encontro, os grupos montaram seus protótipos em sala de aula, tal como mostrado na **Figura 14**, com auxílio do professor. Nem todos apresentaram habilidade com peças pequenas, cola quente, alicates e chaves de fenda. Cada aluno foi orientado a ajudar o outro da melhor maneira possível para que o protótipo fosse montado no mesmo dia, sendo que os testes e acertos puderam ser feitos fora da sala de aula ou em casa.

A liderança, a comunicação interpessoal e o respeito pelo colega, desenvolvidos nessa fase, são características preparatórias para o mercado de trabalho futuro.



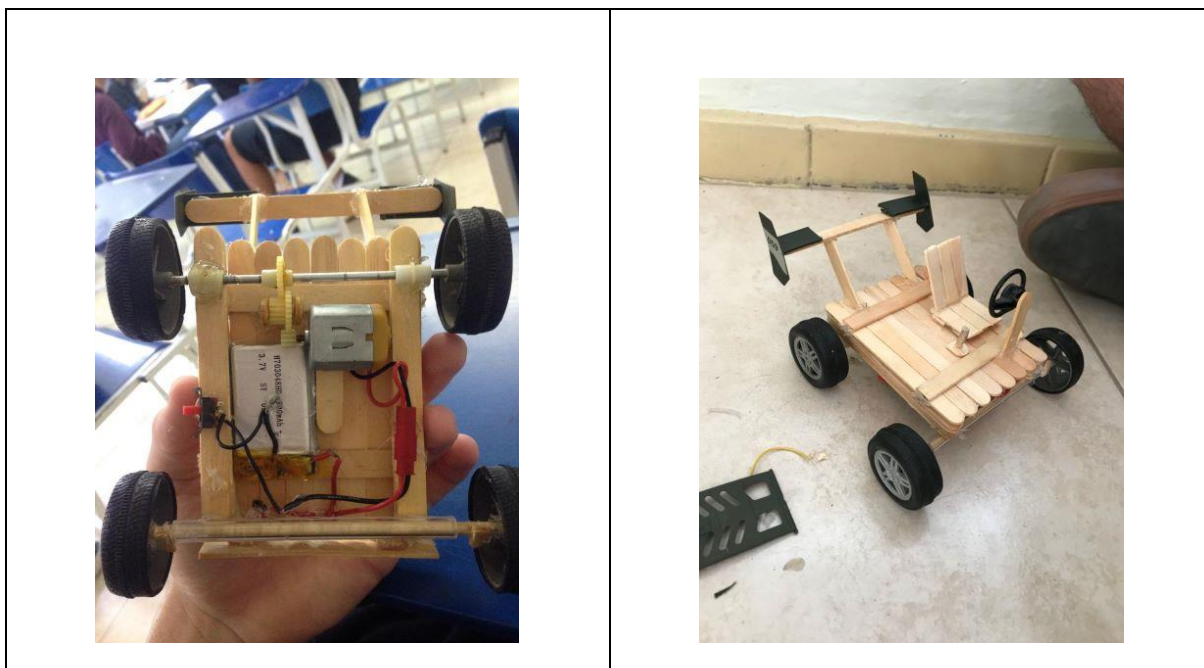


Figura 14. Primeiro protótipo apresentado (Fonte: INOCENCIO, 2018)

O grupo das meninas surpreendeu a todos com um carrinho feito de garrafa PET, como visto na **Figura 15**. A receita, nas palavras das autoras, é a seguinte:

MATERIAIS UTILIZADOS:

- 1 garrafa pequena (250mL)
- 1 bateria 9v
- 2 motores de manete de vídeo game
- 4 Rodas de carrinho de brinquedo
- 2 cotonetes
- 1 Eixo
- 1 conector de bateria
- 1 interruptor pequeno
- 2 fios
- Fita isolante
- Fita dupla face
- Estilete



Figura 15. Carrinho PET (Fonte: INOCENCIO, 2018)

MONTAGEM:

Abrimos a parte de cima da garrafa com estilete para colocarmos a bateria e os motores (colados com fita isolante) ligados ao eixo das rodas traseiras feito com cotonete. Depois que o motor já estava no lugar, usamos o conector de bateria utilizando os dois fios, e no fio negativo (-) colocamos o interruptor. Colocamos as rodas da frente junto com o eixo. Para colocar os eixos (um feito com cotonete e o outro já pronto), fizemos furo na garrafa.

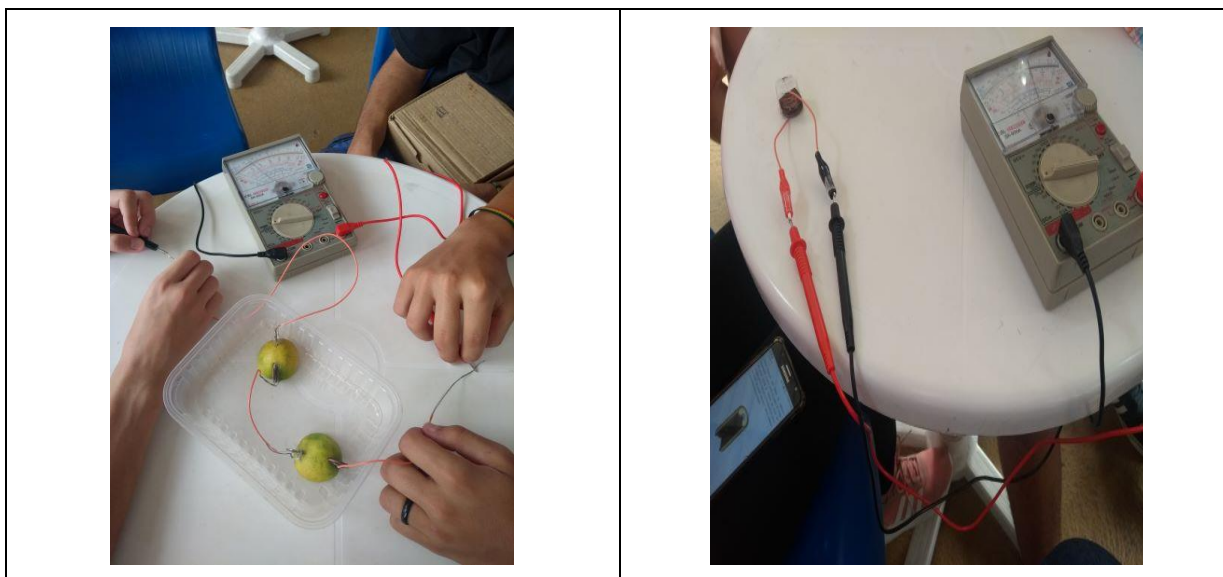
Nesse momento, tornou-se notório o prazer em aprender a aprender refletido no semblante não só das meninas, como também na de seus colegas de turma que se colocaram como agentes ativos na busca de resolução de problemas, inseridos no processo de pesquisa, constituindo, assim, a verdadeira aprendizagem. Encontrar a solução é o prêmio maior pelo esforço despendido em pesquisar, pelo tempo investido sobre questões significativas ao próprio interesse do aluno.

Após a montagem do carrinho os alunos foram induzidos a gastar toda a energia contida na pilha e novamente foram estimulados por uma situação: o que fazer com o carrinho quando ele para de funcionar? A partir das discussões implementadas em sala de aula, dois caminhos foram estimulados:

1. a criação de novas pilhas com materiais caseiros; os estudantes foram estimulados a construir pilhas com materiais simples, tais como refrigerantes, latas de alumínio, água sanitária, moedas, entre outros, inicialmente através de pesquisas via internet.
2. o descarte e a reciclagem de pilhas e baterias, levando em consideração seu conteúdo e o impacto destes materiais no meio ambiente; os estudantes foram estimulados a realizar dois experimentos: um com pilhas imersas em uma gelatina caseira e outro com pilhas enterradas em um aquário com areia da praia para observar os efeitos da pilha no solo.

Na montagem de pilhas caseiras podemos citar quatro exemplos, como mostrado **na Figura 16:**

- pilha de limão, feita com clips zincado e moedinha de cobre de R\$0,05;
- pilha de moedas, feita com papel alumínio e moedinhas cobre de R\$0,05;
- pilha de latinhas de alumínio;
- pilha de água sanitária.



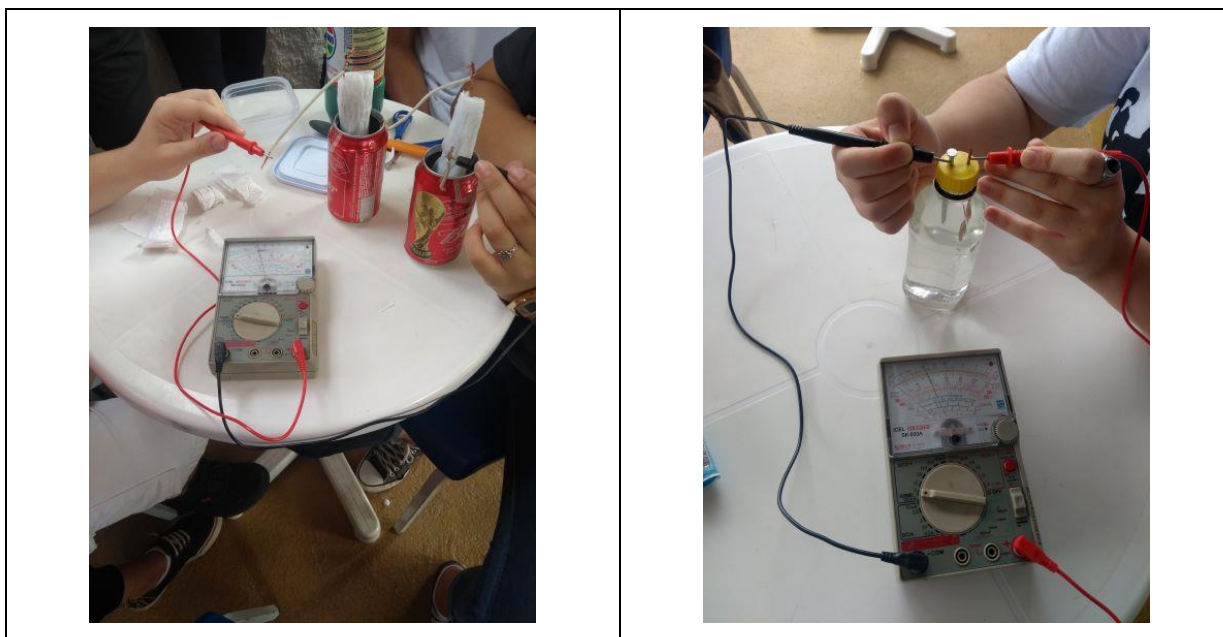


Figura 16. Pilhas caseiras (Fonte: INOCENCIO, 2018)

No momento da construção da pilhas, a aluna AT que possuía um resultado abaixo da média em Química, mas que era apaixonada por romance, pediu-me um livro para tentar entender como era a Química naquela época. Conversando com a professora de Literatura, Débora Finamore, que sempre incentiva a leitura a seus alunos e promove a interdisciplinaridade com outras disciplinas, a partir da contextualização em suas aulas, percebi uma possibilidade de aproximar a realidade daquela aluna ao assunto que não se mostrava interessante. Débora sugeriu a leitura de *Frankenstein*, por falar de eletricidade e, ao retornar à escola na semana seguinte fui procurado pela aluna que havia me enviado pelo Edmodo o seguinte texto:

Victor Frankenstein foi desde sempre um criança inteligente e apaixonado por ciências. Vivia com seu pai, seu irmão mais novo William, uma agregada da família, Elizabeth, e com sua mãe, que adoeceu e morreu quando Victor ainda era jovem.

Com o objetivo de expandir seus conhecimentos foi para a Universidade de Ingolstadt em Genebra. Lá começou a aprofundar seus estudos e curiosidades sobre a vida, juntando partes de cadáveres, de 2,40 metros de altura, com larguras proporcionais a seu tamanho.

Ficou fissurado em seu trabalho, que esqueceu de sua família, amigos e até mesmo da sua própria saúde. Ao fim de dois anos terminou seu projeto, porém já estava muito doente. Quando deu vida à sua criatura ficou muito assustado e fugiu de casa e a abandonou.

Como ele estava nervoso, começou a caminhar e acabou chegando na estação de trem. Quando estava passando por lá, encontrou com seu amigo Clerval, e o levou até em casa. Clerval reparou que Victor estava muito doente e ficou cuidando dele.

Quando ele se recuperou, recebeu uma carta de seu pai, dizendo que estava preocupado, pois Victor não dava mais notícias. E também contou que seu irmão mais novo tinha sido assassinado durante um passeio na floresta. Victor ficou muito abalado com a triste notícia, e decidiu que iria partir para sua cidade natal. Durante a volta para casa, ele parou algumas vezes, pois não sabia como reagir com a morte de seu irmão.

A criatura de Victor, quando foi abandonada, fugiu para o campo e ficou escondido em um celeiro perto de uma casa e todos os dias observava como as pessoas da casa se comportavam, e com isso aprendeu a ter sentimento e a falar.

Quando entende os sentimentos, se sente traído por seu criador e decide se vingar, assassinando seus parentes e amigos queridos. Começou com William, durante um passeio na floresta, com o pai de Victor e Elizabeth, William se distanciou do grupo para brincar, e não voltou mais, Elizabeth o encontrou morto estrangulado.

Quando Victor descobriu quem havia feito tal atrocidade foi à procura do monstro. A criatura disse que iria parar com uma condição, se Victor fizesse uma esposa para ele. Victor concordou com tal condição, porém quando Victor começou a construção, ele percebeu que poderia estar criando uma geração de monstros, que seriam uma ameaça para a humanidade.

Quando a criatura descobriu isso ficou furiosa pela quebra da promessa, e então assassinou Clerval. Victor foi incriminado pelo assassinado. Conseguiu provar sua inocência. Ao voltar para Genebra, casou-se com Elizabeth, mesmo temendo que a criatura a assassinasse também. No mesmo dia em que se casaram, foram para a lua de mel. Victor vigiava o lugar para garantir que o monstro não estava por lá. Porém, ele já estava dentro do quarto e assassina Elizabeth estrangulada. Victor volta para casa arrasado e conta a enorme tragédia para seu pai, ele adoece e morre.

Com todos os seus entes queridos mortos, Victor resolve caçar a criatura. Segue suas pistas no sentido do Polo Norte. Ele chega em um navio, muito doente e fraco, só tem tempo de contar a história da criatura para o capitão do navio, e logo depois morre. O capitão encontra a criatura dentro da cabine chorando pela morte de seu criador. Após a morte de Victor, a criatura jura que vai para o Norte e nunca mais iria voltar, dando paz para todos dos humanos.

Em um final de semana havia lido o livro, feito um resumo e queria me contar o que tinha entendido da história, mas para minha surpresa ao chegar na escola, ela me disse: construi uma pilha de moedas. Na **Figura 17**, está o rascunho do projeto pesquisado por ela e a foto com o prototipo montado em casa ao lado do livro que havia lido.

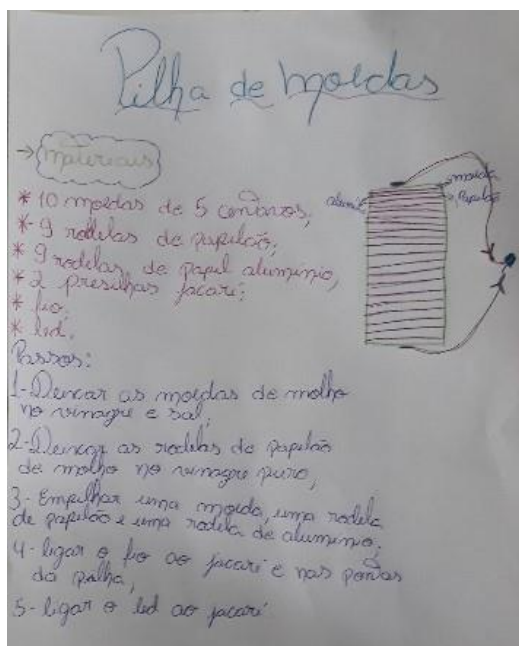


Figura 17. Resultados da aluna AT (Fonte: INOCENCIO, 2018)

Os alunos também realizaram pesquisas, buscando subsídios para responder às perguntas:

- “O carro elétrico é realmente ecologicamente mais amigável?”
- “Os processos envolvidos na produção das baterias empregadas na indústria automobilística são poluentes?”
- “Como será feito descarte e/ou reciclagem destes dispositivos?”

Algumas sugestões foram compartilhadas via Edmodo, como a da aluna MI:

Achei interessante esse episódio do programa *Revista* da rede de televisão regional a "TV Rio Sul" que no dia 13/10 abordou o tema "Outras formas de gerar energia" com carros elétricos e fornos solares... (<https://gshow.globo.com/TV-Rio-Sul/Rio-Sul-Revista/noticia/revista-deste-sabado-13-mostrou-diferentes-formas-de-geracao-de-energia.ghtml>)

Para simular o descarte de pilhas no meio ambiente foi realizado um experimento com pilhas imersas em gelatina. Colocam-se pilhas em um recipiente transparente, com capacidade aproximada de 600 ml, o suficiente para cobrir o fundo, e depois se acrescentam duas folhas de gelatina incolor diluída em 300 ml de água morna como mostrado na **Figura 18**.

No primeiro quadro podemos observar as pilhas no momento inicial do experimento, sendo as outras fotos vistas por ângulos diferentes, passados 30 dias. As pilhas foram descartadas em local apropriado posteriormente.



Figura 18. Gelatina de pilhas (Fonte: INOCENCIO, 2018)

O resultado do experimento sensibilizou de maneira positiva os alunos que fizeram pesquisas sobre descarte e descobriram que a única recicladora existente na cidade de Miguel Pereira não reciclava pilhas. Um grupo de alunos, incluindo a aluna AT, tentou descobrir a razão de tal fato, porém não obtiveram uma resposta satisfatória.

A aluna AT postou, via Edmodo, um comentário, informando que não pode ser feito o descarte desses materiais no lixo comum, pois já existem leis que obrigam os fabricantes a retirar as baterias e, assim, dar-lhes o destino adequado. Adverte, ainda, ser crucial que se coloque um aviso na embalagem do produto, alertando para qualquer perigo causado pelo descarte inadequado do material.

O aluno FD também fez considerações sobre o descarte, postando que reciclar pilhas e baterias de telefones celulares não é um processo de baixo custo. A reciclagem de dez toneladas, por exemplo, custa cerca de US\$1000. Pode ser caro, mas o descarte consciente

desses materiais é importante para o meio ambiente. As baterias possuem elementos químicos pesados, como níquel, cádmio, chumbo, zinco e mercúrio, que intoxicam o solo, rios, vegetais e animais. Pior ainda, os seres humanos não metabolizam essas substâncias, o que pode causar sérios danos ao sistema nervoso e até câncer. Por outro lado, pilhas e baterias recicladas, tornam-se pigmentos que colorem fogos de artifício, pisos de cerâmica, vidro e tinta.

Subsidiado por vários comentários e artigos científicos postados no Edmodo pelos alunos, observamos a mudança de comportamento dos mesmos, que estavam aprendendo a buscar soluções por conta própria, compartilhando suas experiências com os colegas, trocando opiniões, ou seja, estavam aprendendo a aprender.

Outro experimento supracitado foi o Aquário de pilhas que foi construído a partir de um pequeno aquário de vidro no qual se colocou areia da praia, não tratada e trazida, por um dos alunos, de Angra dos Reis. As pilhas de diferentes marcas e tamanhos foram enterradas no aquário, e o resultado foi observado por um mês, aproximadamente. Os resultados podem ser notados facilmente, conforme **Figura 19**.

