

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – ICEB
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências - MPEC

**BIOMEMBRANAS E O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO CURSO DE CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS: UMA ANÁLISE SOB A ÓPTICA DO ENGAJAMENTO
DISCIPLINAR PRODUTIVO**

CLÁUDIO HENRIQUE DE SOUZA FERNANDES

Ouro Preto
Dezembro, 2018

CLÁUDIO HENRIQUE DE SOUZA FERNANDES

**BIOMEMBRANAS E O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO CURSO DE CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS: UMA ANÁLISE SOB A ÓPTICA DO ENGAJAMENTO
DISCIPLINAR PRODUTIVO**

Dissertação apresentada à Comissão de Avaliação Prévia do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora: Prof^a. Dra. Uyrá dos Santos Zama

Área de Concentração: Biologia

Ouro Preto
Dezembro, 2018

F39b

Fernandes, Claudio Henrique de Souza.

Biomembranas e o ensino por investigação no curso de ciências biológicas [manuscrito]: uma análise sob a óptica do engajamento disciplinar produtivo / Claudio Henrique de Souza Fernandes. - 2018.

122f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Uyrá dos Santos Zama.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Ensino Básico e Educação Superior (Física, Química, Biologia).

1. Citologia. 2. Aprendizagem experimental. I. Zama, Uyrá dos Santos. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 576.3



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado

Aos dezoito dias do mês de dezembro do ano de dois mil e dezoito, na Sala de Seminários do Departamento de Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB), desta Universidade, às 14 horas e 00 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta por Prof.^a Dr.^a Uyrá dos Santos Zama, orientadora do trabalho e presidente da banca, Prof.^a Dr.^a Glenda Samara Dias Santos, membro externa ao Programa, e Prof.^a Dr.^a Luciana Hoffert Castro Cruz, membro interna ao MPEC. A reunião teve por objetivo julgar o trabalho do aluno Cláudio Henrique de Souza Fernandes, intitulado "*Biomembranas e o Ensino por Investigação na Educação Superior*".

Em sessão pública, os trabalhos foram abertos pela presidente da banca e a seguir foi dada a palavra ao estudante para apresentação do trabalho. Na sequência, cada examinadora arguiu o examinado. Terminadas as arguições, procedeu-se o julgamento do trabalho, concluindo a banca examinadora por sua:

Aprovação.

Aprovação com ____% de aproveitamento, condicionada à entrega de revisão proposta pela banca em até 60 (sessenta) dias.

Reprovação.

Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da banca examinadora e pelo candidato.

Ouro Preto, 18 de dezembro de 2018.

Presidente

Membro Externa

Membro Interna

Candidato

“A consistência e a persistência não são remédios da alma, são ferramentas da mente! E quando você não as usa, mais se deterioram, ensinando você a desistir de tudo que te põe a prova” (Paulo Muzy)

AGRADECIMENTO

Primeiramente a minha família por me apoiarem a investir em meus estudos como fonte inesgotável de conhecimento.

Aos meus amigos que de alguma forma contribuíram para que eu concluísse mais essa etapa da minha vida.

Ao MPEC e a todos os professores por me proporcionarem adentrar no conhecimento das ciências, ao enriquecimento de práticas educacionais e aos amigos e colegas que o programa me proporcionou conhecer e aprender com eles.

Em especial à Professora Uyrá que me acolheu com seu ar de mãe desde o princípio, pelo carinho, atenção e por me acompanhar nessa caminhada e os percalços passados.

RESUMO

A biologia celular é encantadora e desafiadora para alunos e professores por demandar uma grande capacidade de abstração para a compreensão de seus componentes, organização e processos. Por isso, vimos a necessidade de criar mecanismos mediadores em seu método de ensino, como as aulas práticas. Neste trabalho propusemos uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) pela qual realizamos a ressignificação de uma aula prática inserida no contexto das Biomembranas, no início da disciplina de Biologia Celular, na formação inicial de professores de Biologia. Nosso intuito foi aprimorar a aprendizagem dos participantes, gerando uma possível mudança no comportamento dos discentes, os tornando mais receptivos aos conteúdos trabalhados durante o processo pedagógico e ao longo da disciplina, possibilitando um maior envolvimento crítico dos alunos com a Biologia Celular. Na construção da sequência propusemos duas atividades práticas demonstrativas investigativas, que suscitavam dois questionamentos principais: *“Como e quais elementos podem interferir na integridade da membrana ao ponto de desorganizá-la?”* e *“Mesmo íntegra, a membrana é intransponível?”*. A partir disso, os participantes elaboraram hipóteses para os fenômenos observados, interagiram entre eles e com o professor mediador reconstruindo e ampliando o conhecimento. Analisamos as hipóteses, sua ressignificação, o comportamento dos alunos e a qualidade do engajamento desenvolvido. Como metodologia utilizamos Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP), cujos fundamentos de problematização, concessão de autoridade, oferecimento de recursos e responsabilização foram alcançados. Do EDP emergiram três categorias de análise: (1) Construção de relações explicativas, (2) Trabalho colaborativo entre os alunos e (3) Contribuição para a discussão, que nos permitiram considerar a metodologia investigativa promissora para a promoção da aprendizagem em Biologia Celular.

Palavras-chave: Biologia Celular; Ensino por investigação; Sequência de Ensino Investigativa; Experimento demonstrativo investigativo; Engajamento Disciplinar Produtivo.

ABSTRACT

Cell biology is charming and challenging for students and teachers because it requires a great capacity for abstraction to understand its components, organization and processes. Therefore, we have seen the need to create mediating and innovative mechanisms in its teaching method, such as practical classes. In this work we propose a Sequence of Inquiry Teaching (SIT) by which we perform the re-signification a practical class inserted in the context of Biomembranes, at the beginning Cell biology discipline, in the initial training of Biology teachers. Our intention was to improve the students' learning, generating a possible change in the students' behavior, making them more receptive to the contents worked during the pedagogical process and throughout the course, allowing a greater critical involvement of the students with the Cell Biology. In the construction of the sequence, we proposed two practical demonstrative inquiry activities, which elicited two main questions: "How and what elements can interfere in the integrity of the membrane to the point of disorganizing it?" And "Even intact, is the membrane insurmountable?" From this, the participants elaborated hypotheses for the observed phenomena, interacted with them and with the mediating teacher reconstructed and expanded the knowledge. We analyzed the hypotheses, their resignification, the students' behavior in the development and the quality of the engagement developed. As methodology we use Productive Disciplinary Engagement (PDE), whose fundamentals of problematization, empowerment, resource offering and accountability were achieved. From PDE, three categories of analysis emerged: (1) Construction of explanatory relations, (2) Collaborative work among students and (3) Discussion contribution, which allowed us to consider the promising inquiry methodology for promoting learning in cell biology.

Keywords: Cell biology; Research teaching; Research didactic sequence; Experimental inquiry demonstration; Productive disciplinary engagement.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO:	11
QUEM ESCREVE E DE ONDE ESCREVE	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR	16
2.2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	23
2.3 ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO (EDP)	26
3 OBJETIVOS	28
3.1 OBJETIVO GERAL	28
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
4 METODOLOGIA	29
4.1 DEFINIÇÃO DOS PARTICIPANTES	29
4.2 COMPOSIÇÃO DO PRODUTO	29
4.4 METODOLOGIA DA ANÁLISE DE DADOS	34
4.4.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO EDI “O EFEITO DO SOLVENTE ORGÂNICO ACETONA, DO DETERGENTE, DA ÁGUA E DA TEMPERATURA NAS MEMBRANAS”	34
4.4.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO EDI “EFEITO DA OSMOSE SOBRE UMA FATIA DE BATATA SUBMERGIDA EM ÁGUA E EM SOLUÇÃO SALINA”	36
4.4.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO EDP DOS ESTUDANTES	37
4.4.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 ANÁLISE DOS RELATÓRIOS	39
5.1.1 O EFEITO DO SOLVENTE ORGÂNICO ACETONA, DO DETERGENTE E DA ÁGUA NAS MEMBRANAS	39
5.1.2 O EFEITO DA TEMPERATURA NAS MEMBRANAS BIOLÓGICAS	52
5.1.3 O EFEITO DA OSMOSE SOBRE UMA FATIA DE BATATA SUBMERGIDA EM ÁGUA E EM SOLUÇÃO SALINA	54

5.2 ANÁLISE DO ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO DOS ESTUDANTES.....	58
5.3 QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO	72
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
8 ANEXOS	88
ANEXO 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA A PESQUISA.....	88
ANEXO 2: DECLARAÇÃO DE CUSTOS DA PESQUISA	91
9 APÊNDICES.....	92
APÊNDICE 1: MANUAIS DE AULAS PRÁTICAS.....	92
APÊNDICE 2: QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO.....	96
APÊNDICE 3: PRODUTO.....	97

APRESENTAÇÃO:

QUEM ESCREVE E DE ONDE ESCREVE

Iniciei minha vida acadêmica no ano de 2009, para ser mais exato no segundo semestre, no curso de Ciências Biológicas na PUC Minas e no primeiro período do curso não tinha muita ideia da real amplitude que tal profissão poderia ter. Já no segundo período resolvi tentar um estágio e para isso recorri ao colégio no qual concluí meu Ensino Médio. Fui contratado como laboratorista e achava tal função o máximo, pois assessorava na montagem das práticas e de certo modo auxiliava os alunos na resolução dessas práticas, mesmo que escassas. Contudo, mesmo obtendo um certo conhecimento na área, aquilo ainda não me era o suficiente, pois as práticas não aconteciam com frequência, o que me fazia assumir papéis para os quais não havia sido contratado, e tal situação nunca me agradava.

Resolvi encarar novos planos dentro do curso, pensei em tentar iniciação científica e trabalho com répteis, mas todos eram muito pouco remunerados e eu não podia me dar ao luxo de pagar para trabalhar. Por esse motivo, voltei à educação, como técnico de laboratório em outro colégio particular, e em conjunto atuava também como monitor de uma disciplina de Tecnologia na Educação. Nesse período aprendi bastante, compreendia a importância das práticas no ensino de biologia e como era recompensador ver os rostos dos alunos ao verem as “mágicas” que ocorriam no laboratório e entender por elas, os processos biológicos.

Tempos mais tarde, mais próximo da formatura, em 2013, tive uma oportunidade de emprego, também como laboratorista, em outro colégio particular capital mineira. Nesse momento me sentia pleno, em meu espaço particular: o laboratório. Mesmo possuindo uma maior desenvoltura, confiança e conhecimentos técnicos, eu tinha a visão de apenas um lado da moeda: sabia da importância das práticas, mas não tinha a vivência de um professor. Pouco tempo depois me ofereceram para lecionar em uma turma da instituição no ensino fundamental e então comecei a ter uma noção mais ampla acerca do funcionamento das práticas e sentia que apenas comprovar o dito em aula com essas experiências, não era tão significativo assim. Sentia a necessidade de alterar o modo como as práticas aconteciam, porém não sabia como.

No final de 2015, me submeti ao processo seletivo do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências na Universidade Federal de Ouro Preto e ingressei na turma de 2016 sob orientação da Prof. Dra. Uyrá Zama. No princípio, em nossas primeiras conversas, comentei sobre a intenção de publicar um livro de práticas para serem utilizadas em laboratório e também comentei sobre a minha inquietação a respeito de como as práticas se desenvolviam como um mecanismo de verificação de teorias pelas quais os alunos não realizavam. O tempo foi passando e a conversa amadureceu, enfim juntos delineamos a nossa pesquisa e ao invés de criarmos um manual, nos propusemos a ressignificar as práticas e meu papel como laboratorista e docente. Escolhemos o ensino de biologia celular utilizando o ensino investigativo, que me foi apresentado pela Prof. Dra. Uyrá Zama e assim, prossigo na minha trajetória...

1 INTRODUÇÃO

O professor tem o papel de auxiliar na construção de uma nova visão sobre um tema com os estudantes que medeia a compreensão do mundo, propiciando aos alunos habilidades como representação, comunicação, investigação, compreensão e contextualização sociocultural (BRASIL, 2002). Além dessas funções, vários educadores, consideram que a biologia auxilia na preparação dos jovens a resolver e enfrentar problemas, implicações sociais da ciência e tecnologia, motivando-os para dimensões em diversos tópicos como ambiental, filosófico, cultural, histórico e médico (KRASILCHIK, 2008).

Um dos ramos que compõe a biologia é a biologia celular, considerado complexo, e não muito fácil de ser lecionado, o que dificulta que discentes se apropriem do conteúdo. Isso, possivelmente, se deve ao fato das estruturas não serem visíveis a olho nu, com a existência de terminologias rebuscadas, encontradas na biologia de uma maneira geral, e a conceitos que ainda não são comuns aos alunos. Tais dificuldades podem gerar um distanciamento no entendimento dos processos complexos e a compreensão dos fenômenos que estão interligados. Associado a isso, o educador comumente, por comodismo, ausência de formação adequada, facilidade ou até estrutura na instituição, utiliza-se de recursos não inovadores como pincel e giz ampliando barreiras e dificultando boas práticas e ações eficazes no ensino da biologia celular (COSTA, 2017).

Em geral, o ensino de biologia celular na sala de aula está relacionado às experimentações laboratoriais e no momento em que essa atividade se faz sobre um conteúdo executado em sala de aula, espera-se que o aluno amplie sua visão dos fenômenos que acontecem a sua volta, fomentando discussões dentro da sala de aula, além disto, oportuniza o desenvolvimento do respeito à opinião do próximo (LEITE *et al.*, 2008). Berezuk e Inada (2010) afirmam que as aulas práticas são necessárias para os discentes para que eles tenham um aprendizado eficiente e estruturado, principalmente quando se fala em discentes do curso de Ciências Biológicas. Os mesmos autores ainda ponderam que, nas aulas práticas, os alunos resolvem problemas, exercitam o raciocínio e são incitados ao desafio, porém é necessária uma mudança nas execuções das práticas, uma ressignificação delas, deixando de serem apenas ilustrativas.

Em geral, essas práticas realizadas têm um cunho demonstrativo assim como Borges (2002, p. 296) afirma que:

O objetivo da atividade prática pode ser o de testar uma lei científica, ilustrar ideias e conceitos aprendidos nas 'aulas teóricas', descobrir ou formular uma lei acerca de um fenômeno específico, 'ver na prática' o que acontece na teoria, ou aprender a utilizar algum instrumento ou técnica de laboratório específica.

Essas atividades não fazem com que o aluno pense por si só ou, com que ele se torne um indivíduo ativo na construção do seu conhecimento. Na busca por novos caminhos nos deparamos com o ensino por investigação. Nessa proposta, o aluno, com auxílio do professor, busca solucionar questões e problemas propostos pelos próprios alunos ou pelo docente, a levantar hipóteses e testá-las das mais variadas formas. Desse modo, uma mesma prática que era utilizada para a confirmação de um fato, poderia ser reformulada de uma maneira que o discente interaja e busque seu conhecimento sobre um determinado fato e não apenas visualize ou confirme um determinado resultado (SÁ, *et al.*, 2007; SILVA e MORTIMER, 2016; MUNFORD e LIMA, 2007; AZEVEDO, 2004).