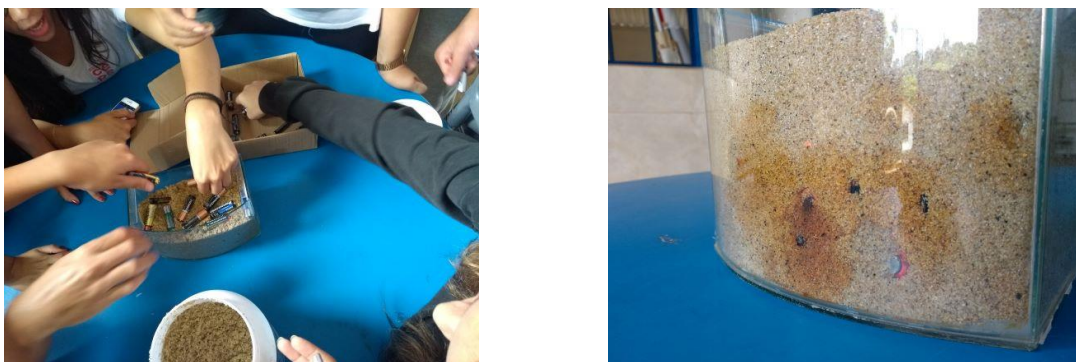


Figura 19. Aquário de pilhas (Fonte: INOCÊNCIO, 2018)

ETAPA 3: A CORRIDA MALUCA (FASE 5 E 6)

Nesta etapa, retornamos a pergunta motivadora e oferecemos um *feedback* através de uma proposta inusitada, que mudou a rotina diária do Ensino Médio: “Vamos fazer uma corrida de carrinhos na escola?”

A Corrida Maluca, como foi batizada pelos alunos, incluiu um convite extensivo aos alunos do Ensino Médio, como um todo, para a formação de equipes que deveriam competir em uma corrida, na quadra da escola, com seus protótipos. As equipes eram mistas, seja em

sexo, idade ou série. O primeiro passo foi a criação de um regulamento, discutido entre os alunos de primeiro e do segundo ano, tendo sido organizado e postado pela aluna LL:

REGULAMENTO DA CORRIDA MALUCA:

1. Raia na vertical (de gol a gol).
2. Carrinhos de cada vez com eliminação (ao todo 8 carrinhos; 3 do primeiro ano e 5 do segundo ano).
3. Três jurados (imparcial).
4. Se o carrinho bater na raia, os jurados retornarão com o carrinho à corrida.
5. Qualquer ato de trapaça, o grupo será eliminado.
6. Os integrantes do grupo poderão ficar dentro da quadra. Os espectadores ficarão fora.
7. Ter câmeras na largada e na chegada, para, caso haja empate, ou dúvidas nas decisões, ou caso de trapaça.
8. Os carrinhos deverão ter nomes ou cores diferentes.

Retomamos a pergunta motivadora, pois agora deveriam propor uma nova solução e transmitir aos seus colegas, fossem da equipe ou não, os conhecimentos dos quais haviam se apropriado, pois na PBL aos alunos devem ser ativos no processo de aprender a aprender, aprendendo agora a fazer, sendo ativos, participativos e responsáveis por seu conhecimento, melhorando a autonomia da aprendizagem e do trabalho em equipe. O ambiente escolar estava diferente, modificado, pois os alunos estavam vibrando com o novo desafio, e agora sendo requisitados e estimulados a serem pesquisadores, criando soluções.

Oportunizar na sala de aula um espaço lúdico e diferenciado onde todos, de acordo com suas limitações e gostos, puderam trabalhar em conjunto, foi de extrema importância, possibilitando um desenvolvimento individual sólido, permitindo ao aluno interferir de forma eficaz em sua realidade social, tal como demonstra a aluna LL em seu relato:

Com a confecção do carrinho elétrico, aprendi a manusear ferramentas que eu não sabia antes, quebrei a cabeça para alinhar as rodas, pois elas estavam fazendo com que o carrinho andasse virando para a direita e a ter MUITA paciência.

Mas acima de tudo, eu e os meus colegas de classe aprendemos a trabalhar em grupo, a saber ouvir opiniões distintas, não descontar a frustração do erro em ninguém e a saber que, quando aceitamos um projeto, estamos sujeitos a erros e acertos. Aprendi a correr atrás das informações, pois ele – o carrinho – não se montaria sozinho.

Enfim, ao final do projeto, entendi que não se tratava apenas de pontos extras e um simples trabalho manual, e, sim, tirar aprendizagem das pequenas coisas; a cada acerto era uma felicidade dividida entre várias pessoas, e a cada erro víamos um grupo unido tentando fazer com que desse certo, e conseguimos! Tenho certeza de que não só eu, como todos os alunos do segundo ano, tenho um sentimento de gratidão enorme! Obrigada por isso!

O dia da Corrida Maluca fez da escola um local de ócio como deveria ser; todas as séries, incluindo as da Educação Infantil, puderam brincar e aprender um pouco mais que nos dias considerados normais.

O evento foi o ápice dos experimentos, pois os estudantes puderam mostrar todo o conhecimento do qual se apoderaram, através de uma competição, com a presença da direção da escola, dos pais e amigos, além dos professores do dia, sendo realizada na quadra da escola, como mostra a **Figura 20**.

A corrida seguiu o critério eliminatório, sendo que dois carros competiram entre si, e o mais veloz seguiu na competição, passando das eliminatórias até se ter um campeão.

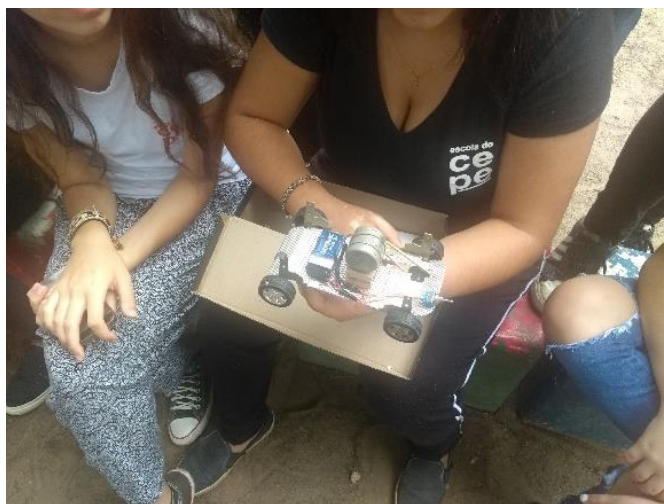


Figura 20. A corrida de carrinhos (Fonte: INOCÊNCIO, 2018)

6.2 Questionário 2 – Autoavaliação sobre experiência com PBL

À medida que as economias mundiais estão se tornando cada vez mais dependentes de novas tecnologias e inovação, a ação humana deixa de significar fazeres, memorização e reprodução, e agora significa intervenção e capacidade de prever, de lidar com o imprevisto e com o desconhecido.

Através de pequenas tarefas com soluções fechadas para dificuldades conhecidas, o ensino não linear (acesso simultâneo a vários conhecimentos) e o aprendizado ativo (fazendo mais do que prestar atenção) permitiram aos alunos construir uma base mais ampla e coesa de habilidades e competências adaptáveis às suas necessidades (DE CAMPOS, 2014)

ETAPA 4: AVALIAÇÕES (FASE 7)

Ao examinarmos a primeira etapa do questionário 2 (**Anexo 2**) no qual o aluno se autoanalisou com notas de zero a dez verificamos que, ao avaliar a sua assiduidade às aulas teórica, práticas e atividades propostas, 39% dos alunos julgaram obter nota máxima, o que corrobora com os 84,6% de alunos, cuja nota obtida durante as discussões propostas foi satisfatória, ou seja superior ou igual a seis, conforme **Figura 21**.

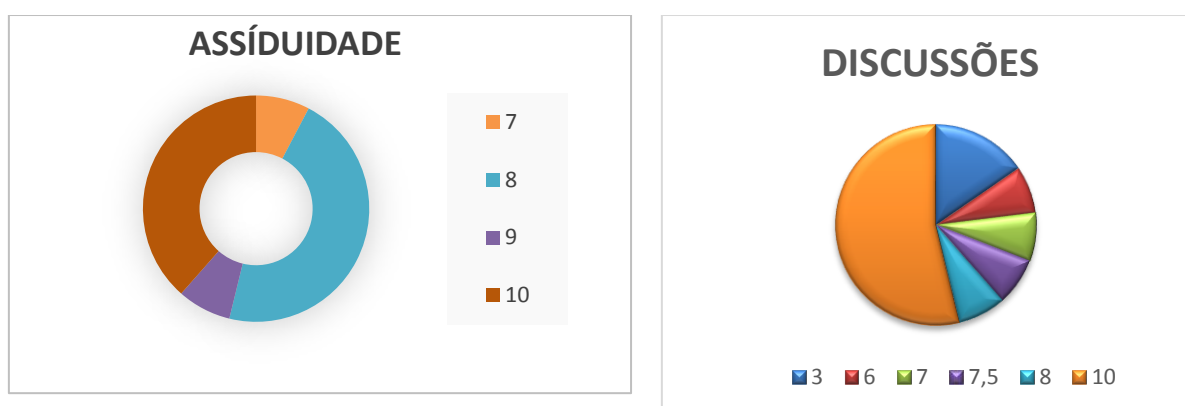


Figura 21. Assiduidade e discussões em sala de aula (Fonte: INOCENCIO, 2018)

Em se tratando de procurar o professor fora do horário das aulas para esclarecimentos e orientações, percebemos que 61,6% dos alunos obtiveram nota inferior a seis, o que não surpreende frente aos 100% de notas superiores a seis no item que se refere aos conteúdos estudados na disciplina (**Figura 22**).

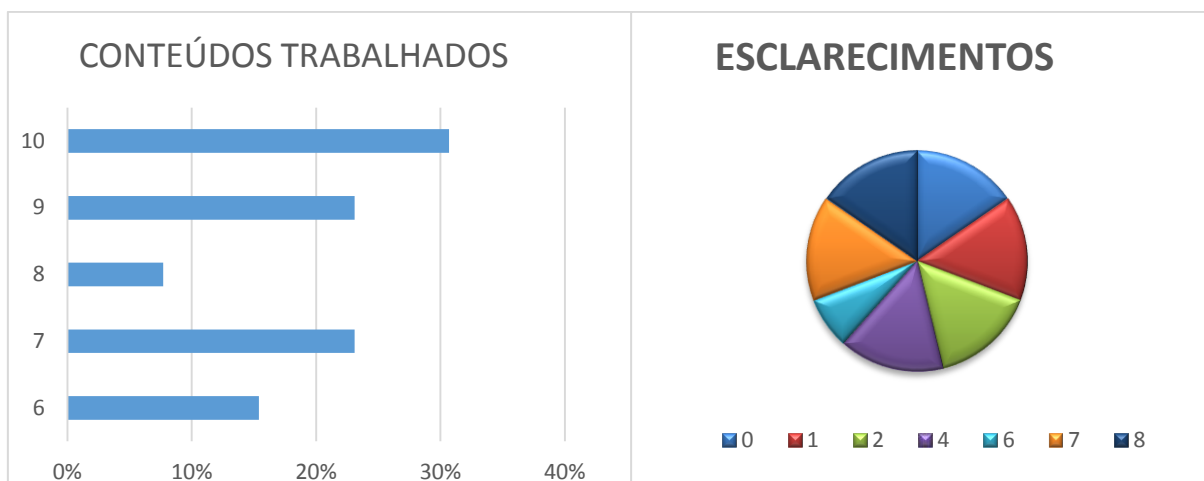


Figura 22. Conteúdos ministrados e esclarecimento com o professor (Fonte: INOCENCIO,2018)

Quanto ao preparo para as avaliações de aprendizagem, 100% dos estudantes atribuíram nota superior ou igual a cinco, condizente com as notas em que avalia se realizou as atividades exigidas durante o período de aplicação da disciplina, em que apenas 15,4% dos mesmos obteve nota inferior a oito (Figura 23).

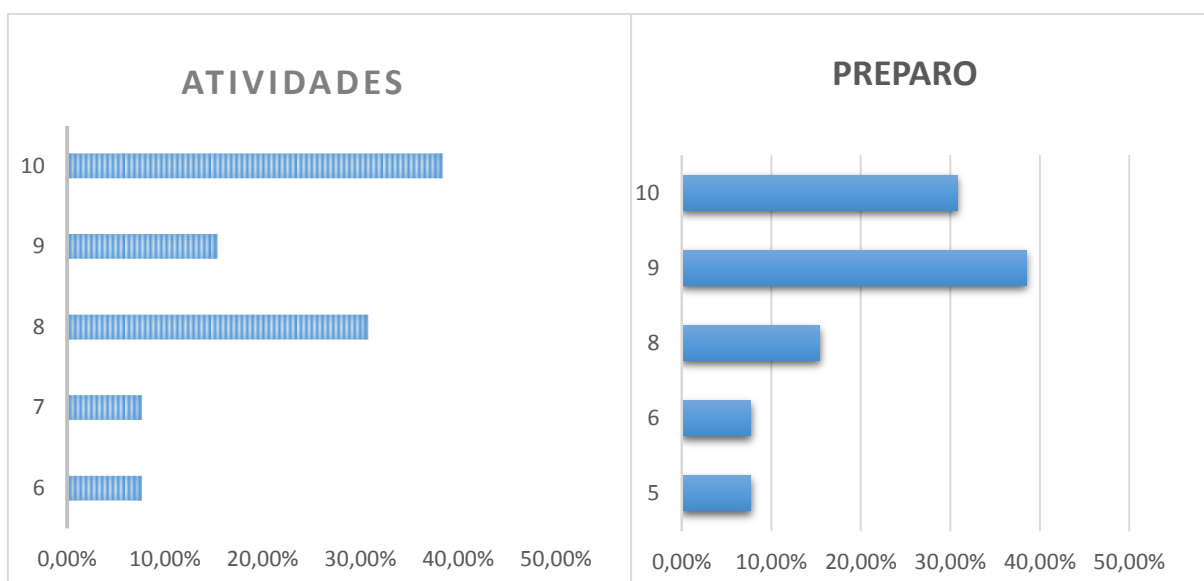


Figura 23. Atividades em sala e preparo para avaliações (Fonte: INOCENCIO,2018)

A autoavaliação geral (Figura 24) feita pelos alunos evidencia a maturidade adquirida ao longo do processo, pois os valores não são arbitrários. Observa-se que aluno GL se autoavaliou com nota dez no geral e ao mesmo tempo se julga com nota um no item referente à procura do professor fora do horário das aulas para esclarecimentos; o aluno PP, também atribuiu nota dez a sua avaliação geral e zero a sua nota no que tange à procura do professor.

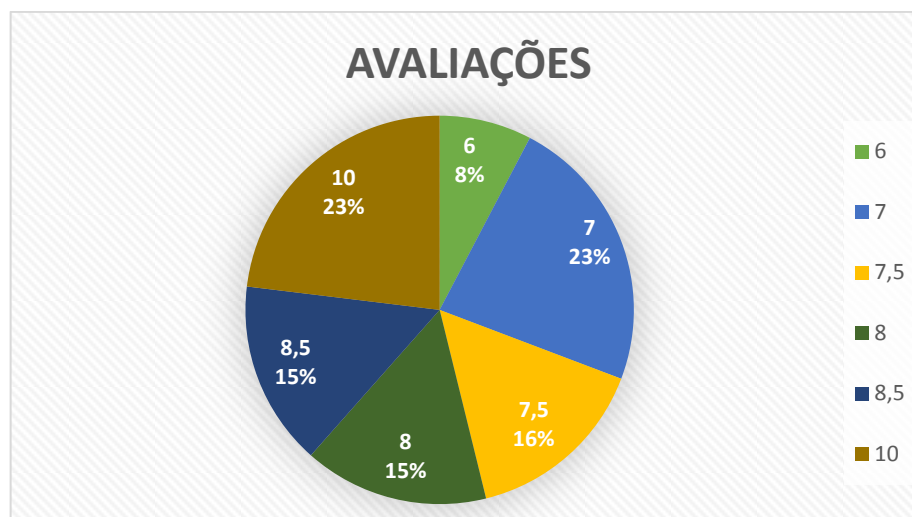


Figura 24. Avaliação Geral (Fonte: INOCENCIO, 2018)

Essa visão crítica, após a metodologia PBL, com a qual se ensinou “o aprender a aprender”, nos leva a crer em profundas possibilidades de mudanças no ensino ao longo do Ensino Médio, posto que, a partir da mudança de metodologia, o aluno passa a ter consciência de que ele é o ator principal em seus estudos.

Na segunda etapa do questionário, foi pedida uma avaliação do método PBL em comparação com a metodologia clássica utilizada nos demais assuntos durante o ano letivo. O relato da aluna CC descreve o sentimento da maioria dos alunos:

O método utilizado pelo professor no último trimestre mostrou a Química de uma maneira diferente, sendo assim, uma matéria que vai além dos livros didáticos. A forma tradicional de ensino é precisa, mas pode ser vista como uma “decoreba” para o aluno, não funcionando para alguns, pois chega um certo momento em que o estudante não aguenta a pressão. Porém, com o método PBL, podemos aprender de forma mais lúdica, levando o aluno a pensar melhor sobre o assunto e, assim, construir sua própria crítica, tendo o professor como suporte, ajudando na hora em que for necessário.

A aluna VV ratifica os comentários da estudante CC, quando diz que:

o método PBL é, de fato, mais interessante e sedutor do que o método tradicional de ensino. Além de criar um ambiente de aprendizagem mais confortável e divertido, pode-se desfrutar muito mais do estudo prático do que do estudo teórico. Sem contar o incentivo à saída da zona de conforto que se torna um desafio, somada ao incentivo à comunicação com outros grupos de pessoas. Com base nisso, eu, particularmente, prefiro o novo método.

Não obstante, existem aqueles para os quais a metodologia tradicional já está solidificada face aos longos anos de memorização, como mostra o depoimento do aluno FD:

O método de ensino PBL é atraente, devido ao fato de ser lúdico. Justamente por isso há uma maior dispersão por uma grande parte da turma, deixando a aprendizagem de lado.

Infelizmente os vestibulares seguem o método tradicional, ou seja, o professor escreve e o aluno copia. Logo, o método PBL será 100% eficaz quando a estrutura dos vestibulares se adequar a ele.

A preocupação por parte dos alunos com os diferentes vestibulares se justifica, pois esse gargalo real entre o Ensino Médio e o Ensino Superior por anos preconizou o macete, a dica, o acúmulo de informações desnecessárias. Enfim, um ensino conteudista baseado na capacidade de decorar fórmulas e datas, sendo o aluno um elemento passivo na sua aprendizagem.

A resposta oferecida pelo aluno GE define bem o sentimento do aluno entre o tradicional e a mudança proposta pela metodologia PBL:

[...] o método de estudo que temos nas escolas brasileiras de hoje não funciona para a maioria dos alunos. É um método nocivo que quer avaliar os alunos por meio de provas e não vê o lado mais humano do aluno, só o mais objetivo, conteudista. O método novo que nós estamos vivendo, promove mais interação entre os alunos e ensina a matéria de uma forma mais lúdica, e, às vezes, nem é uma matéria mesmo, e, sim, coisas que realmente vão te ajudar ao longo da vida, te formar como pessoa, e isso que é importante!

Um dos pontos negativos desse método é que os vestibulares não nos avaliam assim, então, às vezes, nós acabamos perdendo matéria de vestibular para aprender coisas interessantes (exatamente, infelizmente o vestibular não cobra esse tipo rico de conhecimento, o que me deixa, pelo menos, decepcionado, porque não é bitolando o aluno que se forma uma pessoa melhor).

O método perfeito, para mim, seria uma junção dos dois, esse método que eu penso exigiria compromisso do aluno e vontade de estudar. O professor na semana anterior falaria qual seria a matéria da próxima semana, e o aluno estudaria em casa e na escola só tiraria dúvidas, e o professor até poderia dar uma passada rápida na matéria. E, também, é claro, tirar dúvidas, finalizada essa etapa, ainda na mesma aula, nos 40/30 minutos finais, poderíamos ir para a parte prática, colocar a mão na massa (a parte legal do negócio).

Me deixa muito triste o método que somos avaliados, porque para muita pessoas (como eu) não funciona, e nosso futuro é decidido assim, e, às vezes, não é nem que não entendemos nem nada, se o professor conversar com a gente sobre a matéria ou algo do tipo, vamos conseguir desenvolver bem, mas um pedaço e papel para definir meu futuro... Não me sinto bem dessa forma.

A terceira parte do questionário 2 aborda os experimentos de sala de aula: Realizamos diferentes experimentos durante o estudo da Eletroquímica, num deles foi montada uma pilha caseira com limões, arruelas zincadas e moedinhas de cinco centavos. Com base no que você aprendeu do conteúdo de Eletroquímica, explique o fundamento deste experimento; explique o papel de cada componente utilizado na montagem da pilha (você pode enumerar); e diga qual o significado da leitura de 0,38V, realizada com a utilização do voltímetro.

A aluna VV respondeu:

Limão – eletrólito: Juntamente com o vinagre, forma um líquido rico em íons que fluem livremente com a ativação de ânodo e cátodo.

Arruelas zincadas – ânodo: é a ponta negativa, esse material cede elétrons com facilidade. Rica em Zinco. Se oxida.

Moedas – Cátodo: Ponta positiva recebe elétrons facilmente. Rica em Cobre. Se reduz.

A energia é gerada a partir da transferência de elétrons do Zinco para o Cobre (oxirredução). A arruela zincada sofre uma oxidação, cedendo elétrons. Os íons de cobre da moeda sofrem uma redução, recebendo os elétrons cedidos pelo zinco. Os eletrólitos (vinagre e limão) servem como “ponte” para o transporte desses elétrons.

Os alunos conseguiram perceber que tais eletrodos foram colocados em contato com o eletrólito, ou seja, uma solução capaz de conduzir eletricidade, mas não perceberam que a dissolução dos ácidos do limão na água contida naturalmente na fruta gera íons positivos (H^+) e negativos, e estes são capazes de conduzir eletricidade.

A leitura de 0,38V foi associada à diferença de potencial do Zinco e do Cobre, não sendo observada a formação do gás hidrogênio no processo.

Na última etapa do questionário 2, temos uma questão sobre meio ambiente: Sabendo da grande e crescente utilização de pilhas e baterias nos diferentes equipamentos eletrônicos, brinquedos, e mais recentemente nos automóveis, discuta a importância do descarte/reciclagem adequado destes materiais ser realizado. Quais os impactos ao meio-ambiente se pilhas e baterias forem lançadas no meio-ambiente sem nenhum critério?

Todos os alunos se mostraram sensibilizados quanto a essa questão. Como exemplo, podemos mostrar o que escreveu resumidamente, o aluno PP:

Pilhas e baterias jogadas no meio ambiente, em sua degradação, liberam elementos químicos (em sua grande maioria, tóxicos) e contaminam os animais e o lençol freático. O descarte das pilhas feito legalmente tem como objetivo destruí-las e torná-las matéria-prima para as empresas, em geral empresas de fogos de artifício.

6.3 Questionário 3 – Questões Enem sobre Eletroquímica

Atualmente no Brasil, jovens das mais variadas classes sociais estão chegando à Universidade, buscando desenvolver competências que lhes possibilitem explorar seu potencial humano e aperfeiçoamento profissional, visando melhorar a qualidade de vida e também a sociedade na qual estão inseridos.

A busca pela aprendizagem significativa, na qual a construção do conhecimento não se restringe à acumulação de informações, mas é acompanhada de experiências relevantes para o aluno, deve estar alinhada com avaliações e exames nos quais o sujeito possa expressar suas habilidades na resolução de problemas. A capacidade do aluno de lembrar as informações

decorrentes dos processos de aprendizado vivenciados por ele é importante, no entanto, ainda mais importante é o uso que ele pode fazer desse conhecimento na solução de situações-problema ainda não vivenciadas por ele.

Os resultados obtidos pelos alunos que usaram a metodologia PBL em comparação com o método tradicional se refletem no ENEM, como visto no **Quadro 2**.

	Acertos no Método PBL	Estatísticas ENEM (prova azul)
QUESTAO 1 (ENEM 2018)	8,3%	12%
QUESTÃO 2 (ENEM 2018)	75%	36%
QUESTÃO 3 (ENEM 2017)	25%	20%
QUESTÃO 4 (ENEM 2016)	75%	23%
QUESTÃO 5 (ENEM 2012)	66,7%	23%

Quadro 2. Comparativo de acertos (Fonte: INOCENCIO, 2018)

O questionário de cinco perguntas de anos diferenciados nos mostra que obtivemos resultados acima da média ENEM, e que, na maioria dos casos, esse valor era superior ao dobro da média tradicional.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerar os desafios atuais para a formação de novos alunos no ensino médio requer um processo de reflexão sobre a prática docente, tornando-a consciente. O papel da educação na sociedade da informação e do conhecimento requer ousadia e coragem para assumir riscos, características importantes nesse contexto. Cometer erros, acertar e, principalmente, acreditar que a experiência faz parte do processo de aprendizado dessa nova educação. Com base nesse pressuposto, é necessário revisar as metodologias, formas de avaliação, gestão e práticas educacionais para que o repertório da teoria não seja apenas no nível das discussões, mas de uma intervenção eficaz e satisfatória.

É mister dizer que a metodologia PBL não é a solução para todos os males que afetam o ensino médio. Também não oferece garantia de sucesso no vestibular, colocação no mercado de trabalho ou uma carreira bem-sucedida para os alunos que são formados através dele.

A PBL não fornece um ambiente de aprendizado aceitável para todos os alunos e professores. É notório que os alunos têm estilos de aprendizagem diferentes e alguns podem não se adequar a um ambiente de aprendizado autodirigido e colaborativo. Por outro lado, a PBL não parece ser um modelo instrucional que serve a todos os professores. Além disso, muitos professores são vencedores nos modelos tradicionais de ensino e, portanto, podem não conseguir perceber a necessidade de mudanças didáticas em suas aulas após boa aprovação inicial, como acontece em cursinhos preparatório para o vestibular. Embora acrescente um certo grau de imprevisibilidade e aumente a quantidade de tempo dedicada, o PBL parece contribuir muito para aumentar a satisfação do autor/professor com as atividades de ensino e estimular seu desenvolvimento profissional através dos desafios intelectuais propostos pelos alunos.

Como perspectivas futuras, aplicáveis principalmente à escola pública, que carece de tempo e material, seja financeiro ou humano, na qual se observou ser possível a fusão da PBL com a taxonomia de Bloom Ampliada, conforme **Figura 25**, onde alunos de primeiro ano seriam apresentados aos três primeiros passos, LEMBRAR, COMPREENDER e APLICAR, enquanto os do segundo ano trabalhariam com os três seguintes, ou seja, ANALISAR, AVALIAR E CRIAR. A culminância dessa nova proposta estaria na aplicação da PBL aos alunos do terceiro ano, tendo em vista que já teriam menor resistência ao processo de criação, alavancando seus estudos a partir de uma metodologia ativa, sendo atores principais de seu aprendizado não só para o vestibular, mas para toda a vida.

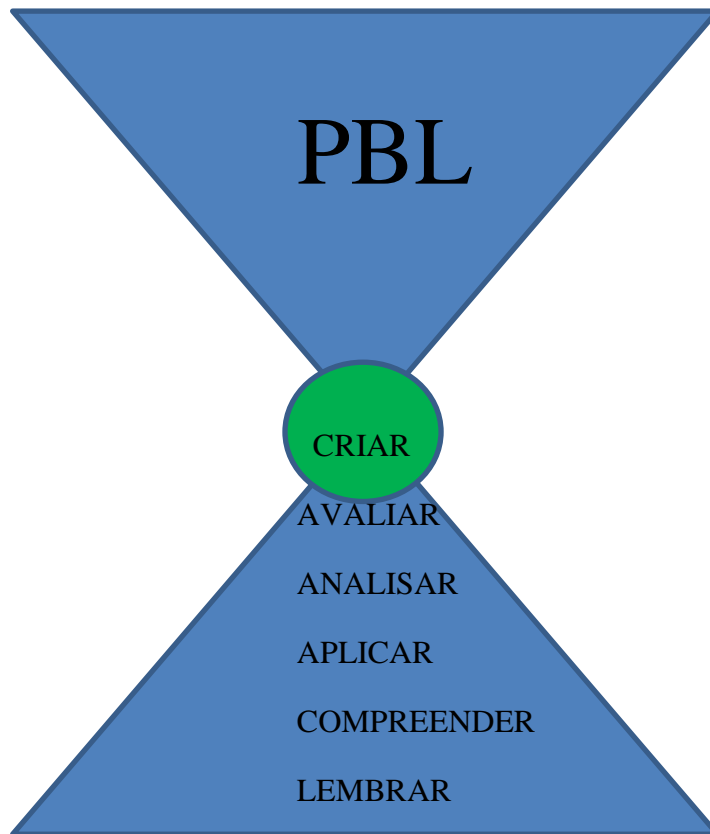


Figura 25. Uma nova proposta metodológica para o ensino médio (Fonte: INOCENCIO, 2018)

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, Ana Cristina et al. Mediação de leitura de textos didáticos nas aulas de Química: uma abordagem com foco na matriz de referência do ENEM. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 175-198, 2016.

BENDER, Willian N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Trad. Fernando de Siqueira Rodrigues. Porto Alegre: Penso, 2014.

BERNARDO, Gustavo. Livros didáticos são necessários? **Revista eletrônica do Vestibular da UERJ**, Rio de Janeiro, ano 2, n. 4, 2009 - ISSN 1984-1604. Disponível em: <http://www.revista.vestibular.uerj.br/coluna/coluna.php?seq_coluna=23>. Acesso em: 28 outubro 2019

BISPO, Everton Rangel; CRIBB, Sandra Lucia; ALVARES, Reinaldo Viana. Adoção de metodologias ativas em cursos de graduação em Engenharia. **International Journal on Active Learning**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2016.

BONI, Renata Saponara. **A pilha de Alessandro Volta (1745-1827): diálogos e conflitos no final do século XVIII e início do século XIX**. 2007. 112 f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

BRASIL. **Apesar de gostar de ciências, estudante vai mal no Pisa**. 2016. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/33571>>. Acesso em: setembro de 2018.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica - Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Guia de Livros Didáticos: PNLD 2011 - Química**. Brasília: MEC, 2012.

BRASIL - Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas a serem incluídas no Guia de Livros Didáticos de**

1ª a 4ª série do PNLD/2007. Brasília, 2004. Disponível em: < <http://www.fnde.gov.br/pnld-2018/> >. Acesso em: 18/10/2019.

BROWN, T. L. et al. **Chemistry: The Central Science.** 9th. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.

CAPISTRANO, Karinny Silva et al. Importância do uso de metodologias modernas para auxiliar o processo ensino-aprendizagem da disciplina de Química. In: **VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação.** 2012.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. In: **Revista brasileira de educação**, v. 22, n. 1, p. 89-100, 2003.

CHASSOT, A. I. *et al.* Química do Cotidiano: pressupostos teóricos para a elaboração de material didático alternativo. In: **Espaços da Escola**, n.10, p.47-53, 1993.

COOREY, Jillian. Active Learning Methods and Technology: Strategies for Design Education. In: **International Journal of Art & Design Education**, v. 35, n. 3, p. 337-347, 2016.

CAMPOS, L.C. Aprendizagem baseada em projetos: uma nova abordagem para a Educação em Engenharia. In: **COBENGE 2011**, Blumenau, Santa Catarina.

COSTA, R. M. **O método da roda de conversa como instrumento de avaliação do curso Caminhos do Cuidado.** Porto Alegre: [s.n.], 2017. 35 p. Disponível em: https://repositorio.observatoriodocuidado.org/bitstream/handle/handle/1254/tcc_ufrgs_rossana_costa.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: set. 2019

DE ANDRADE MARTINS, Roberto. Alessandro Volta e a invenção da pilha: dificuldades no estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade. In: **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 4, p. 823-835, 1999.

DA SILVA, Raquel Thomaz et al. Contextualização e experimentação: uma análise dos artigos publicados na seção "Experimentação no Ensino de Química" da Revista Química Nova na Escola 2000-2008. In: **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, 2009.

- DA SILVA, Roberta Maria et al. Conexões entre Cinética Química e Eletroquímica: a Experimentação na Perspectiva de uma Aprendizagem Significativa. In: **Química Nova na Escola**, n° 3, p.237-2432, 2016.
- DE CAMPOS, Luiz Carlos. Análise das Abordagens PBL e PLE na Educação em Engenharia com Base na Taxonomia de Bloom e no Ciclo de Aprendizagem de Kolb. In: **International Journal on Alive Engineering Education**, v. 1, n. 1, p. 37-46, 2014.
- DE MELO, Elianne Jovino et al. Proposta Metodológica para o Ensino de Eletroquímica no Ensino Médio. In: **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 7, n. 2, p. 111-125, 2016.
- FARIAS, Pablo Antonio Maia de; MARTIN, Ana Luiza de Aguiar Rocha; CRISTO, Cinthia Sampaio. Aprendizagem ativa na educação em saúde: percurso histórico e aplicações. In: **Revista brasileira de educação médica**, v. 39, n. 1, p. 143-150, 2015.
- FERRAZ, A. P. C. M. et al. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. In: **Gest. Prod., São Carlos**, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.
- FINAMORE, D. Edmodo: um ponto quase fora da curva. In: **Resumos Expandidos do VI Seminário Mídias & Educação do Colégio Pedro II: Dispositivos Móveis e Educação**. Número 1 – Ano 2015. Disponível em: <<http://cp2.g12.br/ojs/index.php/midiaseeducacao/article/view/536/466>>. Acesso em: set. 2019
- FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química**, Editora Ática, São Paulo, 2013.
- GERMANO, Marcelo Gomes; DE LIMA, Isabelle Priscila Carneiro; DA SILVA, Ana Paula Bispo. Pilha voltaica: entre rãs, acasos e necessidades. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 145-155, 2012.
- GOODSON, I. **O currículo em mudança: estudos na construção social do currículo**. Porto: Porto Editora, 2001.
- GUEDES, Manuel Vaz. **Bicentenário da invenção da pilha por Alessandro Volta**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Folheto 2. 2000. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/histel/Volta_folheto2.pdf Acesso em: agosto 2019
- INEP, MEC. **Brasil no PISA 2015: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros**/OCDE-Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. São Paulo: Fundação Santillana, 2016.

INEP. Microdados para download. Disponível em: <http://inep.gov.br/microdados>. Acesso em: 18/10/2019.

JUNG, Hildegard Susana. **Educação Básica e autonomia do educando: aproximações e distanciamentos entre Brasil e Chile**. 2018.

KOGLER, J. T. S. ; FRISON, M. D ; BEBER, L. C. C. . Experimentação no Ensino e na Formação para o Ensino de Ciências. In: **Salão do Conhecimento**. Ijuí: Unijuí, 2014. p. 1-5.

LEITE, Bruno Silva. Gamificando as aulas de Química: uma análise prospectiva das propostas de licenciandos em Química. In: **RENOTE**, v. 15, n. 2, 2017.

LORENZONI, M. Aprendizagem baseada em projetos (PBL) em 7 passos. **Infográfico. Infogekiee**, 2016.

MAGNAGHI, C. P.; DE ASSIS, André Koch Torres. Sobre a eletricidade excitada pelo simples contato entre substâncias condutoras de tipos diferentes uma tradução comentada do artigo de volta de 1800 descrevendo sua invenção da pilha elétrica. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 118-140, 2008.

MASSON, T.J.; MIRANDA, L.F; MUNHOZ JR, A.H.; CASTANHEIRA, A.M.P. **Metodologia de Ensino: Aprendizagem baseada em projetos (ABL)**. In: **Anais do XI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**, 2012.

MICHAELSEN, Larry K.; SWEET, Michael. Fundamental principles and practices of team-based learning. In: **Team-based learning for health professions education: A guide to using small groups for improving learning**, p. 9-34, 2012.

MORI, Rafael Cava. **Análise de experimentos que envolvem Química presentes nos livros didáticos de ciências de 1ª a 4ª séries do ensino fundamental avaliados no PNLD/2007**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MOZENA, Erika Regina; OSTERMANN, Fernanda. Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino de ciências da natureza. In: **Ensaio (Belo Horizonte): pesquisa em educação em ciências**. Vol. 16, n. 2 (maio/ago. 2014), p. 185-206, 2014.

NEVES, Maria Helena de Moura; DEZOTTI, MCC; MALHADAS, Daisi. **Dicionário grego-português**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2010.

OCDE. **PISA 2015: Technical Report**. 2017. Disponível em: <<http://www.oecd.org/pisa/data/2015-technical-report/>> Acesso em: abril de 2017.

- PERRENOUD, Philippe. **Construindo as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- PERUZZO, Francisco Miragaia, CANTO, Eduardo Leite do. **Química na abordagem do cotidiano**, Editora Moderna. São Paulo, 2006.
- QUEIROZ, Anabela. PBL, Problemas que trazem soluções. In: **Revista Psicologia, Diversidade e Saúde**, v. 1, n. 1, 2012.
- RIBEIRO, Luis Roberto de Camargo. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)**. São Carlos: EdUFSCar, 2010.
- RIBEIRO, Márden Pádua. O ensino de legislação educacional com base em situações-problema (PBL): um relato de experiência. In: **Revista Cocar**, v. 13, n. 26, p. 447-460, 2019.
- RICHARDS, Vernon. **Malatesta, vida e ideias**. Tusquets Editor, 1977.
- RUTHES, R.M., CUNHA, I.C.K.O. **Gestão por Competências – Uma Aplicação Prática**, Editora Martinari, São Paulo, 2008.
- SANTOS, J. A.; JÚNIOR, LPC; BEJARANO, N. R. A Interdisciplinaridade no Ensino de Química: Uma análise dos artigos publicados na revista Química Nova na Escola entre 1995 e 2010. In: **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 1, n. 1, 2011.
- SANTOS, Tamara NP et al. Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica. In: **Química Nova na Escola**, 2018. <<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160118>>. Acesso em : out. 2018
- Silva Filho, M. V.; Lopes, R. M.; Alves, N. G.; Figueiredo, L. M. S.; In: **Anais do Congresso Internacional PBL 2010**, São Paulo, Brasil, 2010.
- SOUZA, V. C. A., JUSTI, R. S. O Ensino de Ciências e seus Desafios Humanos e Científicos: fronteiras entre o saber e o fazer científico, In: **Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru: 2005.
- SAVEGNAGO, Cristiane Comparin. **Avaliação do Homem Virtual em Hanseníase na aprendizagem baseada em equipes (Team-Based Learning) na Graduação Médica**. 2015. Dissertação (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- STROHER, Júlia Nilsson et al. Estratégias pedagógicas inovadoras compreendidas como metodologias ativas. In: **Revista Thema**, v. 15, n. 2, p. 734-747, 2018.

USBERCO, João, SALVADOR, Edgard. **Química — volume único**, Editora Saraiva. São Paulo, 2002.

VICENTE, Samira Arruda. **A Pilha de Volta: Uma intervenção histórico-problematizadora e midiática**. 2018. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2018.

ANEXOS

ANEXO 1

O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: UMA INVESTIGAÇÃO REALIZADA COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

- 1) Durante a Educação Básica, nas aulas de Ciências que você teve, foram realizadas atividades experimentais? Enumere a frequência estas aconteciam?
- 2) Identifique os assuntos que mais o interessam atualmente?
- 3) Você julga gostar de estudar Química? Justifique.
- 4) Dê três exemplos onde a Química está presente no seu cotidiano.
- 5) Você identifica a necessidade de Química na sua futura profissão? Em que área você deduz trabalhar?
- 6) Nas aulas de Química, aponte o que mais te chama à atenção?
- 7) Julgue a influência dos fatores citados abaixo, no seu estudo de Química?
 - a) português
 - b) matemática
 - c) o professor
 - d) seu interesse pessoal
 - e) a forma como é apresentado o conteúdo
- 8) Esboce alguma sugestão para melhorar o ensino de Química?