Nesse contexto, o presente trabalho propõe montar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) seguindo os conceitos abordados por Carvalho (2013), envolvendo a temática da Biologia Celular, pautada no ensino de Biomembranas, e aplicando-a para graduandos em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). A sequência foi desenvolvida e influenciada também pelos relatos e preocupações de uma professora que leciona Biologia Celular no curso de licenciatura em Ciências Biológicas, na mesma universidade, com objetivo de ensinar “*a estrutura e a composição de uma Biomembrana*” e o quanto esta organização é espontânea/estável, dependendo apenas do caráter anfipático das moléculas de lipídios e proteínas no meio celular aquoso, em uma condição de fluidez ideal. A atividade apresenta dois Experimentos Didáticos Investigativos, muito difundidos na educação básica e em manuais de aulas práticas. Neles, o professor executa a experiência e os discentes propõem hipóteses para sua solução, de maneira que sua realização seja concomitante com o conteúdo trabalhado, fundamentando a aula e os Experimentos Didáticos em problematização (CARVALHO, 2013). De tal maneira que o processo pedagógico seja mais dialógico, propiciando ao aluno a oportunidade de desenvolver um raciocínio investigativo sobre assunto. A metodologia de análise da

sequência será fundamentada no conceito de Engajamento Disciplinar Produtivo (EDP), proposto por Engle e Conant (2002), que se baseia em mensurar o quanto o aluno está disposto, engajado, ativo e motivado com a aplicação de uma determinada abordagem.

Baseado nesta estratégia pretendemos compreender **em que medida uma prática investigativa pode auxiliar no ensino de Biomembranas, dentro de uma disciplina de Biologia Celular, para alunos do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto.**

Nesse contexto, consideramos que o trabalho seria de grande riqueza e importância no crescimento profissional. Além disso, tal estudo poderá contribuir com a disseminação do ensino por investigação no território brasileiro, já que o mesmo não é muito explorado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR

Primeiramente, buscaremos o significado de célula, em um dicionário acessível a qualquer leitor, no qual encontramos o seguinte conceito: Célula = Unidade básica, microscópica, de qualquer organismo vivo, exceto dos vírus, de forma variável, constituída de núcleo, que contém material genético, citoplasma e organelas, todos circundados por uma membrana (MICHAELIS, 2016). Para as pessoas leigas no assunto, tal significado pode soar satisfatório, entretanto se considerarmos todos os tipos celulares, como os procariotos, estes não são dotados de organelas citoplasmáticas, como exposto acima. Ademais, na definição não existe uma especificação quanto ao núcleo, gerando uma interpretação dúbia e em alguns casos errônea, caso seja considerado o núcleo como sendo uma estrutura conglomerada, o que de fato também não ocorre em células desprovidas de membrana nuclear. Alberts *et al.* (2017, p.1) define célula como:

[...] pequenas unidades, delimitadas por membrana, preenchidas com uma solução aquosa concentrada de produtos químicos e dotadas de extraordinária habilidade de criar cópias de si mesmas por meio de seu crescimento [...].

O termo célula foi cunhado por Robert Hooke, em 1665, após observar pedaços de parede celular, já sem vida, de uma cortiça em um microscópio óptico simples. Posteriormente, passado por vários estudos envolvendo tecidos de animais e plantas Mathias Schleiden e Teodor Schwann propuseram, em 1838, a Teoria Celular. Na qual todo ser vivo é composto por uma unidade básica: a célula, tal estrutura somente origina-se a partir de outra célula já preexistente. Sendo considerada como a unidade fundamental de todos os organismos vivos (COOPER e HAUSMAN, 2016).

Por ser uma unidade básica para a biologia, a célula merece um estudo aprofundado e coeso de suas partes, composição e funções. Sendo assim, a ciência que a estuda é conhecida como citologia (do grego *kytos* = célula e *logos* = estudo) atualmente chamada de biologia celular (SANTIAGO, 2015). Essa ciência é contemplada com uma disciplina do currículo básico dos cursos de Ciências Biológicas pelo Conselho Nacional de Educação (Parecer CNE/CES 1.301/2001) no

qual o graduando poderá adquirir conhecimento sobre sua estrutura molecular, função, mecanismos fisiológicos de regulação e interação celular.

Freitas *et al.* (2009, p. 2) reitera a importância de trabalhar o tema biologia celular:

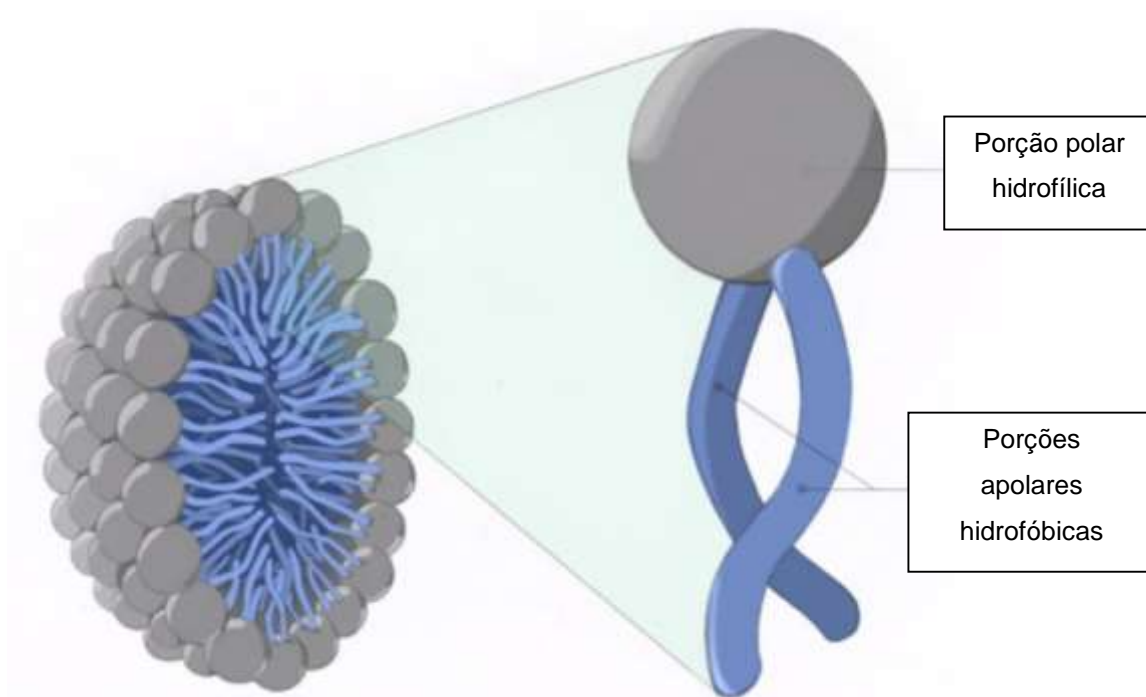
[...] por acreditar que a importância de estudar tal tema está na ideia de que esse conhecimento é fundamental para se entender os seres vivos, as funções e complexidade, além de ser também mais uma forma de se ensinar conceitos de equilíbrio e sistema para a formação crítica dos estudantes. A biologia celular é um estudo detalhado dos componentes celulares, os quais são de essencial importância para a vida da célula e, de uma forma mais geral, a para entender os seres vivos.

Como mencionado, temos a célula como integrante central da biologia celular e que pode ser dividida em dois grandes grupos: procariontes e eucariontes. Cooper e Hausman (2016) diferenciam essas células da seguinte maneira: procariontes são aquelas que são circundadas por uma parede celular rígida contendo peptídeos e polissacarídeos, sendo que no seu interior existe a presença de uma membrana plasmática que separa o meio funcional, interno, do externo. O material genético se apresenta de maneira circular, localizado no nucleóide, não apresentam envelope nuclear, são menores, mais simples e apresentam ribossomos; já os eucariontes possuem um núcleo, no qual o material genético se mantém separado do citoplasma, são maiores, mais complexas e possuem organelas citoplasmáticas. Além destas características as células possuem no seu entorno uma membrana plasmática ou celular que possui diversas funções como: proteção, seleção de substâncias que entram e saem da célula, recepção de sinais, fazendo comunicação e adesão com células vizinhas, processo que é fundamental para a criação dos tecidos. (ALBERTS *et al.*, 2017; COOPER e HAUSMAN, 2016)

Com o surgimento da microscopia eletrônica tivemos avanços, conseguindo assim visualizar melhor as estruturas presentes no interior da célula e em seus limites, como a membrana. Em conjunto com ensaios bioquímicos, estudos fisiológicos e de transporte através da membrana conseguiu-se delinear melhor essa estrutura que envolve a célula, sendo possível identificar os elementos que a formam e a sua organização. As membranas são compostas por carboidratos, proteínas e lipídios, estes últimos são basicamente os fosfolipídios e em menor grau, o colesterol das células animais. Os fosfolipídios são moléculas anfipáticas (parte hidrofílica polar e parte hidrofóbica apolar) compostas por duas caudas de ácidos graxos hidrofóbicos e

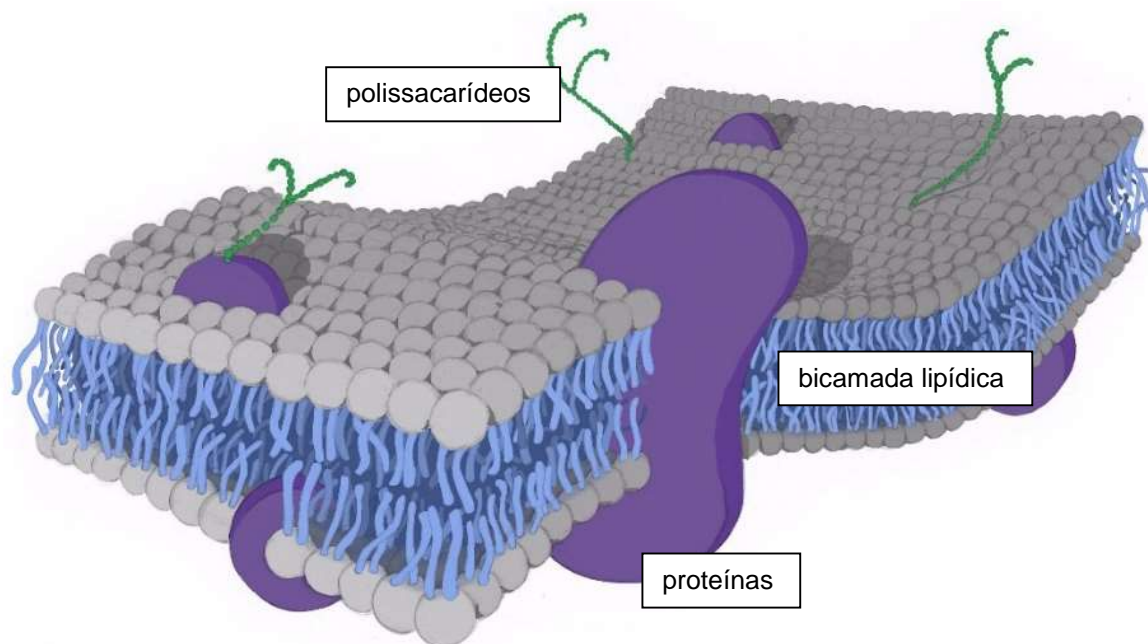
uma cabeça hidrofílica contendo um grupamento fosfato. Um conjunto dessas substâncias em solução aquosa, formam espontaneamente micelas ou bicamadas fosfolipídicas, nas quais as caudas hidrofóbicas ficam “escondidas” no interior da estrutura e as cabeças polares hidrofílicas ficam expostas para todos os lados em contato com a água. Portanto, elas realizam isso de duas maneiras, ou em duas etapas, dependendo do número de moléculas de fosfolipídios envolvidos: micelas, estrutura esférica e compacta em que as caudas hidrofóbicas são direcionadas para o centro da organização (Figura 1) ou bicamadas, formadas por duas lâminas de fosfolipídios nas as caudas hidrofóbicas são direcionadas para umas em direção as outras em cada monocamada e as cabeças hidrofílicas se voltam para ambos os lados internos e externos dos compartimentos aquosos (Figura 2) (ALBERTS *et al.*, 2017; COOPER e HAUSMAN, 2016; SANTIAGO, 2015).

Figura 1 – Representação de uma micela evidenciando um fosfolipídio



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Figura 2 – Representação de uma membrana plasmática, onde podem ser observados os fosfolípidios organizados em bicamadas, sendo um monocamada com as caudas hidrofóbicas voltadas para as outras. As estruturas aparentemente maciças que atravessam ou se associam aos lipídios são as proteínas e as ramificadas são as porções de polissacarídeos.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Alberts *et al.* (2017) comenta que a força que mantém os lipídios unidos na bicamada também confere a propriedade de autosselamento. Quando uma pequena abertura é criada, fazendo com que haja contato com a água do meio externo ou interno, os lipídios se reagrupam espontaneamente, de tal maneira a “selar” ou ocluir o espaço aberto. Esse mecanismo faz com que a membrana não possibilite a existência de bordas, sendo essencial para a manutenção de células vivas.

Cooper e Hausman (2016) afirmam que existem duas características importantes para a organização das membranas celulares. A primeira é a capacidade do seu funcionamento como barreira entre dois meios aquosos, já a segunda é a natural capacidade da membrana apresentar característica de fluido viscosos, de tal maneira, que as longas cadeias de fosfolípidios possibilitem a livre movimentação por entre as moléculas da bicamada, conferindo maleabilidade e flexibilidade. Além disso,

as proteínas e lipídios que compõe a membrana possuem a livre capacidade de locomoverem-se lateralmente pela membrana.

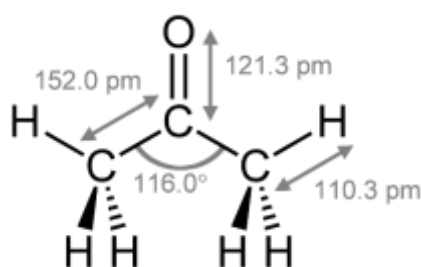
Alberts *et al.* (2017, p. 617) descrevem a membrana (Figura 2) como:

[...] uma fina película de moléculas de lipídios e proteínas unidas principalmente por interações não covalentes. As membranas celulares são estruturas dinâmicas, fluidas e a maioria de suas moléculas move-se no plano da membrana. As moléculas lipídicas são organizadas como uma camada dupla contínua de cerca de 5 nanômetros de espessura. Esta bicamada lipídica proporciona a estrutura fluida básica da membrana e atua como uma barreira relativamente impermeável à passagem da maioria das moléculas solúveis em água. As moléculas proteicas que atravessam a bicamada lipídica medeiam quase todas as funções da membrana, por exemplo, transportando moléculas específicas através dela.

Há uma relação variável da massa das proteínas em relação a dos lipídios existentes nas membranas, pois estes componentes se adequam a funcionalidade específica daquele compartimento que delimitam. Entretanto, assumimos que na maioria dos casos há aproximadamente 50% de massa para ambas substâncias nas membranas plasmáticas (COOPER e HAUSMAN, 2016; ROCHA, 2016).

Os lipídios desempenham a função de estabilizadores na membrana conferindo papel importante na sua estruturação. Existem substâncias que podem alterar esse funcionamento estabilizador, como é o caso da acetona (Figura 3). Esse reagente possui uma composição polar sendo seu grupo funcional (com afinidade pela água) e também possui uma cadeia carbônica apolar (hidrofóbica). Essa última por sua vez, tem ação sobre as caudas dos ácidos graxos presentes na membrana, que são solubilizados, e nas porções hidrofóbicas das proteínas desnaturando esses componentes que proporcionam estabilidade à membrana (ALBERTS, *et al.*, 2017; GALVÃO, *et al.*, 2012).

Figura 3 – Organização molecular da acetona



<http://www.hbcpNetbase.com>

As proteínas por sua vez realizam funções específicas na membrana fornecendo dessa maneira características e propriedades exclusivas. São reconhecidas duas importantes classes de proteínas na membrana: as proteínas periféricas e as proteínas integrais. As primeiras são proteínas que são dissociadas depois de entrarem em contato com pH extremos e altas concentrações de sais, não sendo encontradas no interior hidrofóbico da membrana. Já as últimas, são compostos que se dissociam apenas quando ocorrem rompimentos na bicamada lipídica, tais proteínas atravessam a membrana sendo expostas de ambos os lados. As principais substâncias que realizam tal dano na bicamada lipídica possuem caráter anfipático, como por exemplo, o detergente. A sua região hidrofóbica, realiza ligações com as regiões hidrofóbicas das proteínas da membrana deslocando-as dos lipídios, formando complexos proteínas-detergente, além disso, como as proteínas permeiam os lipídios que compõe a bicamada, a remoção de um número significativo delas geram inúmeras descontinuidades de bicamada lipídica, inviabilizado o autosselamento e promovendo o micelamento dos fosfolipídios. A outra região hidrofílica ou *polar* tem poder desnaturante afetando as diversas proteínas que compõe a membrana (ALBERTS, *et al.*, 2017; COOPER e HAUSMAN, 2016; GALVÃO, *et al.*, 2012).

A membrana também realiza comunicação com o meio externo e, também, necessita de substâncias presentes nesse meio. Toda membrana possui uma permeabilidade, entretanto, não é qualquer substância que penetra na célula, por isso dizemos que ela possui uma permeabilidade seletiva, ou seja, algumas substâncias entram e outras não. Este controle é de suma importância para que as células possam manter sua homeostasia e sejam funcionais. Certos sais minerais, como sódio e potássio, possuem um importante papel na regulação da concentração de soluto no interior celular, controlando assim, a osmolaridade do citoplasma (ALBERTS *et al.*, 2017; ROCHA, 2016).

Existem proteínas, denominadas aquaporinas, especializadas no controle e passagem de água através da membrana. Assim, por entre elas, a água se movimenta para fora ou dentro da célula de acordo com o gradiente de concentração do soluto, em um processo passivo, denominado osmose (ALBERTS *et al.*, 2017).

É sabido que há uma dificuldade na compreensão desse processo de osmose. Autores como Orlando *et al.* (2009) e Bastos (1992) alegam que o ensino de biologia celular é considerado como um dos conteúdos de maior abstração já que seu objeto

de estudo não está visível a olho nu. Pelo fato da célula ser observável apenas ao microscópio, ela se aparenta como uma unidade estrutural, um bloco que constitui os seres vivos, moldado por uma membrana. A aprendizagem destes conceitos sobre osmose, permeabilidade seletiva, composição da membrana plasmática e seus conteúdos similares tornam-se penosos caso o aluno não tenha um raciocínio elaborado.

Segundo Fogaça (2006) acredita-se que a principal dificuldade do ensino de biologia celular é a incapacidade de visualizar fenômenos discutidos durante as aulas. Além disso, a mesma autora afirma que os estudantes novatos se deparam com grande massa de conteúdos, nomes, conceitos, sendo que a maioria deles caracterizados como “objetos sem atributos observáveis diretamente (OSAOD)” (FOGAÇA, 2006, p. 10).

Nas aulas de biologia celular, a ausência ou incapacidade de reconhecer e entender os processos tratados nas aulas pode implicar no baixo desenvolvimento da autonomia e na compreensão dos conceitos (FOGAÇA, 2006). Na educação superior tal dificuldade pode estar atrelada a baixa qualidade do ensino, desmotivação e desinteresse ou até pelo fato de o professor não dominar tal tema (RAIMUNDO, 2017).

Já para Mendes (2010), na visão dos estudantes, a biologia celular pode ser uma disciplina considerada “conteudista” e abstrata. Essa reputação se dá pela grande quantidade de conceitos e informações que fazem parte da matéria como, por exemplo: distinção das organelas celulares, processos internos, mitose e meiose, síntese de proteínas e entre outros. Além desse ponto, o autor ainda considera que muitos alunos do Ensino Médio, que estão em busca do Ensino Superior, frequentam escolas com currículos e metodologias tradicionais, no qual o ensino é voltado para a memorização e um amontoar de informações com o objetivo de uma aprovação em uma universidade.

Pedracini *et al.* (2007), entretanto afirmam que além da complexidade de conceitos abarcados na biologia celular, em conjunto com a forma com o qual o conteúdo é exposto aos alunos, dificultam a aprendizagem das estruturas e o entendimento a respeito do funcionamento básico dos seres vivos. Além disso, o tema citologia foi citado como o tema de maior dificuldade para lecionar por parte de futuros professores (PETROVICH *et al.*, 2014).

2.2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Diversos autores apontam a importância da experimentação ou aulas práticas no ensino de biologia (HODSON, 1996; BORGES, 2002; AZEVEDO, 2004). Krasilchick (2008) defende que essas aulas têm a função de despertar o interesse do aluno; desenvolver habilidades; envolver os alunos em investigações científicas; desenvolver a capacidade de resolver problemas e a compreensão de conceitos básicos. Ainda sob o ponto de vista da autora, nas aulas práticas, os alunos têm desafios no raciocínio e na imaginação quando são colocados de frente a resultados não previstos.

Desse modo, resgatar atividades que promovam um ensino de biologia mais atraente e que estimule o estudante é de grande importância para a formação dos indivíduos, para que estes estejam preparados e tenham uma visão crítica neste processo de ensino e aprendizagem (ORLANDO *et al.*, 2009).

No histórico da educação científica a demanda pelo ensino por investigação não é recente, nos Estados Unidos diferentes propostas já se apresentavam desde o século XIX, período em que havia embates sobre a incorporação da disciplina de ciências na grade escolar. Tais propostas convergiam dizendo que era necessário, para aprender ciências, a execução de práticas similares às realizadas por cientistas (SILVA e MORTIMER, 2016). Entretanto, hoje sabemos que no ensino por investigação não é exclusivamente necessário o uso de práticas de laboratório ou atividades experimentais como comumente as pessoas acreditavam. O fato da prática exigir materiais utilizados em laboratórios não quer dizer que ela será considerada investigativa, podendo ser meramente expositiva. (MUNFORD e LIMA, 2007).

No ano de 1996 foram publicados os Parâmetros Curriculares Nacionais Norte-Americanos (National Science Education Standards) que recomendam o uso do ensino por investigação nas escolas. Além disso, permitiu com que o leitor criasse sua própria interpretação sobre a abordagem investigativa a partir de definições e exemplos de atividades disponíveis no texto (MUNFORD e LIMA, 2007; SILVA e MORTIMER, 2016).

No ensino tradicional, o conhecimento é transmitido ao aluno pelo docente sendo estimulada a sua memorização, essa última, averiguada por meio de testes. Essa linha de ensino todo o raciocínio está voltado no professor, cabendo ao aprendiz segui-lo e não sendo agente da confecção do raciocínio. Todavia, o ensino investigativo pode ser considerado uma estratégia inovadora, e centrada no aluno, tal

estratégia implica na transição do método tradicional de ensino, sendo que as atividades investigativas não devem ser limitadas apenas a manipulação de objetos, como já dito acima, devendo ter características em que o problema leve o aluno a pensar, discutir, refletir, explicar e relatar questões sobre um problema. Quando tal estratégia é realizada, o docente transfere a construção do raciocínio para o aluno e assume um papel na orientação acerca das reflexões dos alunos. Para que isso aconteça, a atividade em questão deve conter algumas características: engajamento dos alunos com perguntas científicas; prioridade às evidências ao responder as questões; formular explicações a partir das evidências; comunicar e justificar suas explicações. Contudo, não é necessário que todos esses elementos estejam apresentados na investigação. Outros fatores chave a serem considerados na aplicação e desenvolvimento das práticas investigativas é a disponibilidade de tempo, os conceitos a serem abordados, a disponibilidade de recursos financeiros, especificidades da turma e a experiência do docente na abordagem investigativa (AZEVEDO, 2004; CARRAHER, 1986; CARVALHO, 2013; IPATINGA, 2011; MUNFORD e LIMA, 2007; SILVA e MORTIMER, 2016; WILSEK e TOSIN, 2012).

Carvalho (2013) pondera a importância do erro nessa prática. A conscientização do professor a respeito do erro do aluno é de suma importância. A possibilidade de o aluno acertar na primeira vez é difícil, dependendo do conteúdo que for abordado, sendo importante que ele erre, refaça a pergunta, pense, reflita sobre o próprio erro para depois buscar um acerto. A falha, quando bem trabalhada e corrigida pelo próprio estudante, pode ser de maior valia que inúmeras aulas expositivas.

Silva e Mortimer (2016), afirmam que a utilização da abordagem investigativa no ensino de ciências é de grande importância, visto que essa parece promover vários benefícios como o aumento da motivação, aprendizagem de conceitos e procedimentos e, melhor compreensão da natureza. Para Azevedo (2004), a utilização de atividades de investigação é uma importante forma de levar ao aluno a compreensão de conceitos de tal maneira que o estudante passe a participar do seu processo de ensino e aprendizagem, de forma que ele saia de uma postura passiva para uma postura mais ativa, procurando assim uma explicação para os fatos. Essa mesma autora afirma que solucionar problemas é importante no desenvolvimento de habilidades cognitivas como o raciocínio, astúcia, argumentação, flexibilidade, ação, atitudes, valores e que a construção desse conhecimento é tão importante quanto seu produto.

Harlen (2004) discorre sobre três pontos principais que incentivam o uso da investigação: **1)** Ela vai de encontro com as linhas e visões modernas do funcionamento cerebral e a psicologia do aprendizado, a repetição de ações, memorização; é como uma organização, por meio da atividade mental do estudante e seu comportamento ativo. **2)** O discente pode enxergar a ciência como um agregado de teorias e fatos que são aceitos pela comunidade científica, até o ponto em que podem informar os fatos, sendo apenas um objeto do pensamento humano e **3)** Permite que seja levado em conta as ideias que os alunos já possuem internalizadas ao longo de todo seu processo educacional. E a partir dessas ideias cabe ao professor auxiliar no seu processo educacional como guia, proporcionando um raciocínio e uma análise mais coerente da situação trabalhada.

Para que o ensino por investigação seja implementado em sala de aula Carvalho (2013) propõe o uso de Sequências de Ensino Investigativas (SEIs), ou seja, um conjunto de atividades acerca de um determinado conteúdo. Essas atividades seriam planejadas com intuito de trazer à tona os conhecimentos prévios dos alunos com o desenvolvimento de novos conhecimentos, contendo ideias próprias, podendo discuti-las com os parceiros de classe, dessa forma, o professor faria o papel de mediador, auxiliando na aquisição dos conhecimentos. Para que a SEI seja trabalhada, Carvalho (2013) recomenda que comece com um problema, seja teórico ou experimental, de tal maneira que os alunos sejam introduzidos ao assunto abordado e que ofereçam condições para sua resolução. Finalizada a última etapa, o conteúdo precisa ser sistematizado, de tal forma que os alunos comparem suas ações, o que pensaram e como resolveram o problema.

Entretanto, no Brasil, essa metodologia é pouco estabelecida, caminha devagar e de certo modo ainda é pouco discutida. Segundo Borges (2002) um dos fatores da baixa utilização é a insegurança dos professores ao utilizarem tal metodologia. Entretanto, o interesse vem crescendo nesse ramo de ensino, como é o caso das Instituições de Ensino Superior que possuem o Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO) cuja sede nacional se encontra na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), o Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP), que possuem projetos que estimulam, ensinam e divulgam o ensino investigativo (MUNFORD e LIMA, 2007; SILVA e MORTIMER, 2016) e o Mestrado Profissional em Ensino de Ciências (MPEC) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) que contém trabalhos envolvendo tal metodologia.

2.3 ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO (EDP)

Engle e Conant (2002) propuseram esse conceito ao estudarem uma sala de aula de Fostering Communities of Learners (FCL)¹ nos Estados Unidos. As autoras elucidam o Engajamento Disciplinar Produtivo explicando cada um dos termos que o compõe:

Engajamento: Nota-se tal aspecto na análise das falas dos estudantes participantes, quando os participantes interagem entre si, demonstrando empenho ao que foi proposto, informações gestuais, contribuições de grande parte dos participantes com a atividade desenvolvida, interações entre professor e aluno, poucos estudantes estão alheios às atividades propostas.

Engajamento Disciplinar: Se torna engajamento disciplinar quando os participantes trafegam pelo discurso científico e o discurso habitual e mesmo envolvidos na atividade proposta, tomam ciência que devem obedecer a certas regras, mesmo que não ditas, tais como: manter a ordem da sala, prazos de entrega de atividades, entre outros.

Engajamento Disciplinar Produtivo: A composição da produtividade em questão irá variar de acordo com o tema abordado do qual o aluno irá elucidar uma determinada questão. O aluno desenvolve o engajamento disciplinar produtivo quando ele apresenta avanço intelectual na resolução dos problemas trabalhados em sala de aula.

¹ Programa aplicado nas escolas do interior dos Estados Unidos, na década de 1990, com a intenção de fomentar o ensino crítico e habilidades de reflexão. Nas atividades em sala de aula havia um reconhecimento nos processos sem que houvesse descaso no conteúdo. O programa deve ser visto como um conjunto de atividades, ocasionando um ambiente de aprendizagem consciente (SOUZA, 2015).

O EDP se baseia em quatro grandes pilares que possibilitaram o seu desenvolvimento:

- **Problematização:** Os professores devem propiciar aos alunos desafios, questões e outras conexões mentais ao invés de esperar que os alunos apenas assimilem os fatos expostos por sua fala no decorrer da aula.
- **Autoridade:** Fornecer aos alunos um papel ativo na resolução dos problemas propostos em classe, sendo que essa autoridade pode ser individual ou em grupo. A ideia central desse pilar é provocar os discentes a serem autores e produtores do conhecimento.
- **Responsabilidade:** Todo o trabalho confeccionado pelos alunos deve obedecer às normas disciplinares propostas a eles, garantindo com que o trabalho intelectual responda ao que foi solicitado.
- **Recursos:** Aos alunos deve ser conferido todo tipo de recurso necessário, sejam referencial bibliográfico, sites de consulta, aulas expositivas ou práticas, para a realização do trabalho, propiciando não apenas a execução, mas também a incorporação dos outros princípios ou fornecer subsídios intelectuais a uma determinada discussão.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os efeitos de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre Biomembranas na aprendizagem de alunos do curso de licenciatura em Ciências Biológicas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver, aplicar e avaliar uma SEI;
- Promover a propagação do ensino investigativo para alunos do curso de Ciências Biológicas;
- Minimizar as lacunas do ensino de biologia celular para futuros professores.
- Possibilitar o aperfeiçoamento do ensino de biologia.

4 METODOLOGIA

Essa pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética da Universidade Federal de Ouro Preto via Plataforma Brasil, tendo sido aprovada e registrada sob o CAAE 77749717.0.0000.5150.

4.1 DEFINIÇÃO DOS PARTICIPANTES

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Ouro Preto, situada na rua Diogo de Vasconcelos, 122. Pilar – Ouro Preto, MG. Serviu de grupo amostral uma turma do 1º período do curso de licenciatura em Ciências Biológicas, contendo 31 estudantes.

Tal pesquisa fez parte da disciplina de Biologia Celular e seu impacto pode contribuir significativamente no aprendizado do participante, sendo assim, todos os resultados não serviram de maneira avaliativa perante a disciplina, sendo o consentimento do aprendiz completamente voluntário.

Todos os alunos matriculados foram convidados a participar, sendo que 31 alunos assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido, 27 desses participaram do EDI “a)”, 25 desses do EDI “b)” e 27 do questionário de opinião após o experimento.

4.2 COMPOSIÇÃO DO PRODUTO

A SEI, aplicada no Ensino Superior, consistiu de dois experimentos empregados na educação básica. Por ter uma roupagem investigativa o formato dos experimentos e a discussão com os alunos adotaram um novo rumo, saindo de uma abordagem demonstrativa, com intuito de comprovação, para um viés investigativo no qual o aluno, com auxílio do professor (mediador), busca soluções para um problema em questão.