ANEXO 2

AUTOAVALIAÇÃO SOBRE EXPERIÊNCIA COM PBL REALIZADA COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

1. Complete a autoavaliação abaixo, na qual você possa dar a si mesmo uma nota de zero a dez, em atividades realizadas tanto individualmente quanto em grupos:

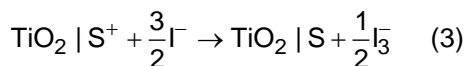
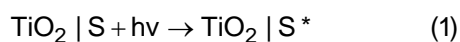
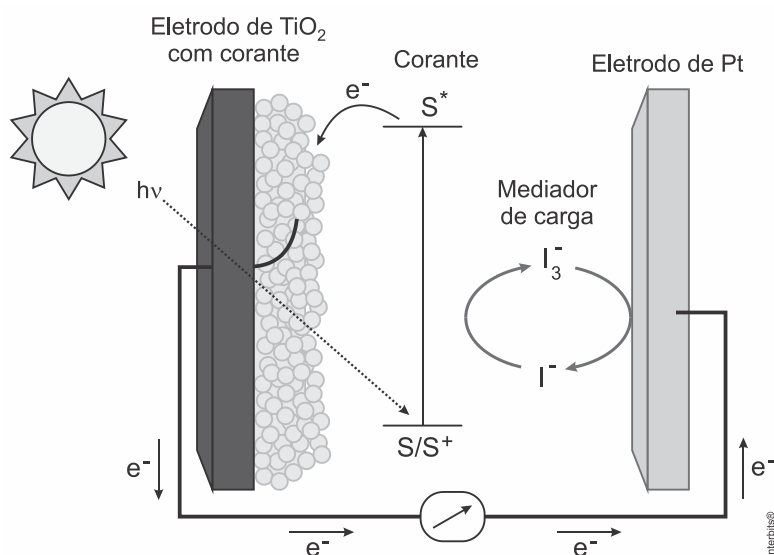
	Nota – 0 a 10,0
Fui assíduo às aulas teóricas, práticas e atividades propostas.	
Estudei os conteúdos trabalhados na disciplina.	
Realizei as atividades exigidas durante a disciplina.	
Participei das discussões propostas contribuindo para o desenvolvimento de meus conhecimentos e de meus colegas.	
Procurei pelo professor fora do horário das aulas para esclarecimentos e orientações referentes à disciplina.	
Preparei-me para as avaliações de aprendizagem.	
Nota geral para sua auto avaliação nesta disciplina.	

2. Faça uma avaliação do método PBL, proposto pelo professor para o estudo do tópico de Eletroquímica, em comparação com a metodologia clássica, utilizada no estudo dos demais assuntos durante o ano letivo.
3. Realizamos diferentes experimentos durante o estudo da Eletroquímica, num deles foi montada uma pilha caseira com limões, arruelas zincadas e modinhas de cinco centavos. Com base no que você aprendeu do conteúdo de Eletroquímica, explique o fundamento deste experimento; explique o papel de cada componente utilizado na montagem da pilha (você pode enumerar); Qual o significado da leitura de 0,38V, realizada com a utilização do voltímetro.
4. Sabendo da grande e crescente utilização de pilas e baterias nos diferentes equipamentos eletrônicos, brinquedos, e mais recentemente nos automóveis, discuta a importância do descarte/reciclagem adequado destes materiais ser realizado. Quais os impactos ao meio-ambiente se pilhas e baterias forem lançadas no meio-ambiente sem nenhum critério?

ANEXO 3

QUESTÕES ENEM SOBRE ELETROQUÍMICA

1. (Enem 2018) Células solares à base de TiO_2 sensibilizadas por corantes (S) são promissoras e poderão vir a substituir as células de silício. Nessas células, o corante adsorvido sobre o TiO_2 é responsável por absorver a energia luminosa ($h\nu$), e o corante excitado (S^*) é capaz de transferir elétrons para o TiO_2 . Um esquema dessa célula e os processos envolvidos estão ilustrados na figura. A conversão de energia solar em elétrica ocorre por meio da sequência de reações apresentadas.



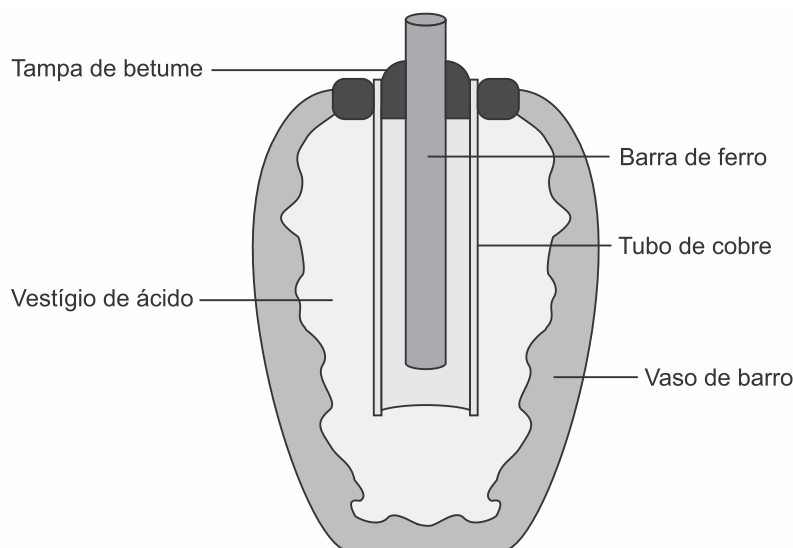
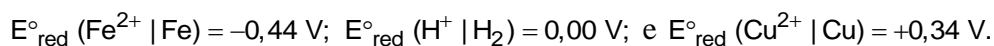
LONGO, C.; DE PAOLI, M. A. Dye-Sensitized Solar Cells: A Successful Combination of Materials. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, n. 6, 2003 (adaptado).

A reação 3 é fundamental para o contínuo funcionamento da célula solar, pois

- reduz íons I^- a I_3^- .
- regenera o corante.

- c) garante que a reação 4 ocorra.
- d) promove a oxidação do corante.
- e) transfere elétrons para o eletrodo de TiO_2 .

2. (Enem 2018) Em 1938, o arqueólogo alemão Wilhelm König, diretor do Museu Nacional do Iraque, encontrou um objeto estranho na coleção da instituição, que poderia ter sido usado como uma pilha, similar às utilizadas em nossos dias. A suposta pilha, datada de cerca de 200 a.C., é constituída de um pequeno vaso de barro (argila) no qual foram instalados um tubo de cobre, uma barra de ferro (aparentemente corroída por ácido) e uma tampa de betume (asfalto), conforme ilustrado. Considere os potenciais-padrão de redução:



As pilhas de Bagdá e a acupuntura. Disponível em: <http://jornalgnn.com.br>. Acesso em: 14 dez. 2014 (adaptado).

Nessa suposta pilha, qual dos componentes atuaria como cátodo?

- a) A tampa de betume.
- b) O vestígio de ácido.
- c) A barra de ferro.
- d) O tubo de cobre.
- e) O vaso de barro.

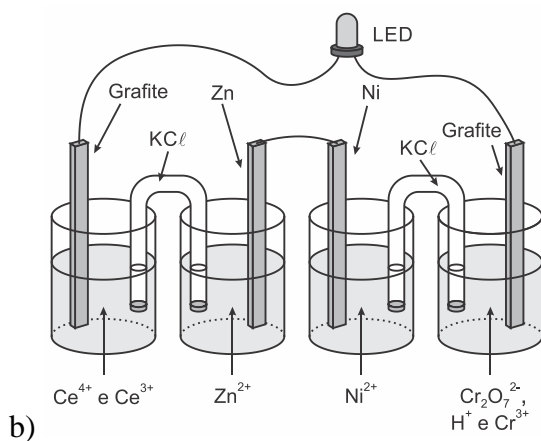
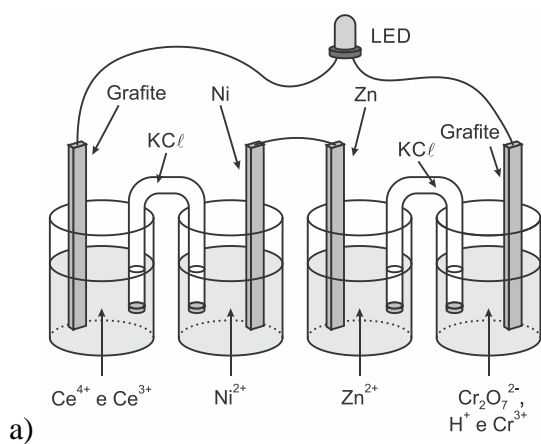
3. (Enem 2017) A invenção do LED azul, que permite a geração de outras cores para compor a luz branca, permitiu a construção de lâmpadas energeticamente mais eficientes e mais duráveis do que as incandescentes e fluorescentes. Em um experimento de laboratório,

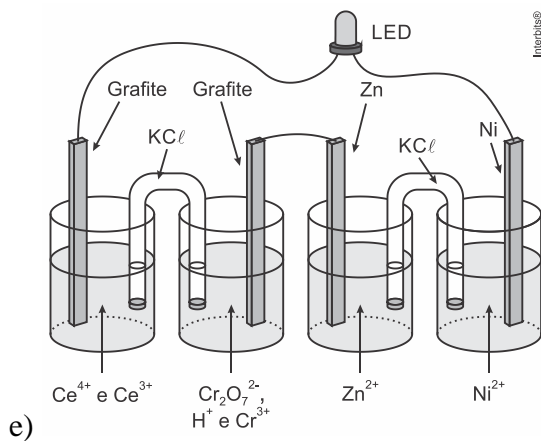
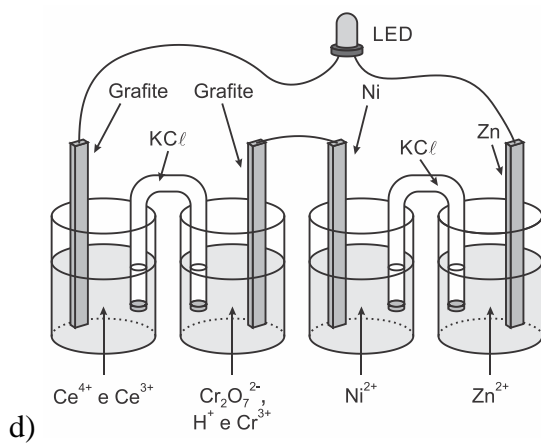
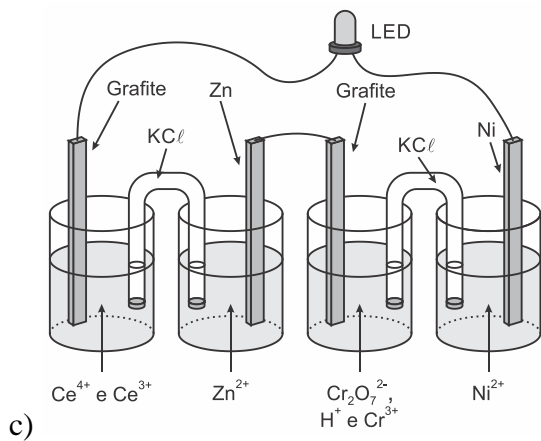
pretende-se associar duas pilhas em série para acender um LED azul que requer 3,6 volts para o seu funcionamento.

Considere as semirreações de redução e seus respectivos potenciais mostrados no quadro.

Semirreação de redução	E^0 (V)
$Ce^{4+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Ce^{3+}_{(aq)}$	+1,61
$Cr_2O_7^{2-}_{(aq)} + 14 H^+_{(aq)} + 6 e^- \rightarrow 2 Cr^{3+}_{(aq)} + 7 H_2O_{(l)}$	+1,33
$Ni^{2+}_{(aq)} + 2 e^- \rightarrow Ni_{(s)}$	-0,25
$Zn^{2+}_{(aq)} + 2 e^- \rightarrow Zn_{(s)}$	-0,76

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





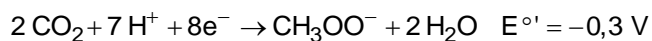
4. (Enem 2016) Texto I

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

AQUINO NETO. S. Preparação e caracterização de bioanodos para biocélula e combustível etanol/ O_2 . Disponível em: www.teses.usp.br. Acesso em: 23 jun. 2015 (adaptado).

Texto II

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



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

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

- a) 3
- b) 4
- c) 6
- d) 9
- e) 15

5. (Enem 2012) O boato de que os lacres das latas de alumínio teriam um alto valor comercial levou muitas pessoas a juntarem esse material na expectativa de ganhar dinheiro com sua venda. As empresas fabricantes de alumínio esclarecem que isso não passa de uma “lenda urbana”, pois ao retirar o anel da lata, dificulta-se a reciclagem do alumínio. Como a liga do qual é feito o anel contém alto teor de magnésio, se ele não estiver junto com a lata, fica mais fácil ocorrer a oxidação do alumínio no forno. A tabela apresenta as semirreações e os valores de potencial padrão de redução de alguns metais:

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

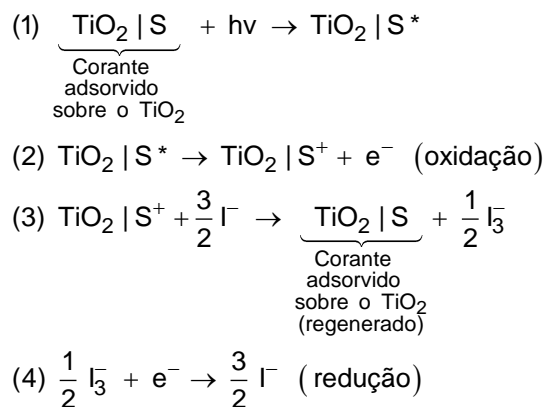
Disponível em: www.sucatas.com. Acesso em: 28 fev. 2012 (adaptado).

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

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

GABARITO QUESTÕES ENEM SOBRE ELETROQUÍMICA:

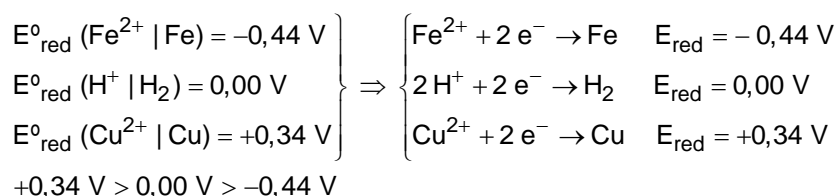
Resposta da questão 1: [B]



Conclusão: a reação 3 é fundamental para o contínuo funcionamento da célula solar, pois regenera o corante adsorvido sobre o TiO_2 .

Resposta da questão 2: [D]

O cátodo deve apresentar o maior potencial de redução.



Como a barra de ferro (menor potencial de redução) foi, aparentemente, corroída pelo ácido (H^+), conclui-se que esta atuou como ânodo e que o tubo de cobre atuou como cátodo.

Resposta da questão 3: [C]

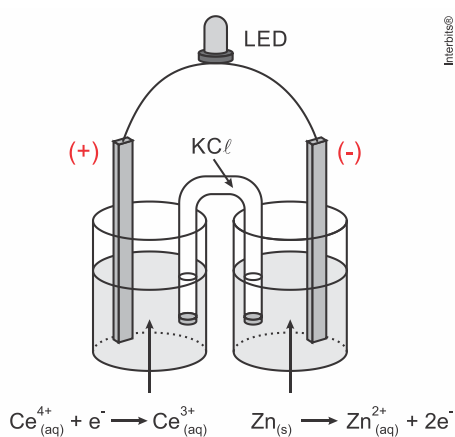
Considerando as semirreações de redução e seus respectivos potenciais mostrados no quadro deve-se procurar a maior diferença de potencial.

Semirreação de redução	E^0 (V)
$\text{Ce}_{(\text{aq})}^{4+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}_{(\text{aq})}^{3+}$	+1,61
$\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})}$	-0,76 (inverte)

$$\Delta E = E_{\text{maior}} - E_{\text{menor}}$$

$$\Delta E = +1,61 - (-0,76) = +2,37 \text{ V}$$

Pilha 1:



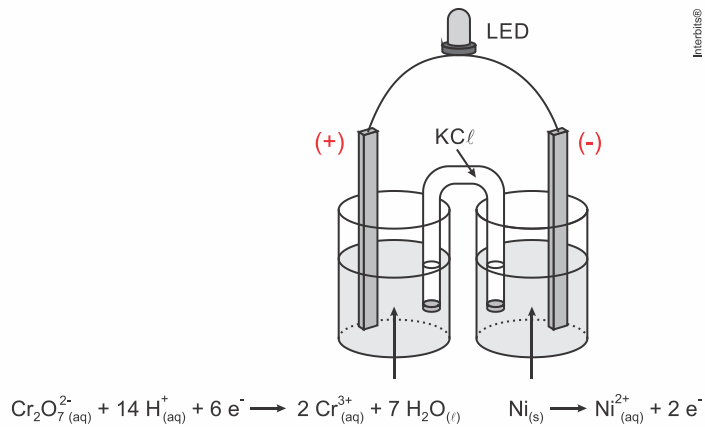
Agora, considerando as semirreações de redução e seus respectivos potenciais mostrados no quadro deve-se procurar a menor diferença de potencial.

Semirreação de redução	E^0 (V)
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}_{(\text{aq})} + 14 \text{H}^+_{(\text{aq})} + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}_{(\text{aq})} + 7 \text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$	+1,33
$\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}_{(\text{s})}$	-0,25 (inverte)

$$\Delta E = E_{\text{maior}} - E_{\text{menor}}$$

$$\Delta E = +1,33 - (-0,25) = +1,58 \text{ V}$$

Pilha 2:

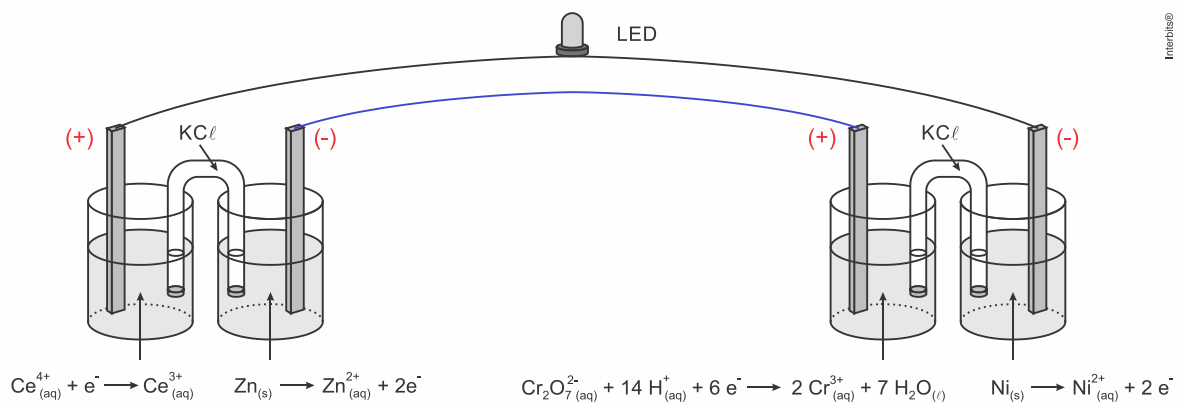


Na associação em série teremos:

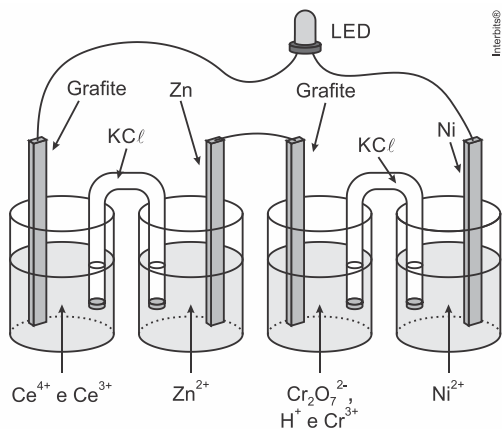
$$\Delta E_{\text{em série}} = +2,37 \text{ V} + 1,58 \text{ V} = 3,95 \text{ V}$$

$3,95 \text{ V} > 3,60 \text{ V}$ (O LED acende).