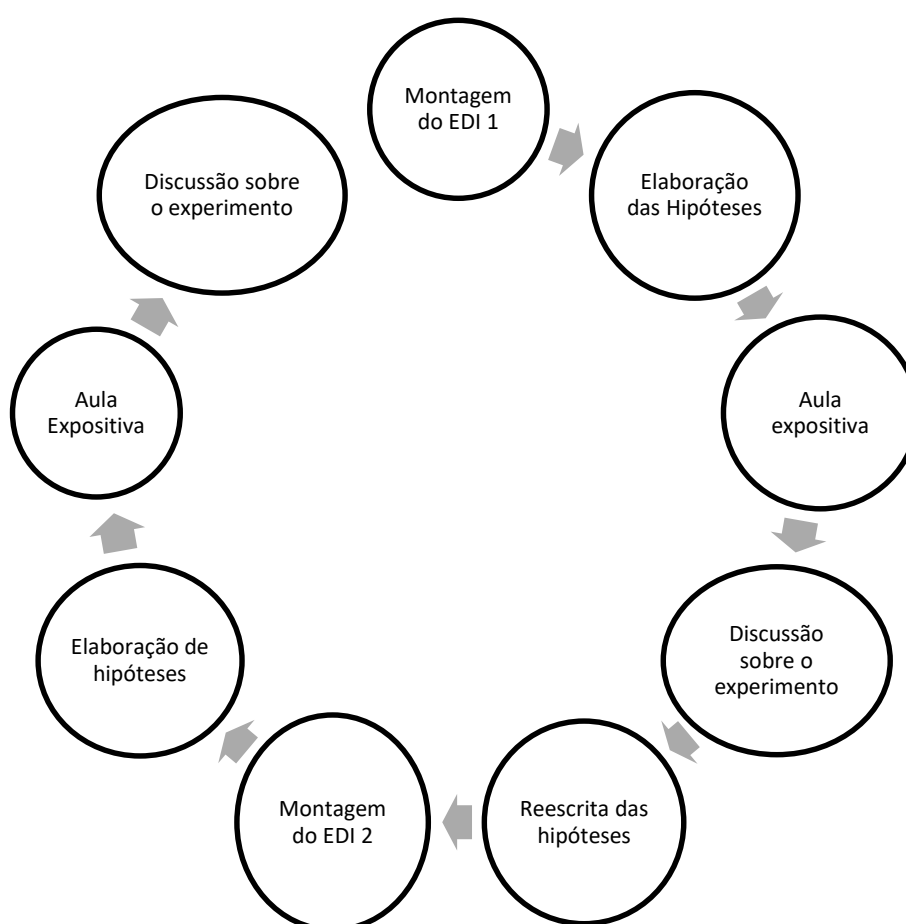
A ação dos estudantes, nessa prática, foi de forma demonstrativa ou apenas auxiliando na montagem, entretanto o uso da ação intelectual para confecção de hipóteses foi bastante explorada durante toda a sequência, principalmente quando o discente foi colocado frente ao problema. Quanto à sistematização do conhecimento adquirido pelo aluno, após a resolução da questão problema, ele demonstrou por meio

das discussões em sala de aula, em conjunto com o professor e os outros estudantes, o abandono da passividade para se tornar sujeito ativo do próprio conhecimento. O discente pôde apresentar variações de explicações das mais simples explicações causais, até algumas mais elaboradas, contendo contextualizações com o fato explorado (CARVALHO, 2013).

Na SEI em um primeiro momento a docente da disciplina fez a montagem de um dos dois Experimentos Didáticos Investigativos (EDI's). Assim como Carvalho (2004), compactuamos que demonstrações podem trazer benefícios para o ensino, desde que sejam pautadas na investigação e na resolução de problemas, de tal maneira que os alunos detectem qual pensamento eles possuem sobre tal questionamento o senso comum ou intuitivo. E ao final do processo oportunizamos a argumentação desses aprendizes.

A SEI foi aplicada em duas semanas consecutivas, conforme esquema abaixo:

Figura 3 – Esquema da aplicação da SEI



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

1) Montagem do EDI 1 (aproximadamente 10 minutos): o regente fez a montagem do experimento *O efeito do solvente orgânico acetona, do detergente e da água nas membranas*. Para tal, propusemos um problema: “*Como e quais elementos podem interferir na integridade da membrana ao ponto de desorganizá-la?*”. No primeiro experimento que serviu de mediador para visualização e verificação de danos na membrana por diversas substâncias, foi utilizado os cubos de beterraba como uma “ampliação” de uma célula. Ampliação aqui sugere que apesar do efeito ser microscópico, o dano observável macroscopicamente extrapola/amplifica este conceito. Após a sua montagem, a docente distribuiu os roteiros contendo as discussões devidas para os discentes, logo em seguida solicitou que os aprendizes expusessem suas hipóteses iniciais, com raciocínio, acerca do experimento, colocando-as na perguntas “a)” as hipóteses e na “b)” as explicações da Prática 1 (Figura 4). Nesse momento é importante ressaltar que os discentes, no EDI, deveriam refletir sobre os possíveis resultados, descrevendo suas observações.

Figura 4 – Recorte do roteiro evidenciando perguntas “a)” e “b)”

- Após alguns minutos, quais as diferenças macroscópicas você espera que sejam observadas entre os 3 tubos?

- Como você explica a diferença entre eles? Qual deve ter sido o efeito da água, da acetona e do detergente nas membranas?

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

2) Aula expositiva (aproximadamente 1:30 hora): foi ministrada uma aula teórica aos alunos sobre as características, composição, importância da membrana. A professora abordou em aula expositiva dialogada, com uso de animações, encenações, exemplos do cotidiano, questionamentos para os alunos, menções de conceitos importantes para embasar os alunos sobre o histórico, as características, a composição, influência de certas substâncias, temperatura, importância da

membrana e um breve comentário sobre transportes ativos e passivos. Durante este momento transcorreu, concomitantemente à aula, o experimento *O efeito da temperatura nas membranas biológicas* em que foi solicitado aos discentes que explicassem o que ocorreria com a beterraba após ser aquecida.

- 3) Discussão sobre o experimento (aproximadamente 40 minutos): um momento reflexivo no qual os alunos em conjunto com o professor debatam as hipóteses propostas, pelos alunos, e avaliem sobre as suas possíveis validações a fim de chegar a uma explicação sobre os acontecimentos vistos no EDI 1. Carvalho (2013) pondera que o debate tem por objetivo trazer à tona, em conjunto com os alunos, explicações coerentes para os questionamentos das perguntas. De modo que, após esse momento o aluno tenha consciência das suas hipóteses, se foram refutadas ou comprovadas, e que o aluno seja capaz de reescrevê-las caso sejam refutadas por completo ou parcialmente

- 4) Reescrita das hipóteses (aproximadamente 15 minutos): após as discussões os alunos avaliaram a sua hipótese inicial com as discussões em sala avaliando se a mesma estava correta (Figura 5), se necessário, reescreveria suas hipóteses. Este momento é de suma importância, pois reflete o que foi abordado em sala de aula, de tal maneira que o aluno demonstre o conhecimento construído em conjunto com a sala.

Figura 5 – Recorte do roteiro prático evidenciando as questões para reescrita da hipótese

- Após a realização da discussão em sala de aula, a sua hipótese descrita acima foi confirmada?

() SIM () NÃO () Em partes

- Caso não tenha se confirmado (ou apenas em partes), explique novamente o efeito da água, acetona e detergente nas membranas

- 5) Montagem do EDI 2 (aproximadamente 10 minutos): a regente fez a montagem do experimento *O efeito da osmose sobre uma fatia de batata submergida em água e em solução salina*. Para este propusemos o seguinte problema: “*Mesmo íntegra, a membrana é intransponível?*”. Tal experimento é utilizado na educação básica e sua verificação se dá pela alteração no diâmetro das fatias de batatas mensuradas em um papel. O mediador discutiu com a turma os experimentos, resgatando assuntos pertinentes e buscando uma explicação coletiva para os fenômenos. Carvalho (2004) sugere que ao final do processo seja feita a sistematização do processo, focando na forma como a ciência o descreve.
- 6) Elaboração das hipóteses (aproximadamente 10 minutos): depois de ter distribuído os roteiros aos alunos, o professor solicita aos alunos que elaborem previamente hipóteses para o EDI 2.
- 7) Aula expositiva (aproximadamente 50 minutos): foi ministrada uma aula teórica dialogada com os alunos sobre transportes ativos e passivos.
- 8) Discussão sobre o experimento (aproximadamente 30 minutos): momento reflexivo no qual os alunos em conjunto com o professor debatem as hipóteses propostas pelos alunos e pensam sobre as suas possíveis validações a fim de chegar a uma explicação sobre os acontecimentos vistos no EDI 2 (Figura 6).

Figura 6 – Recorte do questionamento presente no EDI 2

- O que ocorreu com o diâmetro da fatia de batata depois da imersão em solução salina? Indique e explique o processo ocorrido neste experimento.

4.4 METODOLOGIA DA ANÁLISE DE DADOS

Os dados levantados pelas respostas dos alunos nos relatórios práticos antes e depois dos experimentos, as hipóteses, e as comprovações ou refutações das hipóteses elencadas pelos participantes foram analisadas de acordo com a metodologia de EDP dos estudantes, utilizando como base as gravações de vídeo, áudio e os roteiros preenchidos na aplicação da pesquisa.

4.4.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO EDI “O EFEITO DO SOLVENTE ORGÂNICO ACETONA, DO DETERGENTE, DA ÁGUA E DA TEMPERATURA NAS MEMBRANAS”

Após já terem feito o preenchimento das duas primeiras perguntas do relatório, os alunos responderam no mesmo formulário (APÊNDICE 1), se suas hipóteses foram validadas em uma pergunta de múltipla escolha. Posteriormente, tais respostas produziram grupos de análise de acordo com a marcação, dividindo os relatórios dos participantes em grupos de acordo com a resposta assinalada: **GRUPO SEM MARCAÇÃO** composto por alunos que não assinalaram nenhuma das opções, nesse caso tivemos apenas 1 aluno; **GRUPO SIM** composto por alunos que assinalaram que suas hipóteses estavam válidas, nesse caso tivemos 4 alunos; **GRUPO NÃO** composto por alunos que assinalaram que suas hipóteses não estavam válidas, nesse caso tivemos 2 alunos; **GRUPO EM PARTES** composto por alunos que assinalaram que suas hipóteses estavam parcialmente válidas, nesse caso tivemos 20 alunos. Posteriormente, foi realizada uma análise das hipóteses e da reescrita das mesmas, sendo que o foco de análise foi no **GRUPO EM PARTES** devido sua maior representatividade numérica e qualitativa.

O efeito da temperatura na membrana da beterraba (*Beta vulgaris*) foi mensurado simultaneamente em sala de aula à medida que a intervenção investigativa verificava o dano dos solventes nas membranas. Os materiais utilizados no caso foram:

Figura 8 – Agitador magnético e béquer

- Beterraba (cortada em cubos pequenos);
- Béquer 250ml;
- Agitador magnético;
- Água.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

A água foi colocada dentro do béquer e em seguida as beterrabas presentes no Tubo de Ensaio 1 foram adicionadas. O béquer foi colocado no agitador magnético com aquecimento. Mesmo que o aparelho tenha sido ligado por poucos minutos foi possível verificar visualmente a mudança na coloração do líquido circundante. A água passa de uma coloração translúcida para um tom rosáceo, pela liberação das betacianinas (Figura 9), sendo possível concluir que a água quando aquecida causa danos estruturais à membrana da beterraba.

Figura 9 – Água do béquer apresentando coloração rosácea



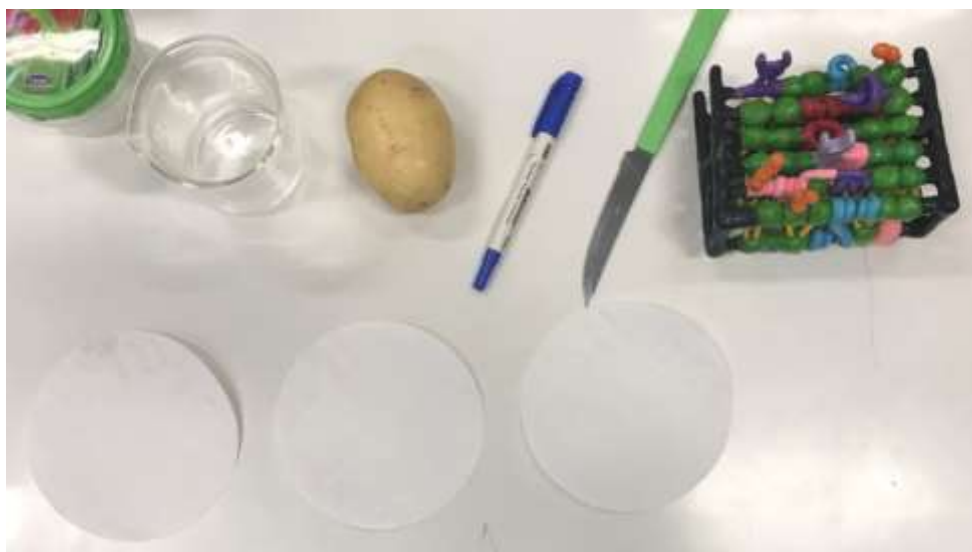
Fonte: Elaborado pelo pesquisador

4.4.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO EDI “EFEITO DA OSMOSE SOBRE UMA FATIA DE BATATA SUBMERGIDA EM ÁGUA E EM SOLUÇÃO SALINA”

O EDI da osmose em uma batata (*Solanum tuberosum*) foi realizado na semana subsequente a dos danos à membrana de uma beterraba e para montagem do EDI utilizamos, conforme Figura 10:

- Água;
- Sal;
- Faca;
- Batata;
- Papel Filtro;
- Caneta Permanente CD/DVD;
- Modelo de membrana plasmática para representação.

Figura 10 – Materiais utilizados para realização do EDI



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Primeiramente, foram feitas secções transversais da batata ainda com a casca e marcado/mensurado seu diâmetro no papel filtro. Na sequência, a fatia foi imersa no béquer contendo uma solução aquosa com sal de cozinha. A fatia ficou imersa na solução por cerca de uma hora, enquanto ocorria a aula dialógica.

4.4.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO EDP DOS ESTUDANTES

A análise se deu a partir dos dados da gravação das aulas com auxílio de dois gravadores de áudio, colocados em locais distintos da sala de aula, e uma câmera de vídeo. As duas gravações em áudio foram utilizadas para análise do EDP, entretanto a filmagem complementou o dado de áudio dos gravadores, especialmente por permitir identificar/relacionar as falas aos alunos participantes.

Para a mensuração da participação dos sujeitos do nosso trabalho criamos três categorias de análise de EDP balizadas nos trabalhos de Souza (2015) e Silva (2017):

- **EDP1:** Construção de relações explicativas:
 - Acontece quando o aluno consegue fazer a junção/associação entre os conteúdos trabalhados em sala de aula respondendo ou encaminhando o desenvolvimento do raciocínio.

- **EDP2:** Trabalho colaborativo entre os alunos:
 - Os alunos interagem e a partir dessa interação era possível chegar a alguma explicação sobre o fato.

- **EDP3:** Contribuição para a discussão:
 - O aluno por alguma vivência externa a aula, cotidiana, contribui com o diálogo em questão.

4.4.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

O Questionário de Opinião (APÊNDICE 2) foi elaborado para auxiliar na coleta de informações sobre a pesquisa, sendo possível desse modo, levantar dados que permitam identificar melhor as impressões (ou os “sentimentos”) dos participantes perante a pesquisa. O questionário foi estruturado com o intuito de facilitar a categorização para análise. Consideramos que o instrumento foi de grande valia pela sua facilidade na aplicação, de modo a interrogar um grande número de pessoas em um curto período de tempo. Ele foi proposto contendo 8 questões fechadas que permitem agilidade na resposta; uniformidade nos dados, além da simplificação na

análise e categorização, favorecendo uma melhor contextualização das questões. Todavia, a utilização de questões fechadas gerou desvantagens como a não valorização de um espectro de respostas, na qual o entrevistado poderia optar por uma resposta que se aproxima da sua opinião, porém não a reproduz fielmente. (AMARO, A. *et al.*, 2004)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DOS RELATÓRIOS

5.1.1 O EFEITO DO SOLVENTE ORGÂNICO ACETONA, DO DETERGENTE E DA ÁGUA NAS MEMBRANAS

Nesse primeiro EDI da SEI os alunos acompanharam a montagem do experimento, interagindo com o docente e auxiliando no preparo e identificação dos tubos. Em seguida, foram convidados a sugerirem antecipadamente o que aconteceria com a pigmentação dos tubos de ensaio contendo: 1 (água), 2 (acetona) e 3 (detergente).

Figura 11 – Materiais utilizados no EDI do Efeito Solvente Orgânico, Detergente e Água nas membranas



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Figura 12 - Recorte do roteiro prático onde os alunos sugeriram as hipóteses sobre os tubos

Nome: _____

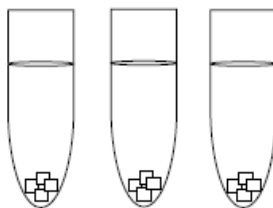
Composição e integridade das membranas celulares

As membranas são envoltórios finíssimos que revestem todas as células e suas organelas. Com a espessura média de 7 nm, as membranas só podem ser observadas ao microscópio eletrônico de transmissão (**MET**), sendo que nos microscópios ópticos, apenas podemos constatar sua presença através de métodos indiretos. As membranas são compostas por **lipídeos** (fosfolipídios principalmente), **proteínas** e **açúcares**, organizadas como um mosaico fluido. Estas se formam espontaneamente em **ambiente aquoso** e sua integridade é mantida especialmente pela propriedade de "autosselamento".

Proposta experimental:

VERIFICAÇÃO DO EFEITO DO DETERGENTE E DE UM SOLVENTE ORGÂNICO (ACETONA) SOBRE A INTEGRIDADE DA MEMBRANA PLASMÁTICA

1. Numere 3 tubos de ensaio e os coloque no gradeado;
2. Coloque dentro de cada um deles alguns cubos de beterraba (*Beta vulgaris*) lavadas e secas previamente.
3. Adicione respectivamente:
 - TUBO 1 – 5 ml de água;
 - TUBO 2 – 5 ml de acetona 70%;
 - TUBO 3 – 5 ml de detergente.



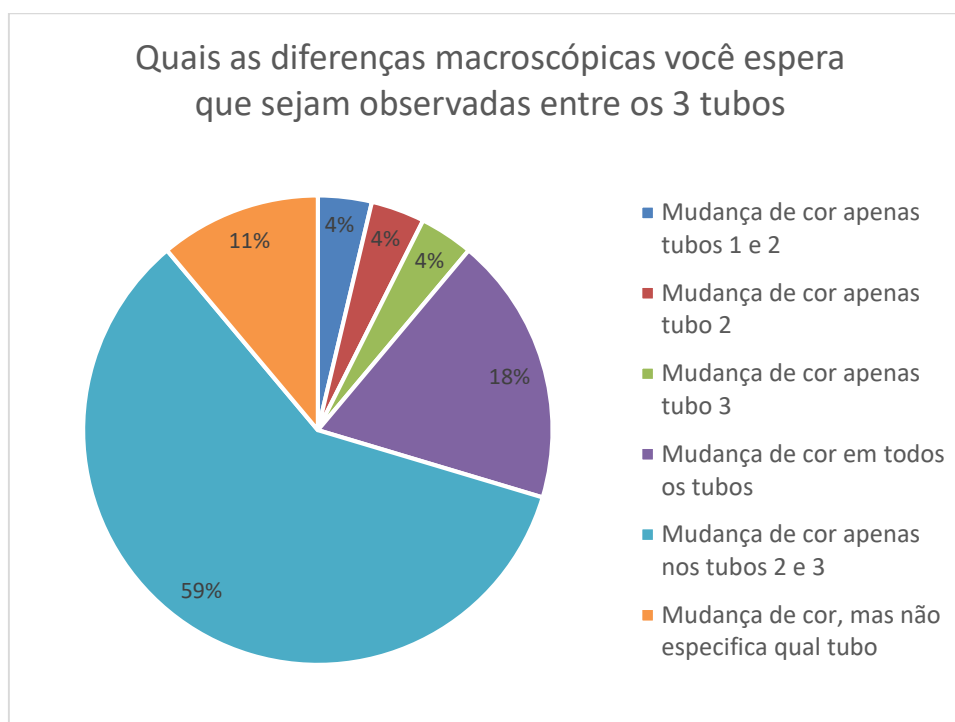
- Após alguns minutos, quais as diferenças macroscópicas você espera que sejam observadas entre os 3 tubos?

- Como você explica a diferença entre eles? Qual deve ter sido o efeito da água, da acetona e do detergente nas membranas?

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Quanto ao questionamento do aspecto esperado dos tubos, os alunos responderam da seguinte maneira:

Gráfico 1 – Diferenças sugeridas pelos participantes nos tubos 1(Água), 2 (Detergente) e 3 (Acetona)



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

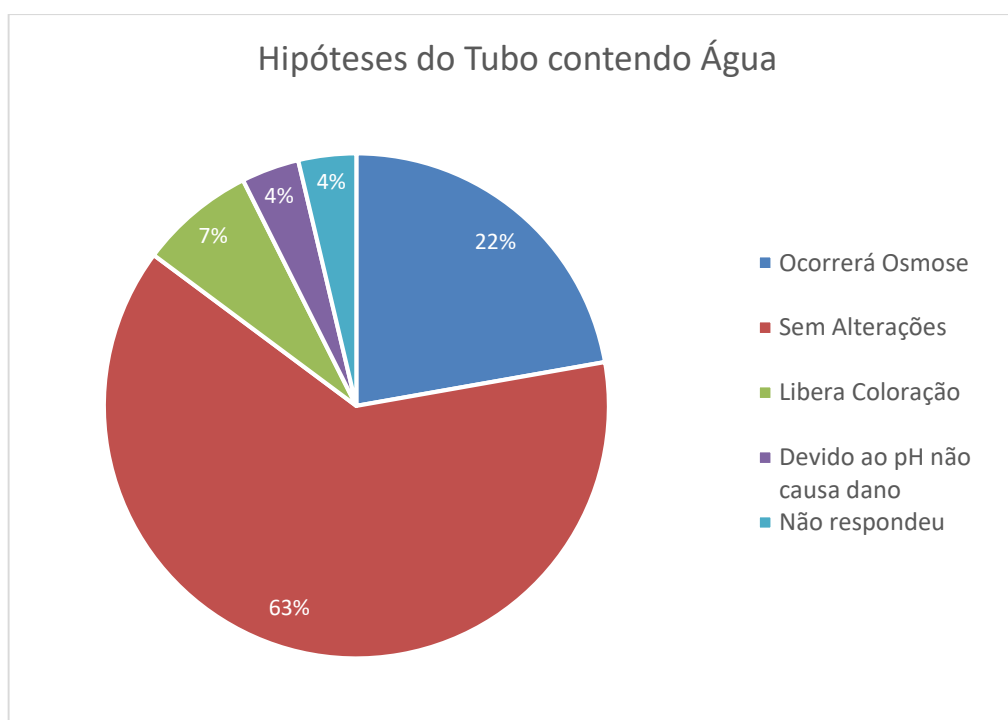
Os dados mostram que 59% da turma anteciparam corretamente os resultados, afirmando que os tubos contendo detergente e acetona (Tubos 2 e 3) mudariam de coloração. Outros 18% afirmaram que em todos os tubos haveriam mudanças. Já 11% dos participantes afirmaram que haveriam mudanças na coloração, mas não foram capazes de ponderar em quais tubos essa mudança ocorreria. Não sabemos informar se foi pela incapacidade de propor uma hipótese ou displicência na leitura da pergunta. Discentes que afirmaram que haveria mudança apenas nos tubos 1 e 2; Mudança apenas no Tubo 2 e Mudança apenas no Tubo 3 compuseram 4% do total dos participantes.

A expectativa dos pesquisadores era que os alunos considerassem que haveria extravasamento do pigmento betacianinas nos tubos 2 e 3, em razão da desestruturação das membranas celulares. Nossa expectativa considerou que os alunos conheciam que a membrana tem um grande componente lipídico, assim a

acetona configurando como solvente orgânico e o detergente (em geral de natureza química desconhecida por eles) deveriam afetar sua organização, pois na vida cotidiana dos sujeitos os dois produtos removem “gordura” de utensílios ou superfícies. Quanto a água supomos que os alunos apostariam que ela seria inerte e ficaria “isolada” dentro ou fora da célula. Apesar de ser uma prática usual e presente em vários manuais de aulas práticas, nenhum aluno manifestou já ter realizado o experimento anteriormente.

Entretanto, na próxima etapa, quando os alunos foram convidados a produzirem suas hipóteses sobre o que aconteceria em cada um dos tubos de ensaio, com as devidas explicações sobre o fenômeno celular, o espírito investigativo parece ter sido aguçado e surgiram ideias diferentes. Essas hipóteses foram divididas de acordo com o líquido presente no interior do tubo de ensaio, ou seja, Água (1), Acetona (2) ou Detergente (3).

Gráfico 2 – Hipóteses geradas pelos participantes no Tubo contendo Água



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

No tubo contendo água (Gráfico 2), 63% dos participantes sugeriram que não ocorreria alterações significativas na água. Entretanto, outros 22% fundamentaram a explicação em um conteúdo correlato, afirmando que haveria a osmose. Porém, segundo Alberts *et al.* (2017), a osmose desempenha um pequeno papel na regulação

dos líquidos internos, isso devido ao fato do citoplasma ser semelhante a um fluido resistente a mudanças na sua osmolaridade. Ou seja, há passagem da água livremente entre os compartimentos, sem provocar danos a membrana na grande maioria das vezes. Já 7% indicaram que haveria a liberação de coloração, devido ao fato de que as células possuem “canais de água”. Outros 4% afirmaram que devido ao potencial hidrogeniônico (pH) não haveriam mudanças, contudo pelo fato do líquido circundante ser água isso não geraria efeito na membrana da beterraba. E outros 4% não geraram hipóteses sobre a água.

Gráfico 3 – Hipóteses geradas pelos participantes no Tubo contendo Detergente



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Já com relação do tubo contendo o detergente (Gráfico 3) 29% dos alunos afirmaram que aconteceria o rompimento dos lipídios desintegrando a membrana, mas os alunos não chegaram a uma explicação sobre o que ocorreria com as proteínas de membrana, visto que elas também seriam “degradadas” em conjunto com os fosfolipídios. Outros 26% afirmaram que ocorreria a degradação da membrana, sem postular uma explicação sobre como isso ocorreria. Outros 15% afirmaram que haveria o extravasamento de pigmentos por parte das células da beterraba, mas também não foram capazes de informar uma hipótese de como isso ocorreria. Já 11% dos participantes afirmaram que pela composição anfipática do detergente, ele causaria danos à membrana da beterraba, com destaque a hipótese para um dos participantes (ALUNO 2) desse grupo que afirma:

“O detergente possui caráter anfipático que interage com as moléculas hidrofílicas e hidrofóbicas da membrana, fazendo assim um “rompimento” da membrana e facilitando a saída do pigmento...”

Percebemos na afirmação acima que o aluno já detinha um conhecimento acerca do assunto, mesmo não sendo capaz de explicar o que ocorreria de fato, sendo uma hipótese bastante satisfatória, pois relacionou características anfipáticas do solvente que faria interações com as partes polares e apolares da membrana da beterraba.

Ainda dentro das hipóteses para o detergente, 3% dos participantes mencionaram que aconteceria o rompimento da membrana pelo caráter básico do detergente, e de fato a substância possui tal basicidade com o pH entre 5,5 – 8,0, porém não é a sua característica básica que causa danos à membrana, entretanto é uma hipótese relevante na perspectiva investigativa por buscar correlações com conhecimentos prévios. Outros 4% relataram que o detergente possui grande interação com a membrana, entretanto não foram capazes de especificar que tipo de interação acontece com ela. Já outros 4% propuseram que haveria o aumento da densidade dos tubos de beterraba, porém para que isso de fato ocorresse a massa ou o volume dos objetos contidos no tubo de ensaio deveriam diminuir e isso não aconteceu, dessa maneira a densidade não diminuiria.

Gráfico 4 – Hipóteses geradas no Tubo com Acetona



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Quando analisamos os dados do tubo contendo acetona (Gráfico 4), 29% dos participantes propuseram que ocorreria a “remoção” da coloração da beterraba; para outros 15% a membrana sofreria “algum tipo de dano” liberando sua coloração; enquanto que para outros 15% haveria o rompimento da membrana, porém em nenhum destes grupos, os alunos não foram capazes de propor como isso ocorreria na membrana. Já 11% propuseram que ocorreria o rompimento especificamente dos lipídios que compõe a membrana da beterraba, o que pode ser considerado uma aproximação com a resposta adequada, visto que a acetona tem uma cadeia carbônica apolar que age nas caudas dos fosfolipídios e em conjunto a isso desnaturam as proteínas que compõe a membrana. Outros 7% mencionaram que a beterraba iria ser desidratada. Os alunos não propuseram como isso de fato aconteceria na membrana, mas nos parece uma associação interessante com a

vivência deles, tendo em vista que não só a acetona, mas outros solventes, como o álcool deixam as “mãos” com aspecto desidratado com a manipulação frequente. Outros 4% mencionaram que não iria ocorrer modificações na membrana, todavia quando realizado o experimento tal hipótese foi prontamente refutada. Já outros 4% mencionaram que a acetona tem ação nas proteínas presentes na membrana, isso de fato ocorre, porém, essa hipótese é complementar aos alunos que propuseram que a acetona traria danos aos lipídios. Outros 4% propuseram que a membrana se romperia pelo caráter ácido da acetona, entretanto sabemos que seu potencial hidrogeniônico pouco influência no rompimento da membrana. Outros 4% propuseram que haveria o aumento da densidade dos tubos de beterraba, porém para que isso de fato ocorresse a massa ou o volume dos objetos contidos no tubo de ensaio deveriam diminuir e isso não aconteceu, dessa maneira a densidade da beterraba não diminuiria. Outros 4% mencionaram que a acetona interferiria na permeabilidade, o que de fato ocorre, entretanto, o aluno não mencionou de que maneira tal reagente reagiria na membrana. E outros 4% propuseram que a acetona teria ação na parte polar da membrana da beterraba, entretanto, pelo fato da acetona ser apolar, ou seja, hidrofóbica, ela tem ação nas caudas dos fosfolipídios e não nas cabeças polares.

Consideramos a primeira etapa da EDI muito interessante, pois os alunos trouxeram uma grande diversidade de hipóteses, se esforçaram para contextualizar o fenômeno e se interessaram pela evolução da prática. Muitas vezes se levantaram e observaram os tubos e demonstravam estranheza pelo tubo contendo detergente começar a pigmentar com mais intensidade que o da acetona. Percebemos que os alunos se engajaram prontamente na proposta.