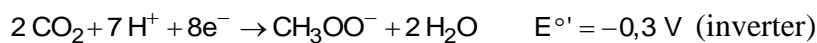
Então, vem:



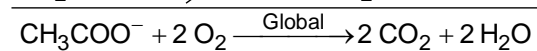
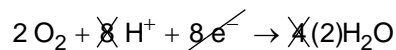
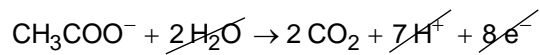
Ou seja,



Resposta da questão 4: [B]



$$+0,8 \text{ V} > -0,3 \text{ V}$$



$$\Delta E = E_{\text{maior}} - E_{\text{menor}} = 0,8 - (-0,3) = 1,1 \text{ V}$$

$$\Delta E_{\text{total}} = 4,4 \text{ V}$$

$$1,1 \times n = 4,4$$

$$n = 4$$

Resposta da questão 5: [E]

Os metais que poderiam entrar na composição do anel das latas com a mesma função do magnésio (ou seja, proteger o alumínio da oxidação) devem apresentar menores potenciais de redução do que o do alumínio e neste caso o lítio e o potássio se encaixam.

$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{K}$	-2,93
$\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66

ANEXO 4

A QUÍMICA FORA DA CAIXINHA: UMA EXPERIÊNCIA COM APREDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

RAMON BATISTA INOCENCIO (org.)



ESCOLA DO CEPE – MIGUEL PEREIRA/RJ

SUMÁRIO

- 1 INTRODUÇÃO**
- 2 O MÉTODO PBL**
 - 2.1 O PBL NA VISÃO DOS ESTUDANTES
 - 2.2 O PBL NA VISÃO DO PROFESSOR
- 3 O PBL APLICADO NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE ELETROQUÍMICA**
 - 3.1 O CARRINHO ELÉTRICO
 - 3.2 O CARRINHO ELÉTRICO NA VISÃO DOS ESTUDANTES
 - 3.3 A MONTAGEM DO CARRINHO ELÉTRICO
- 4 PILHAS E MEIO AMBIENTE: UM DEBATE PROPICIADO PELO PB**
 - 4.1 A MONTAGEM DE PILHAS
 - 4.2 DESCARTE DE PILHAS
 - 4.2.1 PILHAS NA GELATINA
 - 4.2.2 PILHAS NO “AQUÁRIO”
- 5 CONCLUSÃO**

1 INTRODUÇÃO

A palavra “escola” tem sua origem na Grécia antiga, com ‘*skhole*’, que chegou ao latim ‘*schola*’. Os termos de ambas as línguas têm o mesmo significado, ‘discussão intelectual’ ou ‘conferência’, mas também significavam ‘tempo livre, ócio’. Esse último significado, no caso, seria um tempo ocioso no qual era possível ter uma conversa interessante e educativa.

A Escola deve ser um local de socialização, de aprendizagem, de convivência. Observando que nela se encontram diversas classes sociais e pessoas com suas diferenças e necessidades reunidas, ela é o lugar da aprendizagem do espírito democrático. Seja pública ou privada, independente de suas instalações físicas, ou da cidade, a escola está repleta de adolescentes antenados em redes sociais e conectados com o mundo.

Por isso, não basta ensinar a mexer no computador para despertar o interesse do aluno, prática que se tornou comum em muitas escolas que optaram por ensinar tecnologia. É preciso propiciar ao estudante acesso ao conhecimento, pois, somente depois de conhecer um determinado assunto, é que alguém pode entendê-lo e aplicá-lo.

Mesmo estando antenados em redes sociais e conectados com o mundo, muitos adolescentes apresentam dificuldades de relacionamento social, isolando-se dos demais, negando-se a participar de forma efetiva das atividades de ensino-aprendizagem tradicionais, criando seu próprio mundo paralelo à realidade.

Minhas observações presenciais desse paradoxo – jovem conectado, mas isolado; jovem antenado, mas desinteressado – motivaram-me a sair da tradição e experimentar uma arquitetura metodológica, na qual o educador seja um mediador da aprendizagem, que provoca e instiga o estudante a buscar as resoluções por si só.

Dessa forma, em 2018 e 2019, decidi aplicar a metodologia ativa de ensino denominada Aprendizagem Baseada em Projetos (APB) ou, em inglês, *Project-Based Learning* (PBL), com meus alunos do 2º ano do Ensino Médio, da Escola do CEPE, localizada no município de Miguel Pereira-RJ. Nesses dois anos, a Eletroquímica, especialmente na parte em que aborda pilhas e baterias no cotidiano, foi tratada em sala de aula com a metodologia PBL, enriquecendo e envolvendo os estudantes na conquista de conhecimentos e competências.

É sobre essa experiência que trata esse livro, estruturado pelos próprios estudantes que a vivenciaram.

2 O MÉTODO PBL

Com as possibilidades de problematizações da metodologia PBL, ao tratar do tema pilhas e baterias no cotidiano, em sala de aula, buscamos:

- Examinar a relevância da utilização de situações problema com aulas práticas que utilizem materiais de baixo custo e recicláveis do cotidiano.
- Validar a utilização de temas do cotidiano como motivadores do processo de ensino aprendizagem, influenciando mudanças na sociedade.
- Estimar através de pesquisa preliminar o interesse dos alunos pela disciplina antes de iniciar a metodologia PBL e comparar com os resultados obtidos após sua aplicação.
- Criar material didático de uso comum para esclarecer alunos, professores e a sociedade em geral com os procedimentos validados.

2.1 O PBL NA VISÃO DOS ESTUDANTES

O NOVO MÉTODO DE ENSINO, ADOTADO PELO PROFESSOR RAMON EM NOSSAS AULAS, NO QUAL NÓS – ALUNOS – TEMOS UMA PARTICIPAÇÃO MAIS ATIVA E LÚDICA, REALMENTE TEM SIDO UMA EXPERIÊNCIA ÚNICA. EM RESUMO, O PROFESSOR NOS PROPÕE UMA IDEIA EM SALA DE AULA E ELA É BREVEMENTE DISCUTIDA, NOSSO TRABALHO É PESQUISAR E ESTUDAR SOBRE O ASSUNTO EM CASA, NOS PREPARANDO PARA APRESENTAR O CONHECIMENTO ADQUIRIDO EM NOSSO PRÓXIMO ENCONTRO. **(N/A³)**

O PBL INTRODUZ UMA DINÂMICA NOVA ÀS AULAS NA MEDIDA EM QUE PRENDE A ATENÇÃO DOS ALUNOS QUE NÃO NECESSARIAMENTE ESTÃO MUITO LIGADOS À MATÉRIA (COMO UM ALUNO FOCADO EM HUMANAS DURANTE UMA AULA DE QUÍMICA) A PARTICIPAR DAS ATIVIDADES NA BUSCA PELA RESOLUÇÃO DE UMA SITUAÇÃO PROBLEMA REAL E TÁTIL, NA QUAL SEUS CONHECIMENTOS E OS DE SEUS COLEGAS SERÃO NECESSÁRIOS. ALÉM DESSE ELEMENTO DE INTEGRAÇÃO INDIVIDUAL, TAMBÉM TRAZ O ELEMENTO DE COOPERAÇÃO ENTRE EQUIPES COM MESMO OBJETIVO, PODENDO INICIAR DIÁLOGOS PRODUTIVOS ENTRE PARTICIPANTES QUE, EM UMA AULA TRADICIONAL, NÃO SE FALARIAM POR DIVERGÊNCIAS PESSOAIS, QUE SÃO DEIXADAS DE LADO, DANDO LUGAR AO DESEJO MÚTUO DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA. **(GM)**

³ Alguns estudantes preferiram não se identificar nos seus depoimentos. Assim, serão assinalados por N/A, não assinado. Os que se identificaram serão assinalados por suas iniciais.



TUDO TEM SEUS PRÓS E CONTRAS, E, COM O MÉTODO DE ENSINO PBL, NÃO É DIFERENTE. FATO CONCRETO FOI QUE HOUE UMA MUDANÇA SIGNIFICATIVA NAS AULAS E NA PARTICIPAÇÃO DOS ALUNOS.

PELO LADO BOM, FOI VISTO UM AUMENTO SIGNIFICATIVO NO ENGAJAMENTO NAS AULAS E NAS ATIVIDADES PROPOSTAS, INCLUSIVE POR PARTE DE ALUNOS QUE NÃO GOSTAM DE QUÍMICA. NA MINHA VISÃO, O PBL TAMBÉM AJUDOU A CONSTRUIR SENSO MAIOR DE TRABALHO EM EQUIPE E LIDERANÇA, E, SOBRETUDO, ESTIMULOU A PROATIVIDADE NA GESTÃO E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS, UMA VEZ QUE NÃO HÁ NADA MAIS COMUM DO QUE LIDAR COM ESTES EM MEIO A PROJETOS. TAIS HABILIDADES SÃO ALGUMAS DAS MAIS VALORIZADAS NO MERCADO DE TRABALHO.

PELO LADO NEGATIVO DESSA METODOLOGIA, EM CERTOS MOMENTOS, EU, ASSIM COMO OUTROS COLEGAS, NOTEI QUE O CONTEÚDO DO ESTUDO MUITAS VEZES TEVE QUE SER SACRIFICADO EM FUNÇÃO

DOS PROJETOS. ISSO ME PREOCUPOU, POR SE TRATAR DE UM FINAL DE ANO COM VESTIBULAR. NA MINHA CONCEPÇÃO, ESTE MÉTODO REQUER MAIS TEMPO E TRABALHO PARA ENSINAR A MATÉRIA ESCOLAR, QUE, CERTAS VEZES, PODE ACABAR NÃO SENDO TÃO APROFUNDADA E FIXADA. MESMO COM OS VESTIBULARES ATUAIS BUSCANDO MAIOR INTERDISCIPLINALIDADE E OLHAR PRÁTICO PARA OS VESTIBULANDOS, NO FUNDO A QUESTÃO PEDE O CONTEÚDO DE SALA. AMBAS, A PRÁTICA E A INTERDISCIPLINALIDADE, ESTÃO NO CERNE DO PBL, PORÉM NADA IMPEDE QUE ESTES ARTIFÍCIOS TAMBÉM ESTEJAM EM UMA AULA TRADICIONAL. (DS)

2.2 O PBL NA VISÃO DO PROFESSOR

A revolução tecnológica e o fenômeno da globalização, a partir da década de 1980, marcaram outra grande mudança de paradigmas e uma nova realidade mundial foi implementada. Os centros acadêmicos de produção de conhecimento foram desafiados a se recompor, não mais com base na tradição. As utopias caíram, a solidariedade e os princípios sociais deram lugar ao crescente individualismo, e uma forma de agir, baseada em uma forte concorrência, levou a uma velocidade frenética, com mínima consideração pelos tempos subjetivos.

A abordagem do PBL se coloca dentro de um modelo educacional de ensino que possibilita aos estudantes serem ativos, participativos e responsáveis por seu conhecimento. Além disso, procura assegurar que a realidade esteja constantemente conectada, levando os estudantes, através dos textos-problemas, a analisarem as situações expostas como cidadãos em busca de soluções para a vida, relacionando teoria e prática e rompendo rigorosamente com o modelo tradicional de ensino superior, ou da educação básica, desassociado do cotidiano das cidades e da vida do homem comum .

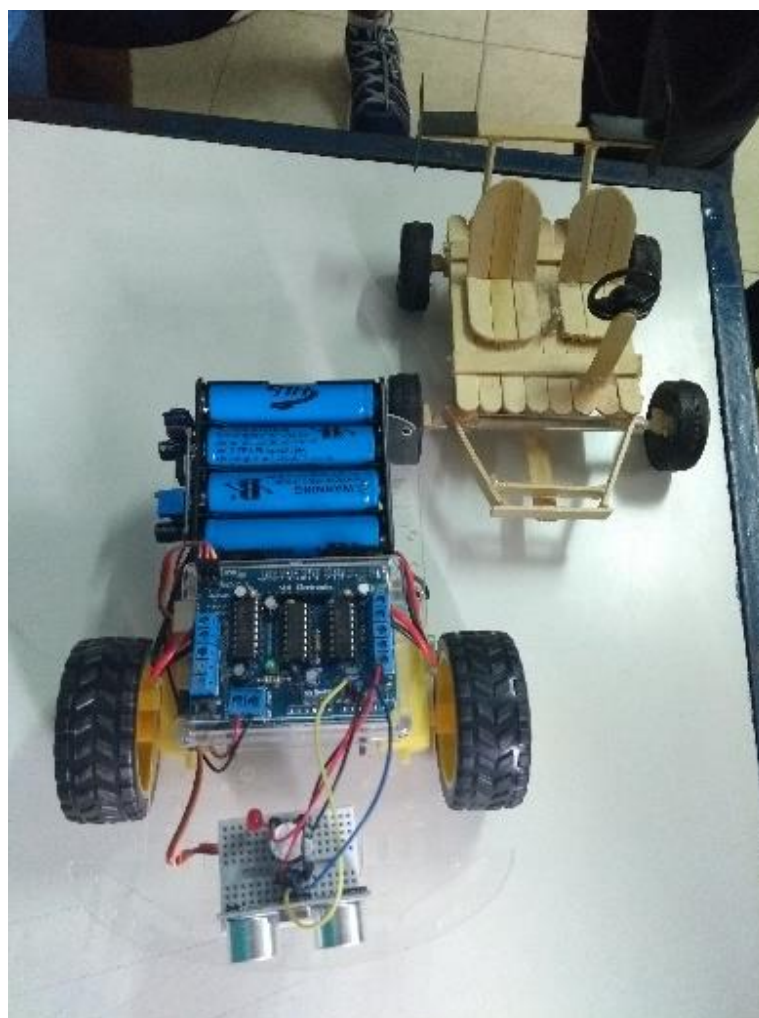
O contexto de aprendizagem proporcionado pelo PBL possibilita ao estudante um sólido desenvolvimento individual e a aquisição de competências que permitem uma ação eficaz sobre a realidade social, estimulando a capacidade para trabalhar em grupo, aperfeiçoando atitudes de respeito, atenção, paciência, cuidado com o outro, escuta apurada e concentração.

Ademais, incentiva o estudo individual, beneficiado pelo estímulo constante à pesquisa e desenvolvimento de autonomia e responsabilidade com o conhecimento que se constrói, ou seja, o estudante 'aprende a aprender'.

3. O PBL APLICADO NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE ELETROQUÍMICA

3.1 O CARRINHO ELÉTRICO

Os alunos foram desafiados a traçar um projeto e resolver um desafio: montar um carrinho movido a pilhas ou baterias de celular utilizando materiais simples e recicláveis. A partir de discussões, os estudantes foram estimulados na compreensão do funcionamento de diferentes tipos de pilhas e baterias disponíveis no comércio, além de criarem pilhas com materiais caseiros.

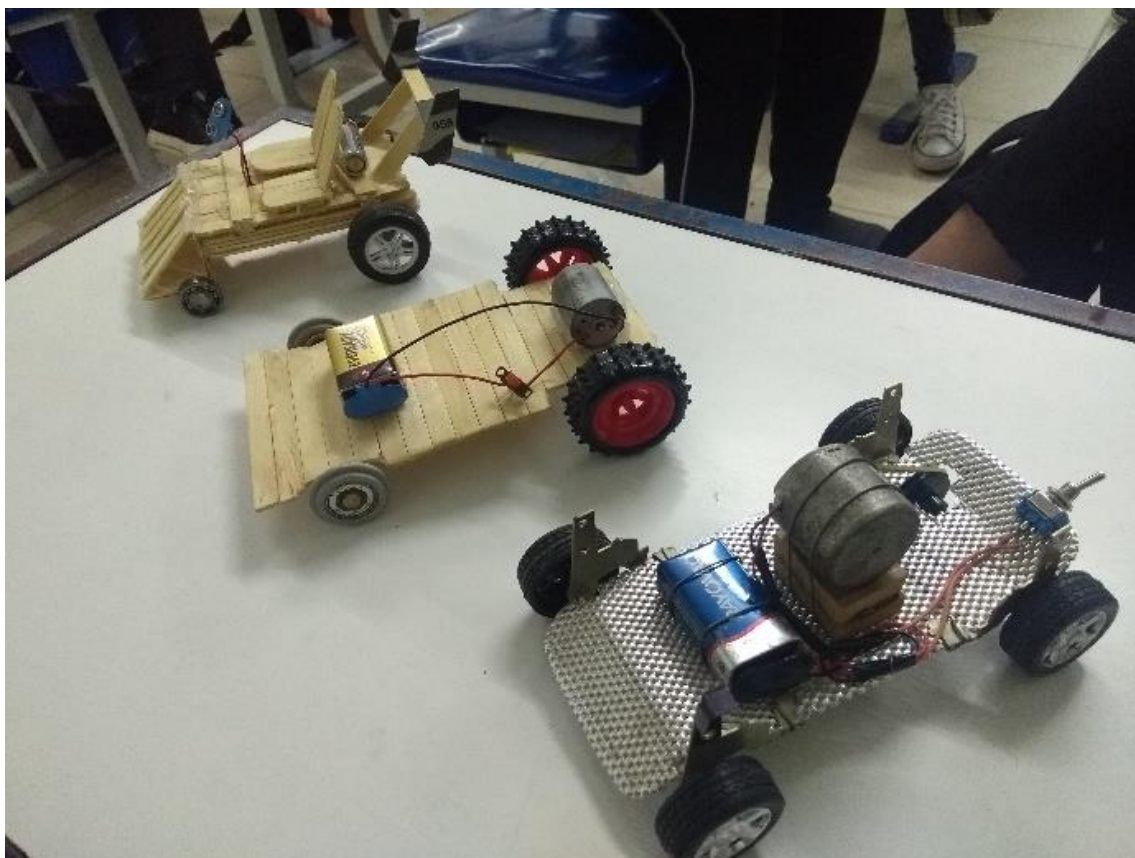


Outra vertente, que também foi explorada em sala de aula, e de grande importância na atualidade, envolve o descarte e a reciclagem de pilhas e baterias e seu impacto ambiental, uma vez que está em discussão, de forma bastante ampla na mídia, a migração de matriz energética dos motores a combustão para motores elétricos.

3.2 O CARRINHO ELÉTRICO NA VISÃO DOS ESTUDANTES

MUITOS ACREDITAM QUE VEÍCULOS ELÉTRICOS SEJAM PRODUTO DO MUNDO TECNOLÓGICO ATUAL, MAS ESSES VEÍCULOS JÁ ERAM A OPÇÃO DE MUITA GENTE NOS EUA NO COMEÇO DO SÉCULO PASSADO. NO ENTANTO, COMO HOJE, NÃO ESTAVA CLARO NAQUELA ÉPOCA QUAL MÉTODO DE PROPULSÃO IMPULSIONARIA O CARRO DO FUTURO.

O CARRO ELÉTRICO ESTAVA SOB PRESSÃO NESSA COMPETIÇÃO. OS AUTOMÓVEIS DE VAPOR FUNCIONAVAM DE FORMA SIMILAR A QUALQUER OUTRA MÁQUINA A VAPOR. A POSSIBILIDADE DE EXPLOSÕES PREOCUPAVA, MAS A ENERGIA DO VAPOR ERA UMA VELHA CONHECIDA, EM QUEM AS PESSOAS CONFIAVAM. A GASOLINA VENCEU A DISPUTA PORQUE A ELETRICIDADE E O VAPOR NÃO PROPORCIONAVAM AUTONOMIA SUFICIENTE. (PM)



A aluna **LA**, complementou via Edmodo, apresentando o motor Stirling com suas vantagens e desvantagens:

O MOTOR STIRLING FOI INVENÇÃO DE UM PASTOR ESCOCÊS, ROBERT STIRLING NO ANO DE 1816. COM AUXÍLIO DE SEU IRMÃO, O INVENTOR BUSCAVA SUBSTITUIR OS MOTORES A VAPOR, QUE CAUSAVAM MUITOS ACIDENTES.

NO QUE CONSISTE O MOTOR STIRLING?