Ao longo da aula sempre que uma característica, composição ou propriedade da membrana era mencionada pelo professor, alguns alunos comentavam a informação buscando a contextualização no experimento. Algumas vezes os comentários seguiam o raciocínio de suas hipóteses iniciais e em outros caminhavam para se contradizerem. Especialmente porque a maioria das falas, afirmavam que ocorria a destruição dos componentes, como se as moléculas deixassem de existir, e com a evolução da aula, as falas já traziam mais a perspectiva de reorganização da membrana.

Figura 13 - Recorte parcial no qual os alunos poderiam reescrever suas hipóteses iniciais

- Após a realização da discussão em sala de aula, a sua hipótese descrita acima foi confirmada?

() SIM () NÃO () Em partes

- Caso não tenha se confirmado (ou apenas em partes), explique novamente o efeito da água, acetona e detergente nas membranas

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Posteriormente a aula, os sujeitos foram convidados a responder se sua hipótese foi confirmada em sua totalidade, confirmada parcialmente ou refutada (Figura 13). Do total dos participantes um (1) aluno não assinalou nenhuma das alternativas (SEM MARCAÇÃO), quatro (4) alunos responderam que a hipótese estava correta (GRUPO SIM), dois (2) alunos responderam que a hipótese não condizia com o resultado (GRUPO NÃO) e vinte (20) alunos responderam que a sua hipótese foi parcialmente confirmada (GRUPO EM PARTES).

A partir dessas subdivisões foi realizado a análise das respostas posteriores à aula dialógica. Nessa pergunta (Figura 13) os participantes foram solicitados a reescrever suas hipóteses caso não houvesse confirmação de suas hipóteses preliminares.

No **GRUPO SEM MARCAÇÃO** na reescrita da hipótese da água, o aluno afirmou que a água passa pelas proteínas presentes na membrana (o que de fato acontece) pela presença das aquaporinas na membrana celular. Na hipótese do tubo contendo acetona o participante afirmou que ela desorganiza os lipídios e as proteínas de membrana. Já no tubo contendo detergente o aluno mencionou que ocorreu a solubilização da proteína e a formação de micelas.

Após a aula o aluno foi capaz de reescrever a sua hipótese utilizando um vocabulário mais próximo do utilizado em sala e com uma melhora significativa no conteúdo trabalhado.

No **GRUPO SIM**, pelo fato ter sido solicitado a reescrita das hipóteses em caso da não confirmação, apenas dois, de quatro integrantes, reescreveram suas suposições, todavia apenas um componente do grupo teve sua hipótese inicial de fato condizente com a segunda versão e com o cientificamente aceito. Para exemplificar, fizemos o seguinte recorte do texto do ALUNO 05:

“O detergente é feito de gordura (lipídios) igual os lipídios da membrana, associando aos radicais da proteína, que são solubilizada, os lipídios se organizam em micelas, deteriorando a membrana”

Por fim, podemos perceber nesse grupo que parte dos conceitos ministrados não foram interiorizados e que alguns alunos colocaram suas pressuposições como corretas, porém as mesmas não eram compatíveis com o conteúdo.

No **GRUPO NÃO** na reescrita da hipótese, os dois componentes adequaram a explicação no que se refere ao efeito da água, entretanto apenas um dos membros de fato conseguiu demonstrar no seu texto a incorporação dos conteúdos trabalhados relativos ao efeito da acetona e detergente.

Por fim, o **GRUPO EM PARTES**, foi o grupo mais heterogêneo e autocrítico. Nossa avaliação foi feita organizando as respostas semelhantes:

Os alunos reescreveram suas teorias com relação ao tubo contendo água, sendo que em 80% dos relatórios, os sujeitos foram capazes de explicar o fenômeno fundamentado no construído em sala de aula. Em 35% houve a menção ao trânsito livre da água; em 15% à não interferência na fluidez da membrana; outros 15% defenderam que nada ocorreria ou em outros 15% que a água não danifica a membrana.

Na análise do tubo contendo acetona a reformulação das hipóteses gerou os seguintes dados:

Gráfico 5 – Reescrita das hipóteses geradas no Tubo com Acetona (Grupo em Partes)



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Na reformulação das hipóteses acerca do tubo contendo acetona (Gráfico 5) 30% sugeriu que a acetona faria associação com a parte polar distanciando os fosfolípidios, esse dado foi bastante significativo, pois a intervenção dialógica foi trabalhada em cima desse contexto com os alunos. Já outros 5% mencionou que a acetona interfere na parte polar liquefazendo a membrana. Esses dois grupos que totalizam 35% da amostra do grupo demonstrou um maior poder de reescrita nas hipóteses propostas comparadas com as anteriores quando comparada com os demais. Outros 15% mencionaram que haveria a desorganização dos fosfolípidios, isso de fato acontece, entretanto, o grupo não foi capaz de fornecer mais dados sobre essa desorganização. Outros 5% afirmaram que a parte polar (da acetona) se

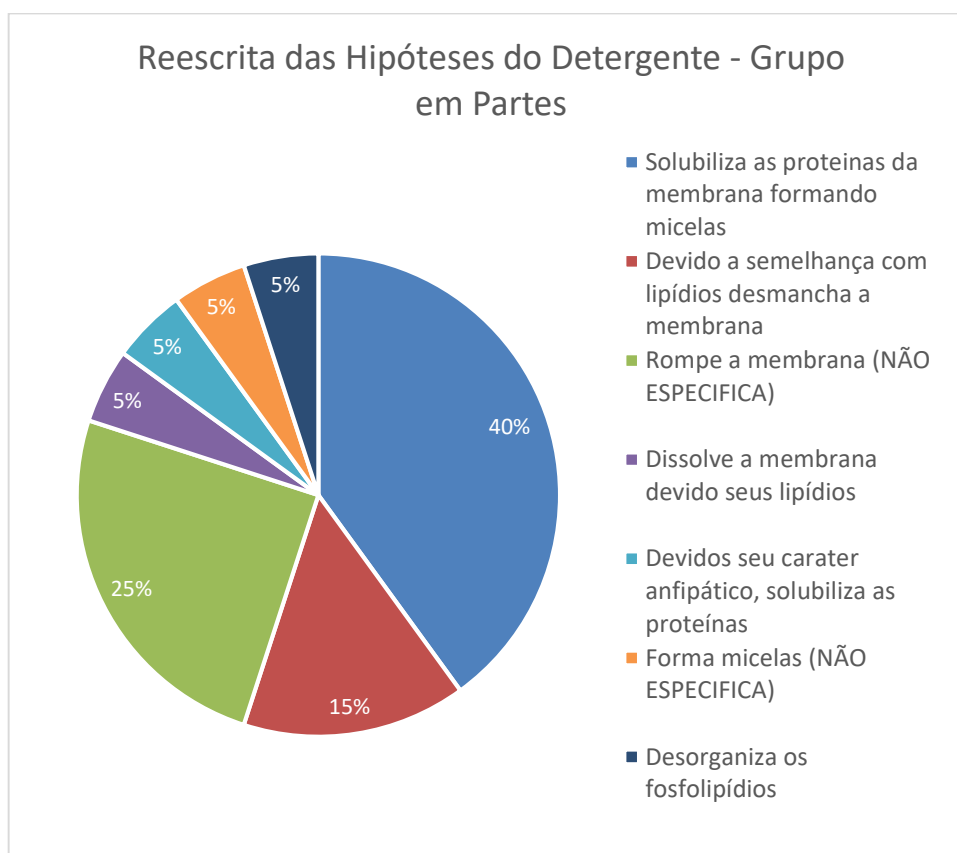
associaria com a parte apolar (da membrana) influenciando na permeabilidade, porém isso não acontece de fato, pois haveria repulsão das substâncias, não sendo possível uma interação entre as moléculas. Outros 10% sugeriram que a membrana iria se liquefazer; outros 10% que a acetona causaria interferência na membrana e outros 5% que a (acetona) reage com a parte polar, porém, nenhum desses três grupos, mesmo após a medição investigativa os alunos, não foram capazes de especificar a razão das hipóteses. Já outros 5% mencionaram apenas que acetona é polar, mas não foram capazes de especificar o que ocorreria na membrana pela polaridade da acetona. Outros 5% disseram que (a acetona) modifica a estrutura da membrana, porém, também não foram capazes de especificar como isso se realizaria. Já outros 5% não reescreveu sua hipótese. E outros 5% mencionaram que pelo fato da acetona ser polar ela interferiria na membrana, o ALUNO 26 sugeriu na sua reescrita:

“Ela (acetona) é polar, como a água, porém apresenta uma parte apolar que no momento que entrar em contato com a membrana consegue influenciar na sua permeabilidade”

Tal hipótese foi bastante específica ao comentar o que ocorreria com a membrana da beterraba, as substâncias e onde elas iriam interagir. O discente em questão demonstrou uma evolução quando se comparado a sua hipótese inicial com a reescrita.

No tubo contendo o detergente a reescrita dos alunos gerou os seguintes resultados:

Gráfico 6 – Reescrita das hipóteses geradas no Tubo com Detergente (Grupo em Partes)



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Na reformulação das hipóteses do tubo contendo detergente (Gráfico 6), 40% dos alunos alegaram que a proteína seria solubilizada com a formação de micelas como nas palavras do ALUNO 12:

“O detergente tornou as proteínas solubilizadas fazendo com que esta desnature formando buracos na membrana, sendo assim esta membrana se rompe e os lipídios formam miscelas (micelas)”

Outros 5% indicaram que devido seu caráter anfipático (detergente) solubiliza as proteínas, nessa classificação os alunos apenas não mencionaram a formação de micelas que ocorrem na degradação da beterraba. Também outros 5% relataram que haveria a formação de micelas, porém não foram capazes, mesmo após a intervenção investigativa, de especificar como tal fato transcorreria e nesse caso ficou ausente a

solubilização das proteínas. Esses dois grupos podem ser considerados complementares, pois a alegação de um complementa a do outro.

Já outros 25% dos participantes apontaram que sucederia o rompimento da membrana, porém não foram capazes, mesmo após a intervenção investigativa, de especificar como tal fato transcorreria. Outros 15% indicaram que pelo fato do detergente possuir uma semelhança com os lipídios ele desmancha a membrana, porém não comentaram sobre o micelamento. Já outros 5% indicaram que a membrana seria dissolvida devido os lipídios contidos no detergente. E outros 5% mencionaram que haveria a desorganização dos fosfolipídios.

A partir desses dados podemos perceber que houve uma melhora significativa nas hipóteses geradas no tubo contendo detergente. Os alunos na reescrita utilizaram termos comentados em sala de aula, foram mais precisos em suas colocações e mesmo quando não foram específicos com todos os eventos foram geradas hipóteses mais próximas e condizentes do que as anteriores.

5.1.2 O EFEITO DA TEMPERATURA NAS MEMBRANAS BIOLÓGICAS

A membrana plasmática possui uma fluidez ideal e essa característica depende da composição lipídica da membrana e da temperatura conforme Alberts *et al.* (2017), nesse caso, verificamos o efeito da variável “temperatura” na fluidez e integridade da membrana. Conforme a temperatura aumenta ou diminui a organização dos fosfolipídios se altera, quando a temperatura diminui a bicamada torna-se um gel cristalino e compacto gerando perda da funcionalidade. Para reversão da fluidez para as condições ideais, alguns organismos produzem mais ácidos graxos curtos, heterogêneos e insaturados para que não aconteça a diminuição da fluidez da membrana (ALBERTS *et al.*, 2017).

Em contrapartida, o aumento da temperatura proporciona uma maior mobilidade dos fosfolipídios da membrana (aumenta o grau de agitação das moléculas), além de alterar a estrutura das proteínas presentes na membrana, e com isso as betacianinas, presentes em seu interior, são extravasadas para o líquido circundante, no caso da nossa proposta, a água, tornando esta colorida (GALVÃO, *et al.*, 2012).

Figura 14 – Materiais utilizados no EDI do efeito da temperatura nas membranas



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Figura 15 - Recorte parcial do roteiro de aula prática.

<p>De volta ao experimento!</p> <p>4. Submeta o tubo 1 (beterraba + água) ao aquecimento e observe o que acontece.</p> <p>- O que aconteceu com a água adicionada a beterraba? Como você explica o efeito do aquecimento nas membranas biológicas?</p> <hr/> <hr/> <hr/>
--

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Os participantes do EDI foram questionados (Figura 15) sobre o efeito da temperatura e todos eles foram coerentes ao que foi discutido durante a experimentação.

“Desnaturação da proteína e aumento da fluidez da bicamada lipídica que se rompe, liberando a coloração no meio”

ALUNO 12.

“A água começou a se pigmentar. Por causa do aumento na agitação das moléculas por causa da temperatura...”

ALUNO 14

“O aquecimento da água provoca agitação (agitação) de suas moléculas alterando as proteínas presentes na estrutura da biomembrana vazando a betacianina”

Nos textos selecionados acima, nos parece evidente que os alunos construíram uma explicação compatível com o discutido em sala de aula e indicam que os alunos interagiram com a evolução do experimento, buscando novas hipóteses para os novos problemas colocados. Dessa maneira, consideramos que um experimento rotineiro no ensino de ciências pode se tornar mais significativo no processo de aprendizagem, em função de uma abordagem problematizadora, se afastando do mencionado por Cachapuz *et al.* (2005) sobre o estilo de prática “receitas de cozinha”, costumeiramente empregado no ensino de ciências, no qual o aluno apenas reproduz todo conhecimento sem que haja reflexão sobre o fato estudado.

5.1.3 O EFEITO DA OSMOSE SOBRE UMA FATIA DE BATATA SUBMERGIDA EM ÁGUA E EM SOLUÇÃO SALINA

Na semana seguinte ao primeiro EDI foi realizado o segundo experimento, com intuito de reforçar informações sobre a membrana plasmática, mais precisamente para contextualizar mais adequadamente a osmose, um dos tipos de transporte através da membrana plasmática. Alguns alunos não participaram da segunda intervenção (EDI da osmose), por não comparecimento a aula, reduzindo a amostra para 25 participantes.

O experimento proposto é comumente visto em livros e em manuais de aulas práticas utilizados na educação básica, provavelmente por utilizar materiais de fácil acesso, ser visualmente perceptível e não ser necessário um espaço laboratorial para realização, porém, apenas 14% dos participantes fizeram tal experimento na vida escolar.

Anteriormente a aula dialógica foi montado o EDI com a participação dos alunos no preparo e identificação dos processos.

Figura 16 - Recorte parcial do roteiro efeito da osmose

Nome: _____

Transporte através das membranas celulares

As membranas são o limite das células e organelas com o meio extracelular e citoplasmático, respectivamente. Cabe a membrana viabilizar o transporte de todas as moléculas para dentro ou para fora dos ambientes limitados por elas. Os transportes podem ser passivos ou ativos, além de acontecerem através da bicamada lipídica ou pelas proteínas.

Proposta experimental:

- PERMEABILIDADE SELETIVA DA MEMBRANA PLASMÁTICA

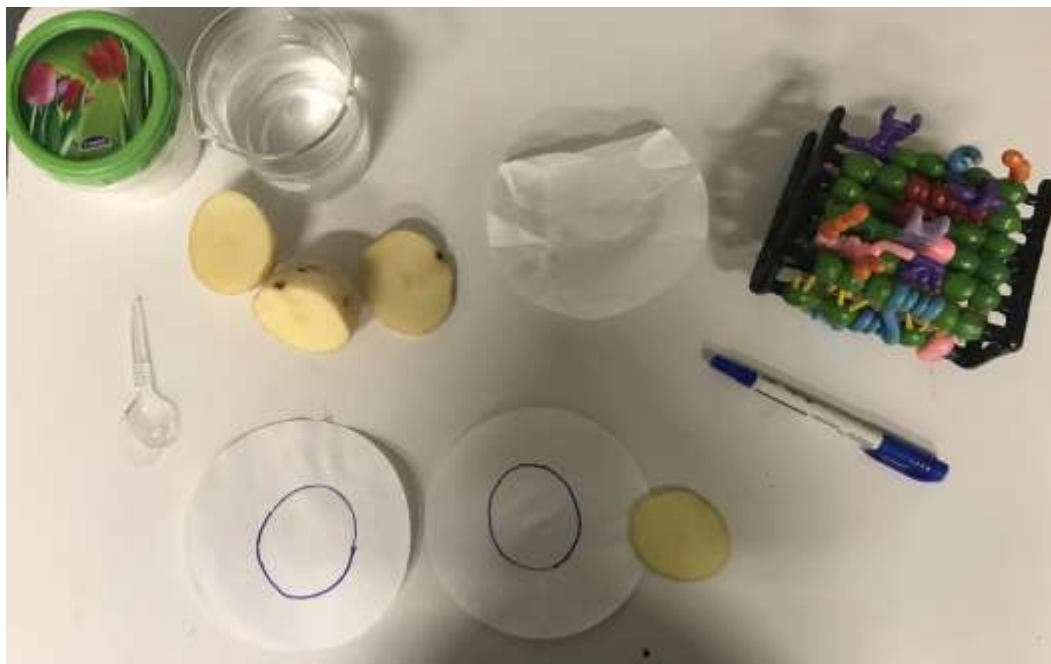
1. Com auxílio de uma faca ou estilete, corte uma fatia fina de batata (*Solanum tuberosum*);
2. Coloque a fatia sobre um pedaço de papel e circunde com uma caneta a área ocupada por essa fatia;
3. A seguir, coloque a fatia de batata em uma solução concentrada de NaCl (sal de cozinha) e aguarde cerca de 1 hora.
4. Seque a fatia em um papel filtro e coloque-a sobre a área anteriormente demarcada no pedaço de papel. Compare as marcações.

- O que ocorreu com o diâmetro da fatia de batata depois da imersão em solução salina? Indique e explique o processo ocorrido neste experimento.

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

A aula dialógica foi desenvolvida com bastante interação entre os alunos, e com o docente procurando instigá-los sobre o que transcorreria após a retirada da fatia de batata da solução salina fundamentado na composição da membrana. Transcorrida aproximadamente uma hora de aula, a fatia foi retirada, seca e seu diâmetro foi mensurado para que fosse comparado com o primeiro (Figura 17). Notamos à esquerda a marcação do diâmetro no papel filtro da fatia de batata antes e posteriormente à imersão na solução salina.

Figura 17 – Papéis filtro após medição do diâmetro da fatia de batata



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

No roteiro (Figura 16) os alunos foram questionados com relação ao que aconteceria com as fatias de batata após a sua imersão e 80% dos participantes foram capazes de pontuar hipóteses válidas e apenas 20% não se manifestaram conforme o discutido em aula, apresentando ainda erros conceituais referente ao processo de osmose

*“[...] Foi reduzido a sua dimensão, através do processo de osmose, onde o **sal penetra as membranas expulsando a água que está dentro das células** fazendo com que a batata diminua de tamanho. ”*

ALUNO 01 (grifo do nosso)

*“No começo os **íons passavam cineticamente para dentro da célula** até que se chegasse a um “equilíbrio” dentro e fora das células. **Depois começou a trocar íons pela H₂O por osmose diminuindo o tamanho da batata.** ”*

ALUNO 04 (grifo do nosso)

Percebe-se nesse caso supracitado que o Aluno 01 e o Aluno 04 inferem que haverá a passagem do soluto, sal de cozinha, para dentro das células da batata.

Porém, o movimento exercido é do solvente em direção ao local mais concentrado, contendo a maior concentração de soluto, ou seja, a diminuição do diâmetro da fatia de batata se dá pela saída de água (solvente) em direção a maior concentração de sal (soluto).

*“Ocorreu um diminuímento (uma diminuição) no diâmetro da batata, que ocorreu devido a osmose, um fenômeno que ocorre de acordo com a concentração da água do meio em relação ao outro meio com menor ou maior concentração em que a **água, a partir de um transporte passivo se transfere do meio mais concentrado para o menor concentrado.**”*

ALUNO 03 (grifo do nosso)

No caso do Aluno 03 também cometeu um erro conceitual, porém nesse caso o discente se equivocou ao dizer que na osmose a água se movimenta do meio mais concentrado (hipertônico) para o meio menos concentrado (hipotônico). Sendo que a ocorrência é inversa, a água busca dissolver a substância em altas concentrações saindo do meio menos concentrado (hipotônico) para o mais concentrado (hipertônico).

Independentemente da resposta estar ou não condizente com a explicação científica, pudemos perceber que houve uma sofisticação na elaboração da hipótese, usando termos abordados na etapa anterior da sequência didática. Além disso, a maioria dos alunos propuseram uma hipótese, o que pode significar que eles estavam estimulados, ou encorajados, a produzirem uma explicação para o fenômeno celular.

Com a análise dos resultados e com as respostas produzidas (hipóteses, discussões, interações...) percebemos a potencialidade do ensino por investigação e o uso das intervenções práticas de maneira ativa, para que essas não fossem apenas uma medida ilustrativa do conhecimento.

Assim como Carvalho e Gil-Perez (2000) mencionam há necessidade do aprimoramento profissional dos docentes, de modo que aconteça a diminuição do método tradicional de ensino e uma proposta mais reflexiva do conteúdo ministrado.

Concordamos com Pagel, Campos e Batitucci (2015) que apontam a importância do conhecimento teórico em sintonia com a prática realizada, de tal maneira que o discente tenha um bom aproveitamento, lembrando que a

experimentação deve ser voltada com o comprometimento do ensino-aprendizagem, a alfabetização científica e não apenas a ilustração do conteúdo.

5.2 ANÁLISE DO ENGAJAMENTO DISCIPLINAR PRODUTIVO DOS ESTUDANTES

Nesta etapa, a participação dos alunos foi registrada em áudio, vídeo e algumas falas foram transcritas fielmente para verificação da ocorrência de EDP. A produção destes dados foi realizada na primeira etapa da sequência didática, ou seja, na EDI do *Efeito do Solvente Orgânico acetona, detergente e água*.

A análise do EDP foi fundamentada na criação de 3 categorias, suscitadas pelas falas dos alunos.

Dentro dos registros realizados na pesquisa buscamos estabelecer parâmetros importantes existentes na prática do EDP como analisar a existência de Engajamento (E) por parte dos graduandos. Para Engle e Conant (2002) o engajamento se dá por interações entre os alunos e/ou entre professores e alunos nas diversas ocorrências em sala de aula. Esse quesito foi prontamente atendido, visto que após a professora expor o problema para a turma, os alunos começaram a sugerir hipóteses sobre o que ocorreria no experimento e dialogavam buscando respostas para os eventos visualizados no EDI, demonstrando assim que os participantes configuravam o *engajamento* para com a prática e a problematização.

Na sequência, buscamos analisar a existência do Engajamento Disciplinar (ED) e tal quesito foi atendido quando percebemos a organização dos alunos nas falas, ouvindo e debatendo sem que houvesse interrupções nas falas dos colegas ou da docente e que produziam e entregavam as atividades em conformidade com o solicitado e no prazo estipulado. Percebendo que havia um rigor no processo e que por mais que os alunos fossem estimulados à participação, era uma prática mediada pelo docente e que havia um propósito a ser alcançado.

Finalmente, buscamos identificar o EDP dos participantes. A “produção” dos alunos é percebida na qualidade do discurso que adotam e de como incrementam a prática investigativa. Assim, a partir das categorias suscitadas/criadas apresentamos alguns quadros com momentos de falas, para uma melhor identificação das categorias de EDP durante o processo investigativo. Identificamos os interlocutores a partir de siglas: **P**- professora; **AL**- alunos participantes, identificados por números, sendo que

esses números gerados aqui não possuem relação com os números dos alunos gerados na análise dos relatórios anteriormente.

No curso do processo de transcrição das falas dos alunos foi necessário a adoção da seguinte legenda:

... reticências = pequena pausa na fala;

[...] reticências entre colchetes = corte de algumas falas sem alteração no sentido do trecho.

Apresentamos novamente, as categorias mencionadas na metodologia deste trabalho, para facilitar a identificação dos resultados:

- **EDP1:** Construção de relações explicativas:

Acontece quando o aluno consegue fazer a junção/associação entre os conteúdos trabalhados em sala de aula respondendo ou encaminhando o desenvolvimento do raciocínio.

- **EDP2:** Trabalho colaborativo entre os alunos:

Os alunos interagem e a partir dessa interação era possível chegar a alguma explicação sobre o fato.

- **EDP3:** Contribuição para a discussão:

O aluno por alguma vivência externa a aula, cotidiana, contribui com o diálogo em questão.

Durante a aula dialógica, a professora comentava e questionava os alunos sobre como foi descoberta o conceito do “mosaico fluido”.

QUADRO 1 – Alunos realizando relações entre os experimentos sobre a membrana e seus resultados

Descrição	Indicador de EDP
P: E aí se observavam várias regiões parecido assim um lisinho com uns buracões, lisinho com buracão. E do outro lado, na outra metade equivalente aparecia um lisinho com montanha, lisinho com montanha...foi mais ou menos isso que se observou com <i>freeze etching</i> , que conclusões dá para tirar disso?	EDP1: Construção de relações explicativas
AL-1: Que a célula possui poro, por onde algumas moléculas passam	
P: Beleza são poros, do jeito que você falou ele é meio “buracoso”. E aí, esse poro do outro lado eu via o que?	
AL-1: Ah, eu não sei te explicar.	
P: Do outro lado do poro, do buraco da AL-1, eu tinha o que na outra metade?	

AL-1 A tampa!	
P: a tampa, o preenchimento	
P: Então na verdade é um poro, mas esse poro, não era exatamente um buraco, por que tinha alguma coisa. Do que podia ser essa outra coisa?	
AL-2: Proteína	
P: Aquele lisinho muito bem organizado era lipídio e aqueles buracos eram proteína. Foi daí que veio essa ideia mais moderna de que eu tenho lipídios de uma forma praticamente continua e eu tenho proteínas atravessando.	

Nas falas acima (Quadro 1) foi possível perceber a interação dos alunos contribuindo para a discussão, percebendo a dificuldade dos pesquisadores na época que propuseram um modelo de membrana plasmática devido aos dados obtidos em suas pesquisas. Os termos utilizados pela professora facilitam a capacidade de abstração dos alunos e além disso estava sendo projetado em sala slides do modelo de membrana que era considerado na época. Notamos um ensaio de um princípio fundamental do EDP, **a concessão da autoridade**, nas falas do AL-1, exibindo um comportamento mais ativo em comparação aos outros estudantes.

QUADRO 2 – Compreensão do conceito de osmose

Descrição	Indicador de EDP
P: [...] Conceito geral de osmose?	<p>EDP 2: Trabalho colaborativo entre os alunos.</p> <p>EDP 3: Contribuição para a discussão</p>
AL-3: Transporte por água	
AL-4: É o equilíbrio [...] em relação a quantidade de água. Quando tem muito dentro da célula, ela sai “pro” meio com menos água.	
AL-5: Não, diminui do menos concentrado “pro” mais concentrado para equilibrar, que seria a homeostase.	
P: A AL-3 falou em transporte pela água, acho que não. Transporte da água, já fico um pouco mais satisfeita. As razões desse transporte têm a ver com equilíbrio, mas não é bem a concentração de água e sim a concentração do que está dissolvido nela. Então é a água que se mexe, mas quem é que dá esse tom de que pra que lado que ela vai é o que está solubilizado nela.	
AL-5: O soluto	

Neste momento (Quadro 2) é perceptível a interação dos alunos com intuito de elaborarem o conceito para o questionamento realizado pela docente. Os alunos discutiram entre si e o AL-5 traz um conceito mais refinado que a AL-4, mostrando que já havia conhecimentos prévios sobre o assunto. Novamente percebemos pontos necessários à configuração do EDP nesse diálogo, **a concessão de autoridade e o fornecimento de recursos**, caracterizados que nesse caso pelos novos conhecimentos lançados na discussão pelo AL-4, fomentando a argumentação em sala.

QUADRO 3 – Cooperação entre os alunos para compreender a ação do álcool

Descrição	Indicador de EDP
P: [...] então a tal da água de solvatação, aquela água que fica ao redor das moléculas, ela pode ser um facilitador para uma molécula encontrar a outra e aí, eventualmente, o álcool pode detonar minha membrana, ou um lipídio, ou acetona pode detonar minha membrana, ou um solvente mega forte pode detonar minha membrana, como? Como será que ele detona minha membrana? Como será que ele interfere na minha membrana? Se é que ele detona mesmo, nós estamos sugerindo...Como será que aquele álcool pode interferir na minha membrana ou a acetona?...Hipóteses?	EDP 2: Trabalho colaborativo entre os alunos.
AL-5: O álcool é polar, então...polar vai reagir com polar. Então... “pera” aí[...] <i>(brincadeiras em sala)</i>	
AL-6: Polar como a água?	
P: Ele é polar como a água.	
AL-7: O álcool é mais viscoso	
P: O álcool é mais viscoso...não sei <i>(não audível)</i>	
P: Não é “atoa” que ele juntou com a água por que ele é polar e a água também é polar o problema é que eu quebro a tensão superficial e consigo chegar mais perto da membrana, mas em termos de polaridade não mudou. Ele é polar e se liga em uma coisa polar. O álcool é hidrofílico?	
AL-5: Sim	
P: Beleza? Acetona também?	
AL-5: Sim	
P: Tanto que ela não só evapora como hidrata.	
AL-17: Ele tem uma parte hidrofóbica também...	
P: O álcool? Não, ele é bem hidrofílico mesmo. Tanto que ele dissolve. Você já viu o álcool não dissolver? Você bota água e álcool, eles separam?	
AL-17: Não	
P: Nem acetona, bota lipídio...sobe. “Tá”, vamos ver onde a gente chega com isso.	

Nesse momento (Quadro 3) os alunos foram questionados de acordo com o conhecimento prévio e o conhecimento adquirido durando a intervenção dialógica, porém percebemos um entrave na elaboração das hipóteses e a sequência do raciocínio solicitadas pela docente, os alunos nesse momento ainda não conseguiam elaborar uma solução plausível para o questionamento.

Nota-se que os alunos no diálogo não fizeram uma relação com a polaridade das moléculas, no caso álcool e acetona, ambas possuem a mesma polaridade e são solventes orgânicos. Comparativamente os alunos sugeriram previamente, no relatório, com uma maior frequência de que a acetona haveria Remoção da coloração (30%); Danifica a membrana (15%) e Rompe a membrana (15%) todos eles não foram capazes de dar maiores detalhes de como isso ocorreria e tal fato se repetiu durante a aula, mesmo com a docente dando pistas de como poderia ocorrer.

Se sentia uma tímida interação por parte dos alunos, talvez pela dificuldade ao tema, ao raciocínio exigido ou até como Moreira *et al.* (2014) menciona que existe

uma comodidade por parte dos alunos durante as aulas devido ao método tradicional de ensino: os alunos esperam que o professor entregue todas as informações durante as aulas e que eles apenas a recebam.