- CONSISTE EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO EXTERNA, QUE UTILIZA O AR AQUECIDO (PELA COMBUSTÃO) COMO FLUIDO DE TRABALHO.
- ESSE MOTOR POSSUI SOMENTE DUAS CÂMARAS QUE DIVERGEM SOMENTE EM SUAS TEMPERATURAS.
- AS FONTES DE CALOR UTILIZADAS NO FUNCIONAMENTO DESSES MOTORES É POUCO RESTRITA, PODENDO SE UTILIZAR QUASE TODAS, BASTANDO APENAS, A DIFERENÇA DE TEMPERATURA ENTRE AS CÂMARAS.
- A DILATAÇÃO DO AR NESSAS CÂMARAS MOVE UM PISTÃO, GERANDO TRABALHO MECÂNICO.
- O MOTOR STIRLING NÃO EMITE GASES POLUENTES, SENDO CONSIDERADOS DE CICLO FECHADO.
- A EFICIÊNCIA DESSES MOTORES STIRLING ULTRAPASSA A DOS MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA (SUPERAM OS MOTORES MOVIDOS A DIESEL E GASOLINA).

O CICLO STIRLING

- É UM CICLO TERMODINÂMICO REVERSÍVEL E CÍCLICO DIVIDIDO EM QUATRO FASES.
- EXPANSÃO ISOTÉRMICA: PROCESSO EM QUE O AR DO MOTOR ABSORVE O CALOR DAS FONTES EXTERNAS.
- RESFRIAMENTO ISOVOLUMÉTRICO: O VOLUME SE MANTÉM CONSTANTE, POIS O AR LOCALIZADO NO MOTOR TRANSFERE CALOR PARA O MEIO EXTERNO.
- COMPRESSÃO ISOTÉRMICA: PROCESSO EM QUE HÁ UM AUMENTO GRADATIVO DA PRESSÃO DO MOTOR, ATRAVÉS DA CONTRAÇÃO SOFRIDA PELO AR CONTIDO NO CILINDRO DO MOTOR.
- AQUECIMENTO ISOVOLUMÉTRICO: PROCESSO QUE ENVOLVE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DA FONTE QUENTE PARA O AR CONTIDO NO CILINDRO DO MOTOR. OCORRE A VOLUME CONSTANTE.

VANTAGENS

- CAUSAM POUCA POLUIÇÃO.
- SÃO SILENCIOSOS.
- PODEM USAR QUASE TODAS AS FONTES DE CALOR.
- SÃO MOTORES DE ALTO RENDIMENTO.

DESVANTAGENS

- POSSUEM UM CUSTO ELEVADO POR NÃO SER POPULAR.
- O SISTEMA DE VEDAÇÃO DE GASES É DE DIFÍCIL CONTROLE.
- A MUDANÇA DE VELOCIDADE DA ROTAÇÃO DO MOTOR É COMPLEXA.
- EMBORA O MOTOR STIRLING SEJA MAIS VANTAJOSO E MAIS EFICIENTE, ELE É BOICOTADO PELAS INDÚSTRIAS PETROLÍFERAS, POIS APRESENTAM DESVANTAGENS PARA ELAS, POR A GASOLINA NÃO SER A ÚNICA FONTE DE ENERGIA CAPAZ DE SER USADA NESSE MOTOR, MAS SER APENAS MAIS UMA DENTRE MUITAS OUTRAS.

Aproveitando o clima das pesquisas, apresentei, via Edmodo, meu vídeo com um carrinho de motor Stirling, e, posteriormente, fizemos o experimento em sala.



Os conteúdos trabalhados, bem como os experimentos desenvolvidos em sala de aula, e também fora dela, funcionaram como facilitadores do aprendizado do conteúdo de Eletroquímica, além de trazerem impactos extremamente positivos na conscientização ambiental dos estudantes envolvidos, como também na comunidade nas proximidades da escola.

3.3 A MONTAGEM DO CARRINHO ELÉTRICO

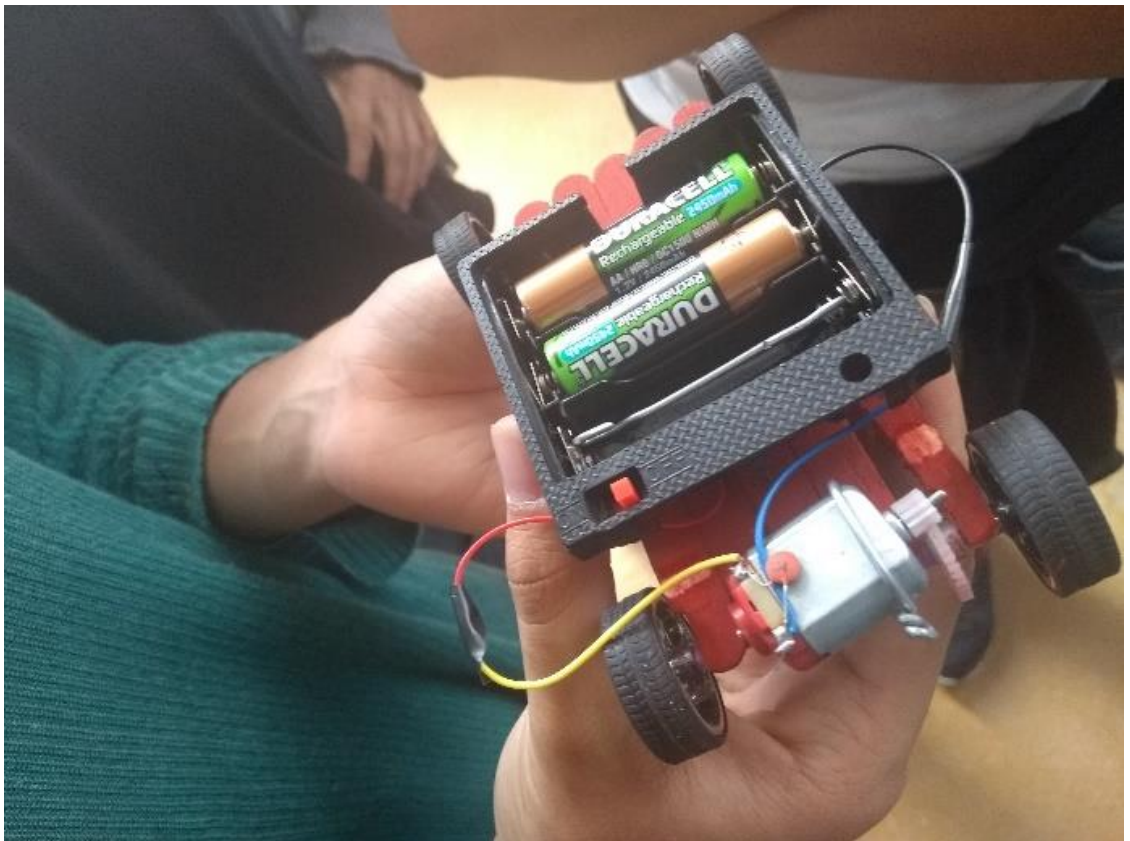
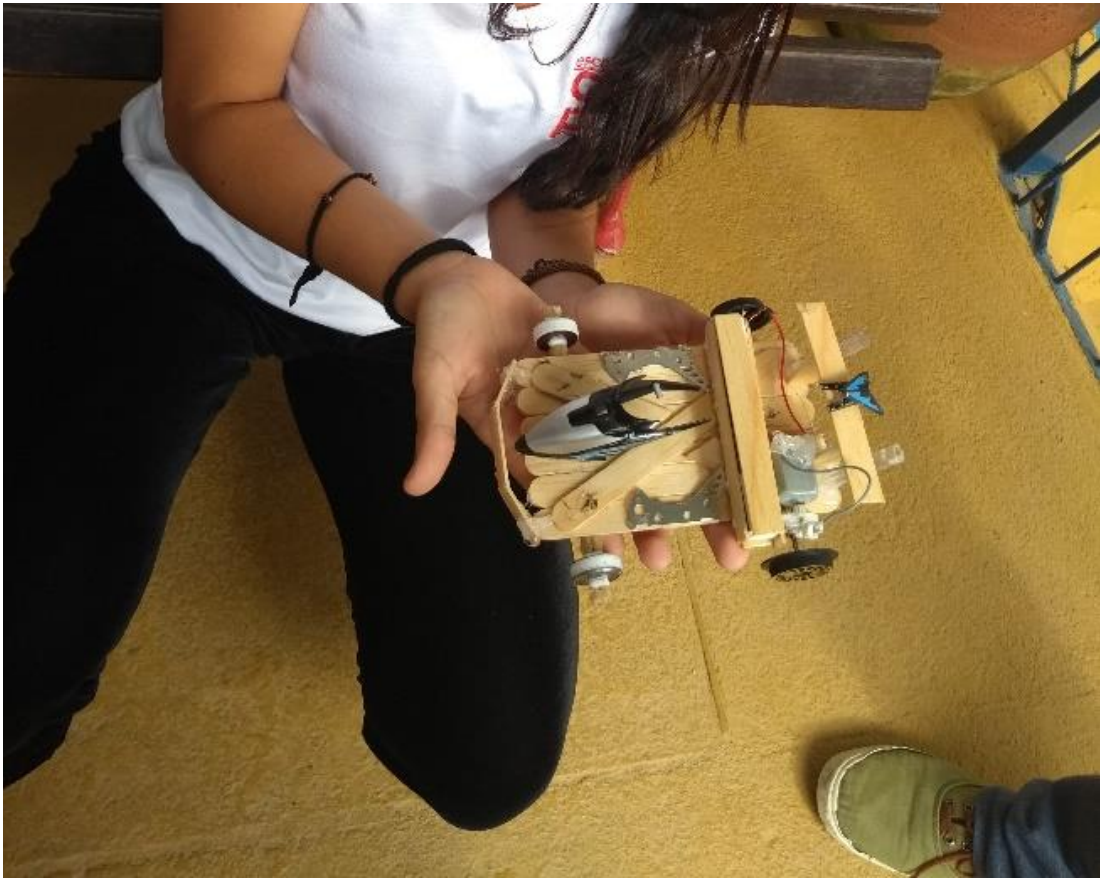
Os grupos montaram seus protótipos em sala de aula, com auxílio do professor. Nem todos apresentaram habilidade com peças pequenas, cola quente, alicates e chaves de fenda. Cada aluno foi orientado a ajudar o outro da melhor maneira possível para que o protótipo fosse montado no mesmo dia, sendo que os testes e acertos puderam ser feitos fora da sala de aula ou em casa.

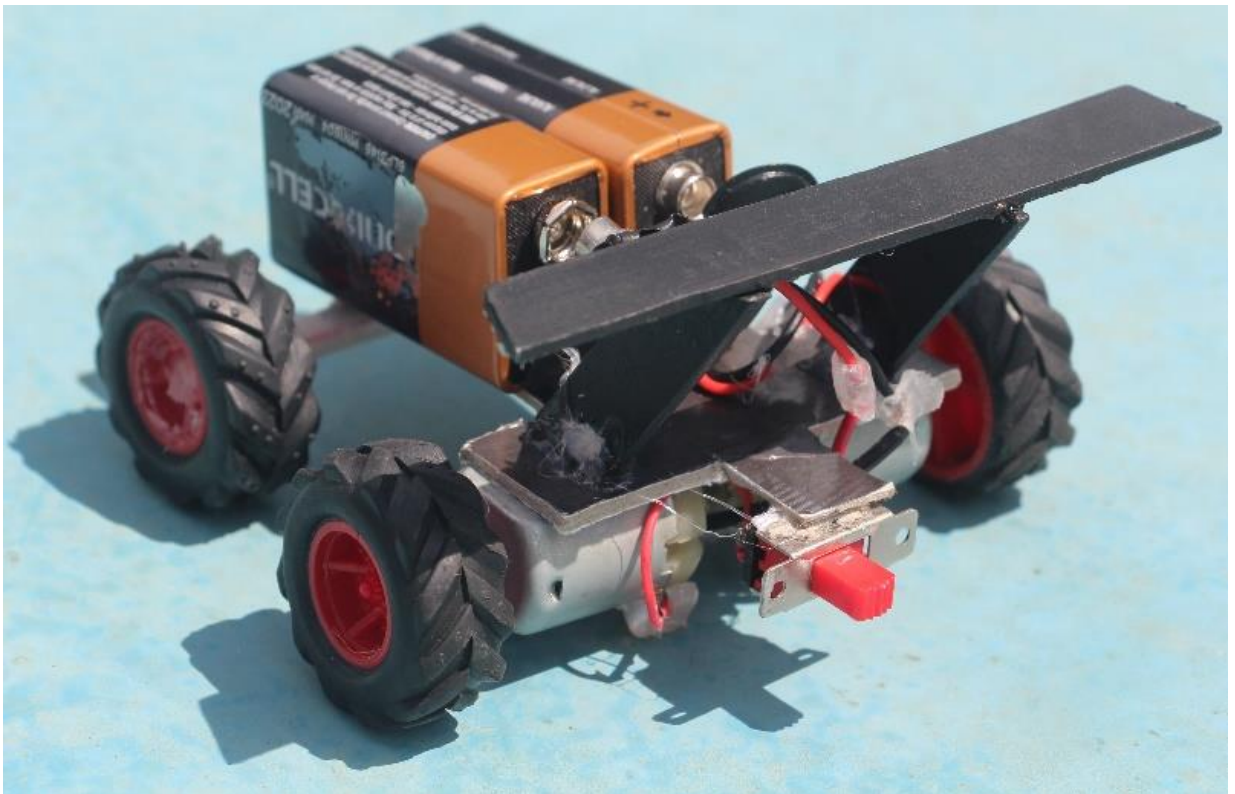
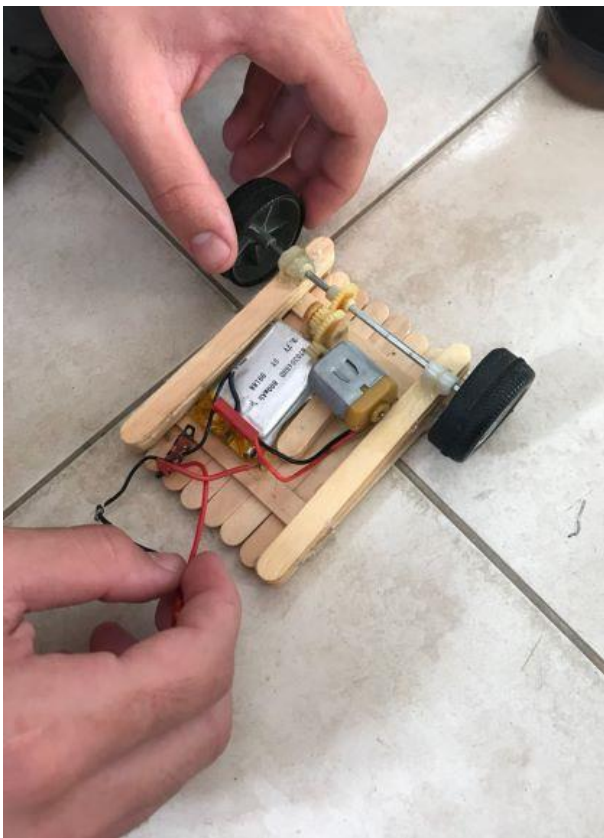


Aprender de uma forma lúdica é mais fácil de entender, de visualizar como funciona realmente. O que vemos só na teoria, como na metodologia clássica, se torna desinteressante e cansativo, exaustivo, o que não ocorre com uma metodologia ativa, pois nesta sempre há algo novo e inspirador.

Além disso, a liderança, a comunicação interpessoal e o respeito pelo colega, desenvolvidos nessa fase, são características preparatórias para o mercado de trabalho futuro.







Entre as equipes de montagem dos carrinhos, houve um grupo composto apenas por meninas. Esse grupo surpreendeu a todos com um carrinho feito de garrafa PET.



A receita, nas palavras das autoras, é a seguinte:

MATERIAIS UTILIZADOS

- 1 GARRAFA PEQUENA (250ML)
- 1 BATERIA 9V
- 2 MOTORES DE MANETE DE VÍDEO GAME
- 4 RODAS DE CARRINHO DE BRINQUEDO
- 2 COTONETES
- 1 EIXO
- 1 CONECTOR DE BATERIA
- 1 INTERRUPTOR PEQUENO
- 2 FIOS
- FITA ISOLANTE
- FITA DUPLA FACE
- ESTILETE

MONTAGEM

ABRIMOS A PARTE DE CIMA DA GARRAFA COM ESTILETE PARA COLOCARMOS A BATERIA E OS MOTORES (COLADOS COM FITA ISOLANTE) LIGADOS AO EIXO DAS RODAS TRASEIRAS FEITO COM COTONETE. DEPOIS QUE O MOTOR JÁ ESTAVA NO LUGAR, USAMOS O CONECTOR DE BATERIA UTILIZANDO OS DOIS FIOS, E NO FIO NEGATIVO (-) COLOCAMOS O INTERRUPTOR. COLOCAMOS AS RODAS DA FRENTE JUNTO COM O EIXO. PARA COLOCAR OS EIXOS (UM FEITO COM COTONETE E O OUTRO JÁ PRONTO), FIZEMOS FURO NA GARRAFA.

3.3 A CORRIDA DOS CARRINHOS ELÉTRICOS

Nesta etapa, retornamos à pergunta motivadora e oferecemos um *feedback* através de uma proposta inusitada que mudou a rotina diária do Ensino Médio: “Vamos fazer uma corrida de carrinhos na escola?”



A Corrida Maluca, como foi batizada pelos alunos, incluiu um convite extensivo aos alunos do Ensino Médio, como um todo, para a formação de equipes que deveriam competir em uma corrida, na quadra da escola, com seus protótipos. As equipes eram mistas, seja em sexo, idade ou série. O primeiro passo foi a criação de um regulamento, discutido entre os alunos de primeiro e do segundo ano, tendo sido organizado e postado pela aluna LL:

REGULAMENTO DA CORRIDA MALUCA

1. RAIA NA VERTICAL (DE GOL A GOL).
2. CARRINHOS DE CADA VEZ COM ELIMINAÇÃO (AO TODO 8 CARRINHOS; 3 DO PRIMEIRO ANO E 5 DO SEGUNDO ANO).
3. TRÊS JURADOS (IMPARCIAL).
4. SE O CARRINHO BATER NA RAIA, OS JURADOS RETORNARÃO COM O CARRINHO À CORRIDA.

5. QUALQUER ATO DE TRAPAÇA, O GRUPO SERÁ ELIMINADO.
6. OS INTEGRANTES DO GRUPO PODERÃO FICAR DENTRO DA QUADRA. OS ESPECTADORES FICARÃO FORA.
7. TER CÂMERAS NA LARGADA E NA CHEGADA, PARA, CASO HAJA EMPATE, OU DÚVIDAS NAS DECISÕES, OU CASO DE TRAPAÇA.
8. OS CARRINHOS DEVERÃO TER NOMES OU CORES DIFERENTES.



Retomamos a pergunta motivadora, pois agora deveriam propor uma nova solução e transmitir aos seus colegas, fossem da equipe ou não, os conhecimentos que haviam adquirido. No PBL os alunos devem ser ativos no processo de 'aprender a aprender', aprendendo a fazer, sendo participativos e responsáveis por seu conhecimento, a fim de desenvolver e aperfeiçoar a autonomia da aprendizagem e do trabalho em equipe.



O ambiente escolar estava diferente, modificado, pois os estudantes estavam vibrando com o novo desafio, e, agora, sendo requisitados e estimulados a serem pesquisadores, criadores de soluções.

Oportunizar, na sala de aula, um espaço lúdico e diferenciado, onde todos, de acordo com suas limitações e gostos, puderam trabalhar em conjunto, foi de extrema importância. Foi o que possibilitou um desenvolvimento individual sólido, que permitiu ao estudante interferir de forma eficaz em sua realidade social.

O relato da estudante **LL** demonstra isso:

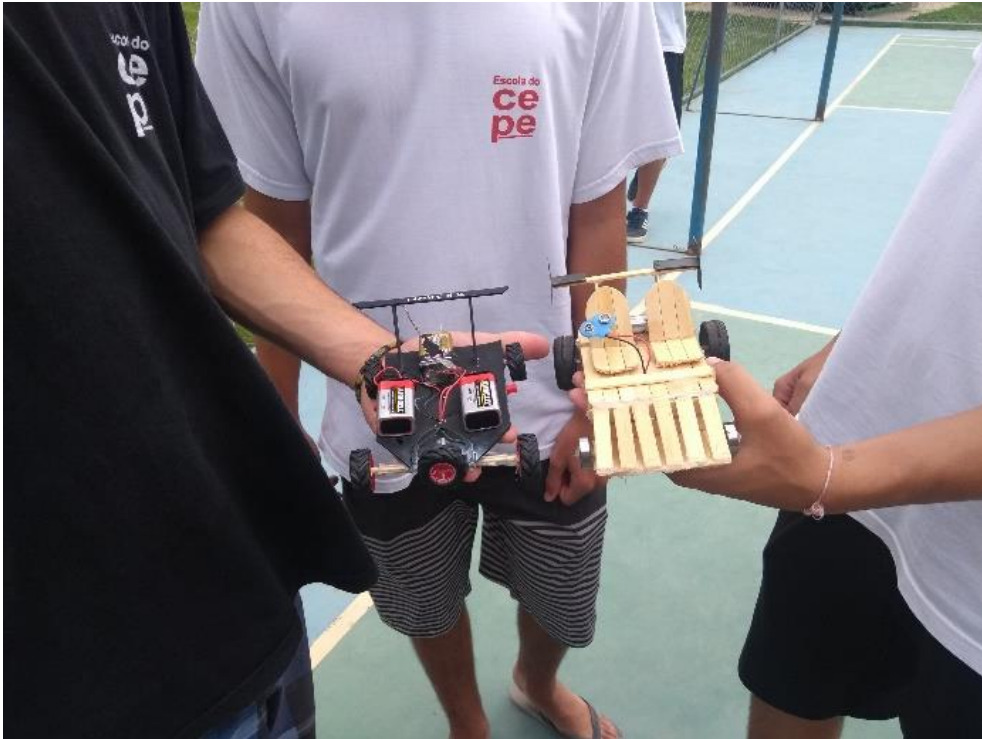
COM A CONFEÇÃO DO CARRINHO ELÉTRICO, APRENDI A MANUSEAR FERRAMENTAS QUE EU NÃO SABIA ANTES. QUEBREI A CABEÇA PARA ALINHAR AS RODAS, POIS ELAS ESTAVAM FAZENDO COM QUE O CARRINHO ANDASSE VIRANDO PARA A DIREITA. E APRENDI A TER **MUITA** PACIÊNCIA.

MAS, ACIMA DE TUDO, EU E OS MEUS COLEGAS DE CLASSE APRENDEMOS A TRABALHAR EM GRUPO, A SABER OUVIR OPINIÕES DISTINTAS, A NÃO DESCONTAR A FRUSTRAÇÃO DO ERRO EM NINGUÉM E A SABER QUE, QUANDO ACEITAMOS UM PROJETO, ESTAMOS SUJEITOS A ERROS E ACERTOS. APRENDI A CORRER ATRÁS DAS INFORMAÇÕES, POIS ELE – O CARRINHO – NÃO SE MONTARIA SOZINHO.

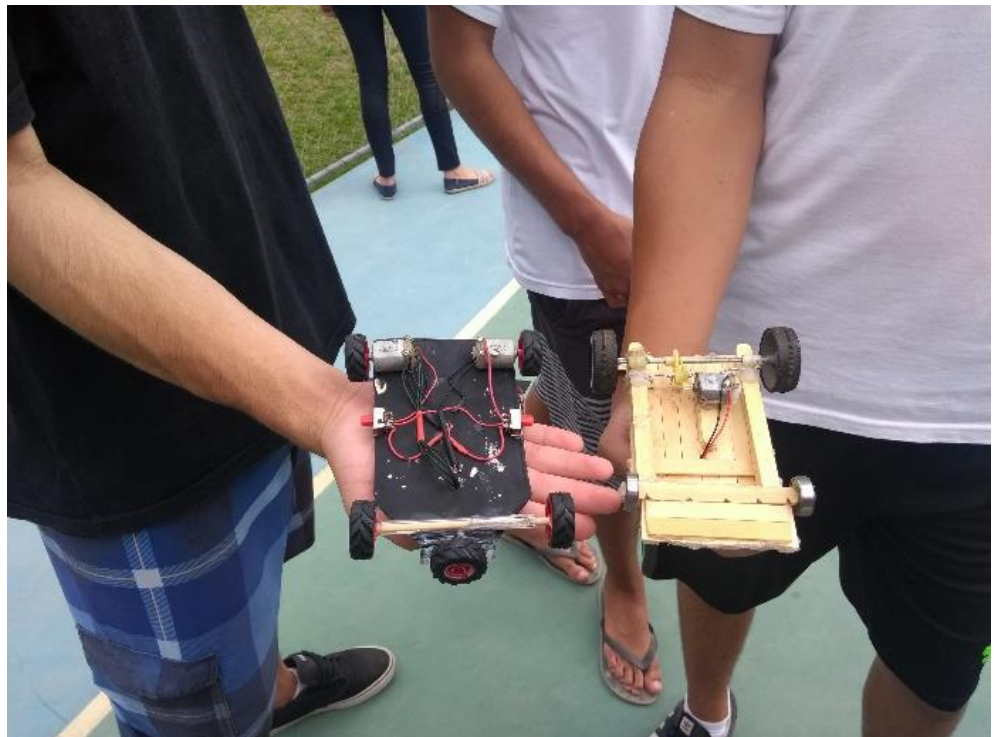
ENFIM, AO FINAL DO PROJETO, ENTENDI QUE NÃO SE TRATAVA APENAS DE PONTOS EXTRAS E UM SIMPLES TRABALHO MANUAL, E, SIM, TIRAR APRENDIZAGEM DAS PEQUENAS COISAS; A CADA ACERTO ERA UMA FELICIDADE DIVIDIDA ENTRE VÁRIAS PESSOAS, E A CADA ERRO VÍAMOS UM GRUPO UNIDO TENTANDO FAZER COM QUE DESSE CERTO, E CONSEGUIMOS! TENHO CERTEZA DE QUE NÃO SÓ EU, COMO TODOS OS ALUNOS DO SEGUNDO ANO, TENHO UM SENTIMENTO DE GRATIDÃO ENORME! OBRIGADA POR ISSO!

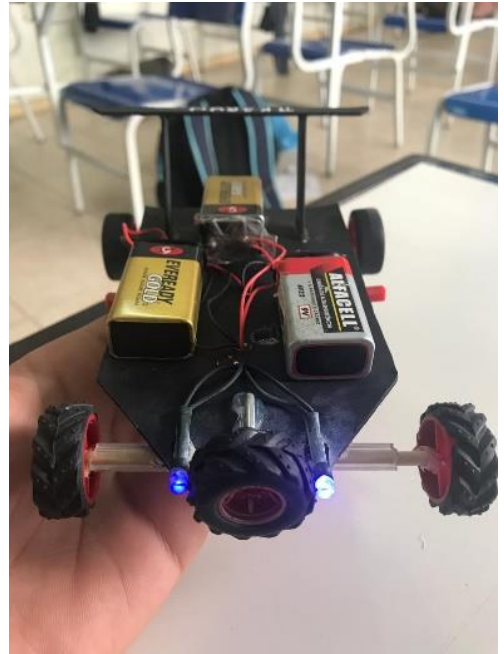
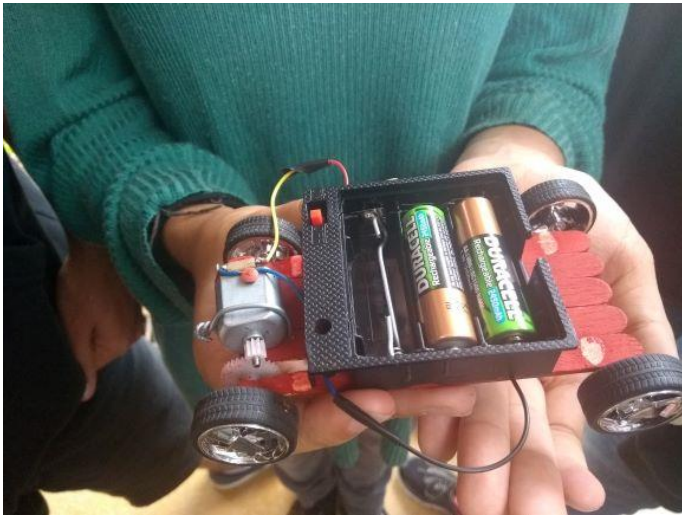


O dia da Corrida Maluca fez da escola um local de ócio como deveria ser sempre. Todas as séries, incluindo as da Educação Infantil, puderam brincar e aprender um pouco mais que nos dias considerados normais.



O evento foi o ápice dos experimentos. Os estudantes puderam mostrar todo o conhecimento do qual se apoderaram, através de uma competição, realizada na quadra da escola. Contaram com a presença da direção da escola, dos pais e dos amigos, além dos professores do dia.





A corrida seguiu o critério eliminatório, sendo que dois carros competiram entre si, e o mais veloz seguiu na competição, passando das eliminatórias até se ter um campeão:



4 PILHAS E MEIO AMBIENTE: UM DEBATE PROPICIADO PELO PBL

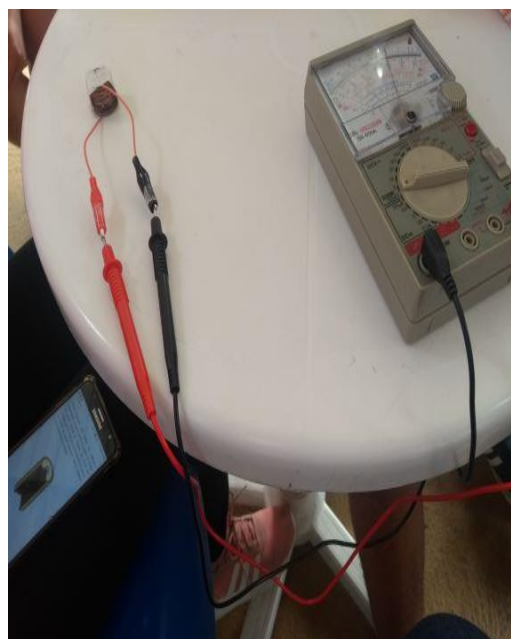
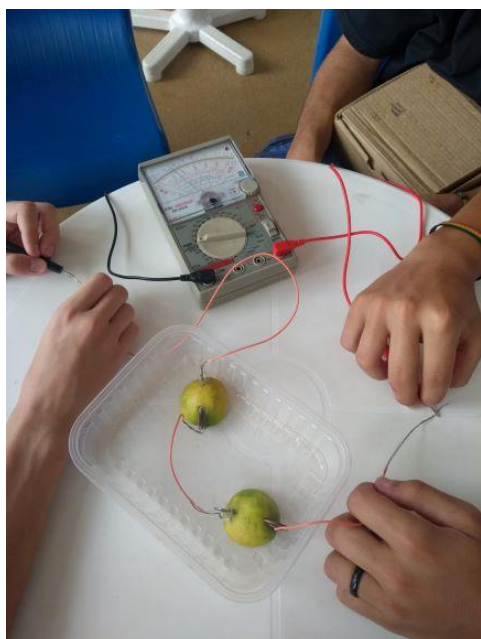
Após a primeira montagem dos carrinhos os alunos foram induzidos a gastar toda a energia contida na pilha e novamente foram estimulados por uma situação: o que fazer com o carrinho quando ele para de funcionar? A partir das discussões implementadas em sala de aula, dois caminhos foram estimulados:

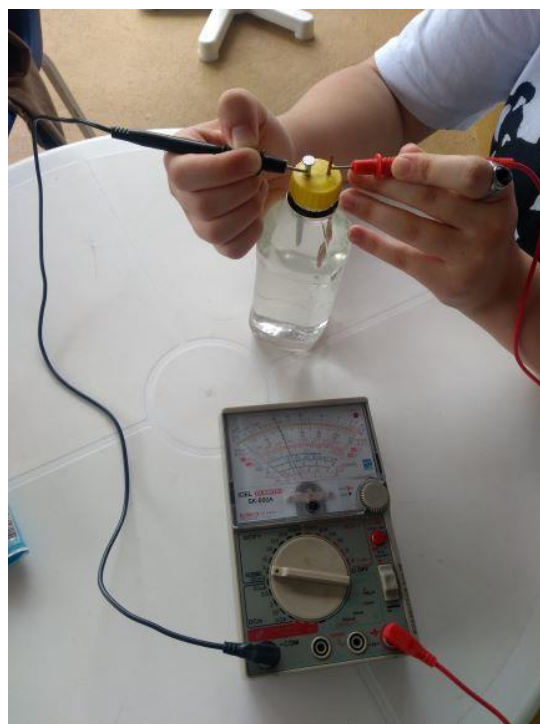
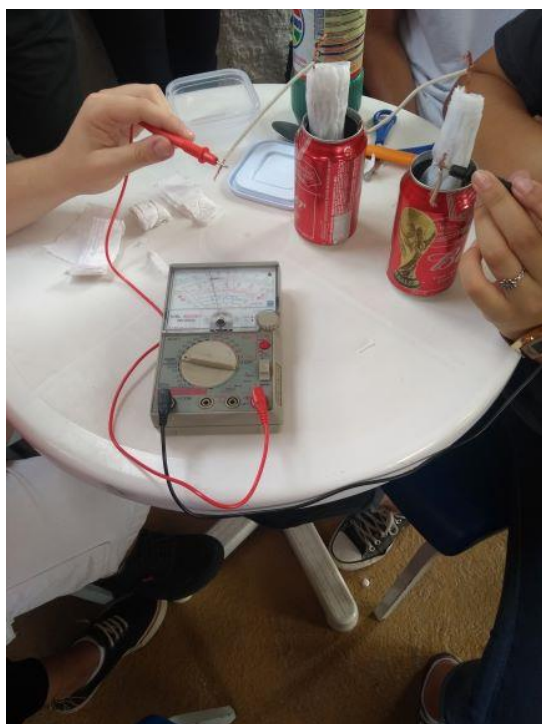
3. a criação de novas pilhas com materiais caseiros; os estudantes foram estimulados a construir pilhas com materiais simples, tais como refrigerantes, latas de alumínio, água sanitária, moedas, entre outros, inicialmente através de pesquisas via internet.
4. o descarte e a reciclagem de pilhas e baterias, levando em consideração seu conteúdo e o impacto destes materiais no meio ambiente; os estudantes foram estimulados a realizar dois experimentos: um com pilhas imersas em uma gelatina caseira e outro com pilhas enterradas em um aquário com areia da praia para observar os efeitos da pilha no solo.

4.1 A MONTAGEM DE PILHAS

Na montagem de pilhas caseiras podemos citar quatro exemplos:

- pilha de limão, feita com clips zincado e moedinha de cobre de R\$0,05;
- pilha de moedas, feita com papel alumínio e moedinhas cobre de R\$0,05;
- pilha de latinhas de alumínio;
- pilha de água sanitária.





No momento da construção da pilhas, a estudante **AT** que possuía um resultado abaixo da média em Química, mas que era apaixonada por romances, pediu-me um livro para tentar entender como era a Química naquela época. Conversando com a professora de Literatura, Débora Finamore, que sempre incentiva a leitura de seus alunos e promove a interdisciplinaridade com outras disciplinas, a partir da contextualização em suas aulas, percebi uma possibilidade de aproximar a realidade daquela aluna ao assunto que não se mostrava interessante. Débora sugeriu a leitura de **Frankenstein**, por falar de eletricidade, e, ao retornar à escola na semana seguinte fui procurado pela aluna que havia me enviado pelo Edmodo o seguinte texto:

VICTOR FRANKENSTEIN FOI DESDE SEMPRE UM CRIANÇA INTELIGENTE E APAIXONADO POR CIÊNCIAS. VIVIA COM SEU PAI, SEU IRMÃO MAIS NOVO WILLIAM, UMA AGREGADA DA FAMÍLIA, ELIZABETH, E COM SUA MÃE, QUE ADOECIU E MORREU QUANDO VICTOR AINDA ERA JOVEM.

COM O OBJETIVO DE EXPANDIR SEUS CONHECIMENTOS FOI PARA A UNIVERSIDADE DE INGOLSTADT EM GENEBRA. LÁ COMEÇOU A APROFUNDAR SEUS ESTUDOS E CURIOSIDADES SOBRE A VIDA, JUNTANDO PARTES DE CADÁVERES, DE 2,40 METROS DE ALTURA, COM LARGURAS PROPORCIONAIS A SEU TAMANHO.

FICOU FISSURADO EM SEU TRABALHO, QUE ESQUECEU DE SUA FAMÍLIA, AMIGOS E ATÉ MESMO DA SUA PRÓPRIA SAÚDE. AO FIM DE DOIS ANOS TERMINOU SEU PROJETO, PORÉM JÁ ESTAVA MUITO DOENTE. QUANDO DEU VIDA À SUA CRIATURA FICOU MUITO ASSUSTADO E FUGIU DE CASA E A ABANDONOU.

COMO ELE ESTAVA NERVOSO, COMEÇOU A CAMINHAR E ACABOU CHEGANDO NA ESTAÇÃO DE TREM. QUANDO ESTAVA PASSANDO POR LÁ, ENCONTROU COM SEU AMIGO CLERVAL, E O LEVOU ATÉ EM CASA. CLERVAL REPAROU QUE VICTOR ESTAVA MUITO DOENTE E FICOU CUIDANDO DELE.

QUANDO ELE SE RECUPEROU, RECEBEU UMA CARTA DE SEU PAI, DIZENDO QUE ESTAVA PREOCUPADO, POIS VICTOR NÃO DAVA MAIS NOTÍCIAS. E TAMBÉM CONTOU QUE SEU IRMÃO MAIS NOVO TINHA SIDO ASSASSINADO DURANTE UM PASSEIO NA FLORESTA. VICTOR FICOU MUITO ABALADO COM A TRISTE NOTÍCIA, E DECIDIU QUE IRIA PARTIR PARA SUA CIDADE NATAL. DURANTE A VOLTA PARA CASA, ELE PAROU ALGUMAS VEZES, POIS NÃO SABIA COMO REAGIR COM A MORTE DE SEU IRMÃO.

A CRIATURA DE VICTOR, QUANDO FOI ABANDONADA, FUGIU PARA O CAMPO E FICOU ESCONDIDO EM UM CELEIRO PERTO DE UMA CASA E TODOS OS DIAS OBSERVAVA COMO AS PESSOAS DA CASA SE COMPORTAVAM, E COM ISSO APRENDEU A TER SENTIMENTO E A FALAR.

QUANDO ENTENDE OS SENTIMENTOS, SE SENTE TRAÍDO POR SEU CRIADOR E DECIDE SE VINGAR, ASSASSINANDO SEUS PARENTES E AMIGOS QUERIDOS. COMEÇOU COM WILLIAM, DURANTE UM PASSEIO NA FLORESTA, COM O PAI DE VICTOR E ELIZABETH, WILLIAM SE DISTANCIOU DO GRUPO PARA BRINCAR, E NÃO VOLTOU MAIS, ELIZABETH O ENCONTROU MORTO ESTRANGULADO.

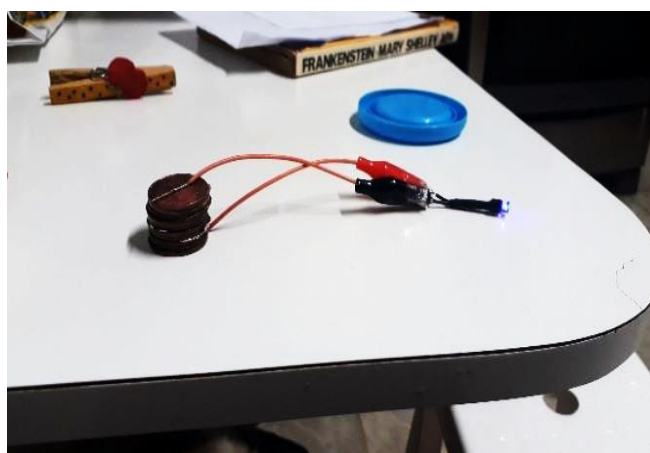
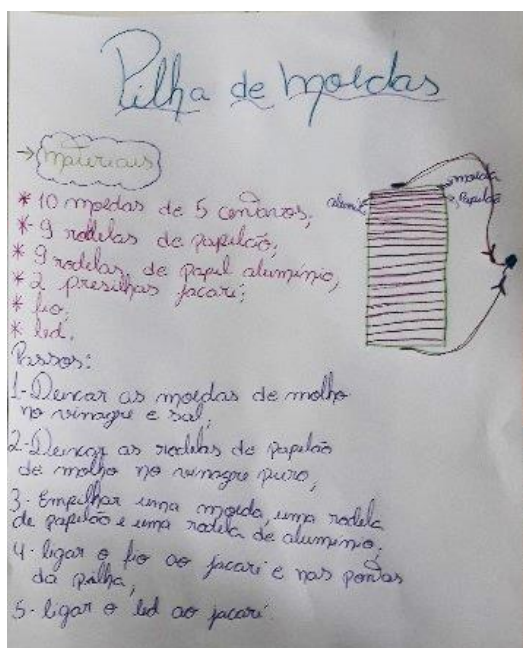
QUANDO VICTOR DESCOBRIU QUEM HAVIA FEITO TAL ATROCIDADE FOI À PROCURA DO MONSTRO. A CRIATURA DISSE QUE IRIA PARAR COM UMA CONDIÇÃO, SE VICTOR FIZESSE UMA ESPOSA PARA ELE. VICTOR CONCORDOU COM TAL CONDIÇÃO, PORÉM QUANDO VICTOR COMEÇOU A CONSTRUÇÃO, ELE PERCEBEU QUE PODERIA ESTAR CRIANDO UMA GERAÇÃO DE MONSTROS, QUE SERIAM UMA AMEAÇA PARA A HUMANIDADE.

QUANDO A CRIATURA DESCOBRIU ISSO FICOU FURIOSA PELA QUEBRA DA PROMESSA, E ENTÃO ASSASSINOU CLERVAL. VICTOR FOI INCRIMINADO PELO ASSASSINADO. CONSEGUIU PROVAR SUA INOCÊNCIA. AO VOLTAR PARA GENEBRA, CASOU-SE COM ELIZABETH, MESMO TEMENDO QUE A CRIATURA A ASSASSINASSE TAMBÉM. NO MESMO DIA EM QUE SE CASARAM, FORAM PARA A LUA DE MEL. VICTOR VIGIAVA O LUGAR PARA GARANTIR QUE O MONSTRO NÃO ESTAVA POR LÁ. PORÉM, ELE JÁ ESTAVA DENTRO DO QUARTO E ASSASSINA ELIZABETH ESTRANGULADA. VICTOR VOLTA PARA CASA ARRASADO E CONTA A ENORME TRAGÉDIA PARA SEU PAI, ELE ADOECE E MORRE.

COM TODOS OS SEUS ENTES QUERIDOS MORTOS, VICTOR RESOLVE CAÇAR A CRIATURA. SEGUE SUAS PISTAS NO SENTIDO DO POLO NORTE. ELE CHEGA EM UM NAVIO, MUITO DOENTE E FRACO, SÓ TEM TEMPO DE CONTAR A HISTÓRIA DA CRIATURA PARA O CAPITÃO DO NAVIO, E LOGO DEPOIS MORRE. O CAPITÃO ENCONTRA A CRIATURA DENTRO DA CABINE CHORANDO PELA MORTE DE SEU CRIADOR. APÓS A MORTE DE VICTOR, A CRIATURA JURA QUE VAI PARA O NORTE E NUNCA MAIS IRÁ VOLTAR, DANDO PAZ PARA TODOS DOS HUMANOS.

Em um final de semana, **AT** havia lido o livro, feito um resumo e queria me contar o que tinha entendido da história. Além disso, para minha surpresa ao chegar na escola, ela me disse: “construí uma pilha de moedas”.

AT apresentou-me o rascunho do projeto pesquisado por ela e a foto do protótipo montado em casa ao lado do livro que havia lido.



4.2 DESCARTE DE PILHAS

Os estudantes também realizaram pesquisas, buscando subsídios para responder às perguntas:

- O carro elétrico é realmente ecologicamente mais amigável?
- Os processos envolvidos na produção das baterias empregadas na indústria automobilística são poluentes?
- Como será feito descarte e/ou reciclagem destes dispositivos?

Algumas sugestões foram compartilhadas via Edmodo, como a da aluna **MI**:

ACHEI INTERESSANTE ESSE EPISÓDIO DO PROGRAMA *REVISTA* DA REDE DE TELEVISÃO REGIONAL A "TV RIO SUL" QUE NO DIA 13/10 ABORDOU O TEMA "OUTRAS FORMAS DE GERAR ENERGIA" COM CARROS ELÉTRICOS E FORNOS SOLARES... ([HTTPS://GSHOW.GLOBO.COM/TV-RIO-SUL/RIO-SUL-REVISTA/NOTICIA/REVISTA-DESTE-SABADO-13-MOSTROU-DIFERENTES-FORMAS-DE-GERACAO-DE-ENERGIA.GHTML](https://gshow.globo.com/tv-rio-sul/rio-sul-revista/noticia/revista-deste-sabado-13-mostrou-diferentes-formas-de-geracao-de-energia.ghtml))

4.2.1 PILHAS NA GELATINA

Para simular o descarte de pilhas no meio ambiente foi realizado um experimento com pilhas imersas em gelatina. Colocam-se pilhas em um recipiente transparente, com capacidade aproximada de 600 ml, o suficiente para cobrir o fundo, e depois se acrescentam duas folhas de gelatina incolor diluída em 300 ml de água morna.

As modificações visuais foram observadas por 15 dias, sendo as pilhas descartadas em local apropriado posteriormente.



O resultado do experimento sensibilizou de maneira positiva os estudantes que fizeram pesquisas sobre descarte e descobriram que a única recicladora existente na cidade de Miguel Pereira não reciclava pilhas. Um grupo de alunos, incluindo a aluna **AT**, tentou descobrir a razão de tal fato, porém não obtiveram uma resposta satisfatória.

A aluna **AT** postou, via Edmodo, um comentário, informando que não pode ser feito o descarte desses materiais no lixo comum, pois já existem leis que obrigam os

fabricantes a retirar as baterias e, assim, dar-lhes o destino adequado. Adverte, ainda, ser crucial que se coloque um aviso na embalagem do produto, alertando para qualquer perigo causado pelo descarte inadequado do material.

O estudante **FD** também fez considerações sobre o descarte, postando que reciclar pilhas e baterias de telefones celulares não é um processo de baixo custo. A reciclagem de dez toneladas, por exemplo, custa cerca de US\$1000. Pode ser caro, mas o descarte consciente desses materiais é importante para o meio ambiente. As baterias possuem elementos químicos pesados, como níquel, cádmio, chumbo, zinco e mercúrio, que intoxicam o solo, rios, vegetais e animais. Pior ainda, os seres humanos não metabolizam essas substâncias, o que pode causar sérios danos ao sistema nervoso e até câncer. Por outro lado, pilhas e baterias recicladas, tornam-se pigmentos que coloreem fogos de artifício, pisos de cerâmica, vidro e tinta.

Subsidiado por vários comentários e artigos científicos postados no Edmodo pelos estudantes, observamos a mudança de comportamento dos mesmos, que estavam aprendendo a buscar soluções por conta própria, compartilhando suas experiências com os colegas, trocando opiniões, ou seja, estavam ‘aprendendo a aprender’.

4.2.2 PILHAS NO “AQUÁRIO”

Outro experimento foi o “aquário” de pilhas, construído a partir de um pequeno aquário de vidro no qual se colocou areia da praia, não tratada, trazida, de Angra dos Reis por um dos estudantes.

As pilhas de diferentes marcas e tamanhos foram enterradas no aquário, e os resultados, que podem ser facilmente notados, foram observados por um mês, aproximadamente.





5 CONCLUSÃO

A autoavaliação geral feita pelos estudantes é resultado da maturidade adquirida ao longo do processo. Essa visão crítica, após a adoção da metodologia PBL, com a qual se ensinou o 'aprender a aprender', nos leva a crer em profundas possibilidades de mudanças no ensino ao longo do Ensino Médio, posto que, a partir da mudança de metodologia, o aluno passa a ter consciência de que ele é o ator principal em seus estudos. Vejamos os relatos de alguns estudantes:

O ESTUDO PROPOSTO PELO PROFESSOR DURANTE O ANO LETIVO FOI MAIS DINÂMICO DO QUE TEÓRICO, TIVEMOS MAIS AULAS PRÁTICAS DO QUE APENAS O MÉTODO CLÁSSICO E SEM DAR TANTO VALOR ÀS NOTAS DAS PROVAS, E, SIM, AO NOSSO ESFORÇO, DESEMPENHO E RESPONSABILIDADES QUANTO ÀS TAREFAS DURANTE AS AULAS. OS ALUNOS NÃO SÃO APENAS AS NOTAS DE UMA PROVA, MUITA VEZES AS NOTAS NÃO SÃO CONDIZENTES COM O DESEMPENHO.

O ESTUDO DURANTE O ANO NOS MOSTROU NOVAS PERSPECTIVAS E MAIS VONTADE DE TER CONHECIMENTOS SOBRE AS MATÉRIAS, MAIS MOTIVAÇÃO. ESSE ANO FOI EXCELENTE, E EU NUNCA ACHEI QUE ALGUM PROFESSOR CONSEGUIRIA ME FAZER GOSTAR DE QUÍMICA.

SOU GRATA POR TER TIDO OPORTUNIDADE DE PARTICIPAR DAS AULAS E CONHECER MANEIRAS MAIS AMPLAS DE ESTUDO. NUNCA PENSEI QUE EU CONSEGUIRIA MONTAR UM CARRINHO, TRABALHAR COM ELETROQUÍMICA E ATÉ MESMO SOLDAR OS FIOS. ISSO NOS MOTIVA A CADA VEZ MAIS CRIAR NOVAS COISAS E EU NUNCA VOU ESQUECER DE CADA MOMENTO DAS AULAS. OBRIGADA POR NOS PROPORCIONAR MAIS CONHECIMENTOS. APRENDEMOS MUITO SEM SER EXPLICITAMENTE, COM RESUMOS NO CADERNO, MAS, SIM, COM EXPERIÊNCIA. **(EM)**

O MÉTODO PBL PROPOSTO PELO PROFESSOR FOI INCRÍVEL! O APRENDIZADO FOI MUITO MAIOR. ADQUIRIMOS CONHECIMENTO EM ÁREAS AMPLAS, COMO QUÍMICA, FÍSICA, ELÉTRICA, AERODINÂMICA, SEMPRE APLICADAS EM SITUAÇÕES COTIDIANAS.

APRENDEMOS A LIDAR COM O TRABALHO EM GRUPO, ÀS VEZES, NOS DESENTENDEMOS E DISCORDAMOS EM ALGUMAS COISAS, MAS TIVEMOS QUE APRENDER A ACEITAR AS DIFERENÇAS E BUSCAR COMUM ACORDO.

COM O MÉTODO APLICADO, AS AULAS FORAM MAIS DINÂMICAS, COM UM DIFERENTE MODO DE AVALIAÇÃO, OS ALUNOS SE COMPROMETERAM COM AS ATIVIDADES. VIMOS QUE UM ALUNO BOM NÃO É AQUELE QUE TIRA NOTAS BOAS, MAS SIM O QUE PARTICIPA, ERRA E APRENDE COM OS ERROS.

PERDEMOS AQUELE PENSAMENTO DE QUE A QUÍMICA É AQUELA UNICAMENTE FEITA NA SALA DE AULA, ELA ESTÁ ALÉM DISSO, EM NOSSAS VIDAS, COTIDIANO E ROTINA. **(TV)**

GOSTO MUITO DESTA MÉTODOS, ACHO MUITO EFICIENTE. FAZ O ALUNO BUSCAR, POR CONTA PRÓPRIA, POSSIBILIDADES DE RESPOSTA. INCENTIVA A CRIATIVIDADE E CURIOSIDADE. DESTA MODO O ALUNO APRENDE MUITAS COISAS POR TRÁS DO PROBLEMA, NÃO SÓ NA ÁREA ESCOLAR, MAS TAMBÉM NO TRABALHO EM GRUPO: ACEITAR OPINIÕES E SUGESTÕES DIFERENTES, TEORIAS DIFERENTES, E TESTÁ-LAS, PROCURAR E NÃO ESPERAR QUE OS OUTROS FAÇAM POR VOCÊ. **(AC)**

A PROPOSTA PARA O ESTUDO DO TÓPICO DE ELETROQUÍMICA, EM COMPARAÇÃO COM A METODOLOGIA CLÁSSICA, FOI UMA FONTE DE CONHECIMENTO QUE TODOS DA TURMA IRÃO LEVAR EM SUAS “MALAS” PARA O FUTURO.

UMA EXPERIÊNCIA INESQUECÍVEL, APRENDENDO A TRABALHAR EM EQUIPE E A, JUNTOS, PROPOR O MELHOR A SER FEITO. MEDOS FORAM ULTRAPASSADOS E VENCIDOS.

MOTIVADOS PELA CURIOSIDADE, CONSEGUIMOS FAZER COM QUE O TRABALHO FOSSE ALÉM DO CARRINHO E FIZEMOS NOVAS DESCOBERTAS QUE JAMAIS PENSÁRIAMOS EM PRATICAR; E TUDO COMEÇOU COMO UMA BRINCADEIRA, MAS HOJE VEMOS O QUÃO IMPORTANTE É. “CONHECIMENTO É TUDO”. **(VV)**

ACHEI DIFERENTE, MAS MUITO EFICAZ, PORQUE ISSO CATIVA O ALUNO A INTERAGIR NA AULA, CONHECER NOVAS COISAS, APRENDER NOVAS COISAS E DESCOBRIR UM NOVO MUNDO. COM O PROTÓTIPO DO CARRINHO, APRENDEMOS O QUE É: UNIÃO, SUSTENTABILIDADE, TECNOLOGIA CONHECIMENTO ETC. APRENDEMOS NOVAS FONTES DE ENERGIA, COMO A ENERGIA ELÉTRICA, QUE É UMA ENERGIA LIMPA DE POLUENTES E GASES DO EFEITO ESTUFA. ENTÃO, MINHA CONCLUSÃO É A DE QUE TODAS AS AULAS FORAM PRODUTIVAS E COM UM BOM RENDIMENTO. **(LM)**

NA MINHA OPINIÃO O MÉTODO DE ESTUDO QUE TEMOS NAS ESCOLAS BRASILEIRAS DE HOJE NÃO FUNCIONA PARA A MAIORIA DOS ALUNOS. É UM MÉTODO NOCIVO QUE QUER AVALIAR OS ALUNOS POR MEIO DE PROVAS E NÃO VÊ O LADO MAIS HUMANO DO ALUNO, SÓ O MAIS OBJETIVO, CONTEUDISTA. O MÉTODO NOVO QUE NÓS ESTAMOS VIVENDO, PROMOVE MAIS INTERAÇÃO ENTRE OS ALUNOS E ENSINA A MATÉRIA DE UMA FORMA MAIS LÚDICA, E, ÀS VEZES, NEM É UMA MATÉRIA MESMO, E, SIM, COISAS QUE REALMENTE VÃO TE AJUDAR AO LONGO DA VIDA, TE FORMAR COMO PESSOA, E ISSO QUE É IMPORTANTE!

UM DOS PONTOS NEGATIVOS DESSE MÉTODO É QUE OS VESTIBULARES NÃO NOS AVALIAM ASSIM, ENTÃO, ÀS VEZES, NÓS ACABAMOS PERDENDO MATÉRIA DE VESTIBULAR PARA APRENDER COISAS INTERESSANTES (EXATAMENTE, INFELIZMENTE O VESTIBULAR NÃO COBRA ESSE TIPO RICO DE CONHECIMENTO, O QUE ME DEIXA, PELO MENOS, DECEPCIONADO, PORQUE NÃO É BITOLANDO O ALUNO QUE SE FORMA UMA PESSOA MELHOR).

O MÉTODO PERFEITO, PARA MIM, SERIA UMA JUNÇÃO DOS DOIS, ESSE MÉTODO QUE EU PENSO EXIGIRIA COMPROMISSO DO ALUNO E VONTADE DE ESTUDAR. O PROFESSOR NA SEMANA ANTERIOR FALARIA QUAL SERIA A MATÉRIA DA PRÓXIMA SEMANA, E O ALUNO ESTUDARIA EM CASA E NA ESCOLA SÓ TIRARIA DÚVIDAS, E O PROFESSOR ATÉ PODERIA DAR UMA PASSADA RÁPIDA NA MATÉRIA. É, TAMBÉM, É CLARO, TIRAR DÚVIDAS, FINALIZADA ESSA ETAPA, AINDA NA MESMA AULA, NOS 40/30 MINUTOS FINAIS, PODERÍAMOS IR PARA A PARTE PRÁTICA, COLOCAR A MÃO NA MASSA (A PARTE LEGAL DO NEGÓCIO).

ME DEIXA MUITO TRISTE O MÉTODO QUE SOMOS AVALIADOS, PORQUE PARA MUITA PESSOAS (COMO EU) NÃO FUNCIONA, E NOSSO FUTURO É DECIDIDO ASSIM, E, ÀS VEZES, NÃO É NEM QUE NÃO ENTENDEMOS NEM NADA, SE O PROFESSOR CONVERSAR COM A GENTE SOBRE A MATÉRIA OU ALGO DO TIPO, VAMOS CONSEGUIR DESENVOLVER BEM, MAS UM PEDAÇO E PAPEL PARA DEFINIR MEU FUTURO... NÃO ME SINTO BEM DESSA FORMA. **(GE)**

APESAR DOS PONTOS POSITIVOS, O MÉTODO AINDA PRECISA DE ADAPTAÇÕES PARA QUE SE TORNE CONFORTÁVEL ÀQUELES QUE APRENDEM MELHOR ATRAVÉS DA MATÉRIA ENSINADA NO QUADRO, COMO FEITO TRADICIONALMENTE. SERIA POSSÍVEL FAZER UMA MESCLA ENTRE O MÉTODO CONTEUDISTA E A NOVA DINÂMICA DE EQUIPES, DE FORMA QUE O PROFESSOR APRESENTE UMA SITUAÇÃO PARA QUE OS ALUNOS SOLUCIONEM-NA, E ENQUANTO ISSO, VÁ ESCRREVENDO NO QUADRO A MATÉRIA RELACIONADA AO PROBLEMA E COMO ESSE CONHECIMENTO PODE SER UTILIZADO PARA TAL, POR EXEMPLO. **(GM)**

Considerar os desafios atuais para a formação de novos alunos no Ensino Médio requer um processo de reflexão sobre a prática docente, a fim de torná-la consciente. O papel da educação na sociedade da informação e do conhecimento requer ousadia e coragem para assumir riscos, cometer erros, acertar e, principalmente, acreditar que a experiência faz parte do processo de aprendizado dessa nova educação. Com base nesse pressuposto, é necessário revisar as metodologias, formas de avaliação, gestão e práticas educacionais.

É mister dizer que a metodologia PBL não é a solução para todos os males que afetam o Ensino Médio. Também não oferece garantia de sucesso no vestibular, colocação no mercado de trabalho ou uma carreira bem-sucedida para os estudantes que são formados através dele.

A PBL não fornece um ambiente de aprendizado aceitável para todos os alunos e professores. É notório que os estudantes têm estilos de aprendizagem diferentes e alguns podem não se adequar a um ambiente de aprendizado autodirigido e colaborativo. A metodologia PBL também não parece ser um modelo instrucional que serve a todos os professores.

O método PBL não serve a todos, todavia serve a muitos. Embora acrescente um certo grau de imprevisibilidade e aumente a quantidade de tempo dedicada, o PBL pode contribuir consideravelmente para aumentar a satisfação do professor com as atividades de ensino e estimular seu desenvolvimento profissional através dos desafios intelectuais propostos pelos estudantes, como foi comprovado pela experiência descrita neste livro.