QUADRO 4 – Interpretação dos resultados nos tubos contendo água, acetona e detergente

Descrição	Indicador de EDP
<p>P: [...] Agora vamos ver o resultado que a gente colheu. Frasco com água, deixa eu chacoalhar pela milésima vez...aspecto...? Translucido...Frasco com acetona (a regente chacoalha o frasco e mostra para turma). Aspecto? ... corado, beleza?! Detergente? Corado. Beleza, o que será...Primeiro, quando vocês responderam do outro lado da folha como que seria o aspecto macroscópico vocês acertaram? (<i>Alguns alunos gesticulam positivamente</i>)</p> <p>P: Pareceu obvio? (<i>Alguns alunos gesticulam positivamente</i>)</p> <p>P: Onde tem água não vai acontecer nada, onde tem acetona, vai dar uma detonada...eu descobri que eu detonei. O que vocês acham que aconteceu com a membrana?</p>	<p>EDP1: Construção de relações explicativas</p> <p>EDP 2: Trabalho colaborativo entre os alunos.</p>
AL-8: Destruíu os...	
P: Porque que está pigmentado?	
AL-9: Porque destruíu a membrana e o conteúdo vazou.	
P: Porque que está corado? (se direcionando a outro aluno)	
AL-10: Qual o...	
P: Os que tiverem.	
AL-10: Lesou a membrana né?	
P: E por que não está corado o que não está corado?	
AL-10: A água? Por que ela passa livremente e não destruiu a membrana	
AL-11: Ela passa livremente	
P: Então a água a gente viu que ela passa pela bicamada lipídica e pelas proteínas, então, não necessariamente ela interfere na membrana, beleza? E eu percebo que eu não interferei na membrana porquê?	
AL-9: Não “tá” corado.	

Nesse momento do Quadro 4, notamos a interação dos alunos com a interpretação do resultado obtido no tubo de ensaio contendo água, com os questionamentos realizados pela docente, em conjunto com a aula dialógica realizada os alunos perceberam que a água realiza uma livre passagem pela membrana. O uso da prática se mostrou útil ao entendimento dos alunos, visto que previamente 63% dos participantes demonstraram que não haveria alterações no tubo com água, 22% comentaram que ocorreria osmose e 7% informaram que haveria liberação da pigmentação. Já na reescrita houve uma mudança significativa de modo geral os alunos apresentaram respostas condizentes com o que foi discutido em sala e apenas 5% dos alunos reescreveram que ocorreria a osmose.

QUADRO 5 – Compreendendo o caminho dos fosfolipídios e reforçando o conceito de osmose

Descrição	Indicador de EDP
P: Lá no meu potinho de acetona e detergente o que aconteceu?	<p data-bbox="1193 394 1415 517">EDP1: Construção de relações explicativas</p> <p data-bbox="1193 551 1415 640">EDP 3: Contribuição para a discussão</p>
AL-8: Corado	
P: Com maior intensidade...está parecendo meio igual né?! Na verdade eu acredito até que...	
AL-10: O detergente corou primeiro	
AL-16: É...o detergente corou primeiro	
P: É eu acredito até que o detergente ficaria mais escuro, mas ele é um pouco branco leitoso então talvez ele tenha dado uma desbotadinha, mas realmente ele teve efeito primeiro né?! Primeiro, vocês achavam isso, que o detergente iria ficar mais escuro que acetona, como que era a sensação de vocês?	
AL-8: Achei que acetona ia ficar mais.	
P: Acetona parece mais agressiva né?! [...] a gente toma até susto com o cheiro da acetona, ela dá um aspecto de agressividade bem estranho e o detergente não sei se é por que a gente usa toda hora...a gente até acha, mas não dá aquela sensação de agressividade...então se corou eu destruí a minha membrana, destruí os meus fosfolipídios, concordam?	
AL-Vários: Sim	
P: Que nem a água, quando ela evapora, ela é destruída...eu destruí os meus lipídios?	
AL-Vários: Não...	
AL-10: Só desorganizou eles...	
P: Tanto na acetona quanto no detergente. Não, eu não destruí, eu?	
AL-12: Mas os cubos ficaram mais denso do que na água.	
P: Será? O que pode ter acontecido com a água pra que aqueles	
AL-12: Eu acho que a água (inaudível), pelo menos por um tempo maior ela (inaudível)	
P: Porque que a água...porque os cubinhos que estavam na água deu uma subidinha e os outros não?	
AL-05: Por causa da quantidade (de água) que você colocou.	
AL-16: a interação?	
P: Hipóteses gente?	
AL-11: Acho que acontece igual na célula que dentro e (faz gestos de expansão) a água entra e fica maiorzinho.	
AL-05: Ela fica túrgida.	
AL-16: Eu imagino a água entrando	
P: A água entrando...a água entra, passa? Ela tem razão osmótica para fazer isso? Dentro da beterraba tem o que sais minerais e não sei o que [...] será que sua concentração salina do seu citoplasma é maior? Então a água entra...e então eu boio...Hidratado, entumecido...É que eu "tô" falando de células vegetais. Células vegetais incham indefinidamente?	
AL-05: Sim, mas ela não rompe...	
AL-12: Ela tem parede celular	
P: Parede celular segura. Se eu tivesse hemácias eu teria, oh, (gestos de crescimento) já seriam os balões. Já nas outras será que acetona tem efeito hidratante ou desidratante	
AL- Vários: Desidratante	

Quando os estudantes foram questionados (Quadro 5) sobre para onde iriam os fosfolipídios “removidos” da membrana, já que a mesma havia sido destruída. A princípio eles concordaram, contudo, logo em seguida, perceberam que tal fato não ocorria, a docente utilizou de uma analogia importante para que os alunos percebessem que não acontece o desaparecimento das estruturas. Na sequência, após o questionamento do AL-12, eles também reafirmaram o conceito de osmose adquirido no começo da discussão como visto no Quadro 2. O AL-12 também auxilia na explicação do AL-05 sobre o motivo das células ficarem túrgidas e não se romperem percebendo ainda diferenças do comportamento entre as células vegetais e animais, no qual a primeira pela presença de parede celular tem um limite de turgidez já nas células animais isso não ocorre, justamente pela ausência de parede celular.

QUADRO 6 – Percepção das dificuldades dos alunos perante o Ensino Investigativo

Descrição	Indicador de EDP
P: Vamos lá, o que acetona faz? Conclusão número um: detonamos a membrana, beleza? Por isso a gente tem a betacianina saindo. Como a acetona conseguiu essa proeza, se a membrana era uma coisa quase que indestrutível e o auto selamento como será que a minha acetona interferiu nisso?	EDP 2: Trabalho colaborativo entre os alunos.
AL-05: Reagindo com a parte polar da membrana	
P: Vamos começar por aí, a acetona é?	
AL-12: Polar	
AL-05: Polar	
P: Ela interage com...?	
AL-05: Polar, que é...	
P: Tanto a água quanto...tem pedaço da membrana que é polar?	
AL-Vários: Tem.	
P: Por exemplo, os fosfolipídios tem pedaços polares?	
AL-Vários: Sim.	
P: Se entra um monte de coisa polar no meio dos fosfolipídios polares, só que são coisas polares, mas ela não tem o pedaço apolar (Ela se direciona ao quadro para esquematizar o que está sendo falado).	
P: (Depois o desenho realizado) Vamos pensar aí nas minhas acetonas. As acetonas são coisas polares, coisas polares que podem interagir com esse pedaço da proteína por exemplo? (<i>Mostrando um pedaço da proteína na representação no quadro</i>) Vai ter efeito? Parece que é por aí que eu danifiquei minha membrana?	
AL-05: Não	
P: A menos que eu desnature alguma coisa, não. Mas beleza vou colocar uns asteriscos polares aqui (<i>representando entre os fosfolipídios que formam a membrana</i>) e vou colocar só do lado de fora, mas eles poderiam ter atravessado e vir aqui pra dentro também certo? Então vou colocar aqui dentro também...Na hora que eu boto coisas polares ali assim, vocês conseguem sentir algum grau de desordem? Porque olha só, eu “tô” querendo danificar não é? Pra explicar o porquê que vazou como que eu posso chegar nesse grau de desordem?	

AL-13: A acetona vai começar interagir com as cabeças, e ai vai começar a criar vários buracos ao mesmo tempo. Porque é muita acetona “pra” pouca célula, aí...qual que é o nome do corante?	
P: Betacianina	
AL-13: a betacianina vai sair “pro” meio	
P: Então eu vou interagir com minhas cabeças, como é que fica a composição da minha membrana? Na hora que eu interagi...Olhá só quando a gente interage polar com polar é possível, certo, tem muita quantidade, você tem razão. Então tá como isso aí fica na estrutura da membrana? Por que assim, parece que está te incomodando? [...] Como isso pode interferir? Evolua.	
AL-14: Repulsão entre eles.	
P: Repulsão..., mas eles são afins. Eu preciso avacalhar. [...] Se são polares com polares interagindo com as cabeças polares isso impacta...	
AL-15: A acetona vai substituir a ligação, ao invés deles ligarem entre si (os fosfolipídios) vão ligar com a acetona não é isso não?	
P: Talvez, não sei. Gente é que eu não estou tão afim de dar resposta não, estou querendo saber, mesmo por que a resposta é genérica. Interfere em “bla bla bla”. E ai, interfere como? Onde? Por que se não a gente pode decorar uma resposta (inaudível) quero tentar entender. Junta! Vamos tentar juntar as coisas que nós vimos hoje pra ver se a gente chega numa pista. Sabe assim, vamos brincar de pista. E ai polar com polar a gente já viu onde que gruda, você quer que ele interaja, é muita quantidade,	
AL-15: A ligação vai deixar de ser soluto-soluto e vai passar ser soluto-solvente.	
P: soluto-soluto, eu ainda estou com as cabecinhas (dos fosfolipídios) grudadas ali, mas até ai alguém atrapalhou as minhas caudas? Se não atrapalhou as minhas caudas (dos fosfolipídios), será que eu ainda estou associado? Se eu estou associado eu não vazei, eu tenho que vazar.	

No quadro acima, notamos que os alunos interagiram entre si com intuito de buscar uma solução conjunta para o solvente acetona, entretanto os estudantes não findaram uma conclusão conjunta. Percebemos pontos importantes no Quadro 6. **Primeiro:** Os discentes demonstraram dificuldades em agregar as informações passadas pelos outros estudantes e os questionamentos executados pela professora, a fim de formar uma conclusão. **Segundo:** Notava-se uma preocupação com a resposta. Os aprendizes expressavam trejeitos de impaciência como se quisessem uma resposta pronta. Krasilchik (2008) menciona da desvantagem das aulas expositivas, nelas os alunos se mantêm na passividade o que acarreta uma baixa retenção de conteúdo já que eles se posicionam como ouvintes durante toda a aula perdendo o interesse e se acomodando com respostas prontas. Assim como será apresentado no Gráfico 12, 45% dos participantes não realizavam experimentos práticos durante sua vida escolar Borges (2008) menciona que uma atividade aberta, no caso do trabalho não houve um alto grau de abertura, **por ser** complexa para alunos sem práticas e vivências laboratoriais.

Sucedendo os fatos, a professora decidiu dar uma pausa na discussão e realizar a continuação do experimento, o efeito da temperatura, uma vez que os aprendizes não evoluíram na discussão, para que os alunos posteriormente retomassem as ideias.

QUADRO 7 – Discussão acerca do experimento Efeito da Temperatura

Descrição	Indicador de EDP
P: Na medida que eu comecei a aquecer a água que estava “transparentinha” começa a pigmentar. O que aconteceu “pra” poder pigmentar?	EDP1: Construção de relações explicativas
AL-10: Aumentou a temperatura, aumentou a fluidez da bicamada lipídica lá. Aí como aumentou a fluidez e a temperatura ela vai se liquefazer, vai aumentando...	
AL-9: Vai ficando agitado.	EDP 2: Trabalho colaborativo entre os alunos.
P: Beleza, se eu pensar em bicamada lipídica você está certo na minha opinião. Eu aumentei muito o grau de agitação das moléculas aquilo que estava organizado, liquefez, o que gerou muito buraco entre um e outro. No que liquefez, vazou. E se for pensar em proteína ela também desnatura então eu também tive um dano em 50% por desnaturação de proteína, beleza, rompi minha membrana. Vamos prestar atenção nessa explicação de novo. [...] Eu aumentei o grau de agitação das moléculas que levou a liquefazer aumentando absurdamente a fluidez, beleza? O que mantém a fluidez não é a associação? Então se alguma coisa interferir na associação eu também interfiro na fluidez? <i>(Ela se vira para o quadro, olhando para o esquema feito da acetona).</i>	
AL-9: Eu não sei falar...vou falar do modo chulo. A acetona desce e interfere nas associações da perninha (cauda dos fosfolípidios) e faz elas...	
P: Gente, mas o que me importa não como você escreve, o que me importa é sua cabeça entrar no ritmo	
AL-9: Tá bom, elas meio que assustam e saem da estrutura (A aluna gesticula sinal de distância).	
AL-05: Eu acho que é mais ou menos isso que ela (AL-09) falou com o que o AL-10 falou. Porque a perninha é hidrocarboneto, hidrogênio e carbono, então seria mais fácil a acetona associar a essa cadeia.	
P: Mas ela não vai associar a essa cadeia por que ela é polar [...] Olha só quando a gente estava aqui mais associadinho cabecinha com cabecinha. A gente mantinha um bom grau de compactação. Se eu tiver interferência, só no grau cabecinha, como que fica a flexibilidade da membrana? Olha só eu e a AL-09 . Vem “cá” AL-09 . Estávamos compactadas felizes e enrijecidas, aí vem um elemento e associa com as nossas cabeças polares [...] interfere no nosso grau de compactação? [...] o que acontece com meu grau de associação?	
AL-Vários: (Inaudível) eles se separam	
P: Então eu tenho mesmo com a membrana estabelecida e compacta eu interferindo nas porções polares, eu interfiro na fluidez?	
AL-Vários: Sim	
P: Então beleza, coloquei umas quatro acetonas aqui, eu interfiro na fluidez. Agora eu jogo dentro da acetona. Cadê a muita quantidade do AL-13 , eu botei porções polares “geral” na minha membrana interferindo nas minhas associações fosfolípídicas, eu mexi na fluidez? Será que eu mexi “pra” caramba na fluidez ao ponto de liquefazer a minha membrana, pode ser? Vocês aceitaram perfeitamente a explicação da temperatura, será que outras coisas polares: aguarrás, acetona, álcool e “blá blá blá” são de fato interferências na minha fluidez ao ponto de danificar a minha membrana?	
AL-Vários: Sim	

No Quadro 7 inicia-se com a discussão acerca do efeito do aquecimento sobre as membranas da beterraba com a demonstração do experimento conforme Figura 2. Constatamos que os alunos, no experimento do aquecimento, foram taxativos com seus argumentos, indo em direção a uma conclusão coerente, assumindo outro comportamento muito importante na concepção do EDP, que é **a responsabilização** pela construção de informação e sustentar que essa “hipótese” poderia ser expandida para explicar outro evento.

Engle e Conant (2002) afirmam que o conteúdo problematizado pode promover engajamento, desde que tenha a existência de refinamento nas ideias e ao longo da SEI, percebemos a evolução argumentativa dos alunos de tal maneira que sustentamos que prática foi significativa para o aprendizado, como mostra o Aluno 22 em seu relatório:

“Ao aumentar a temperatura da água, fez com que o grau de agitação das moléculas aumentasse, e conseqüentemente, aumentando a fluidez fazendo com que a betacianina vazasse”

Posteriormente, a docente fez uma conexão ao assunto tratado com o tubo da acetona, de maneira que os discentes repensassem o que havia sido trabalhado. O fato de os estudantes não terem alcançado uma conclusão construída coletivamente, sem auxílio da professora, não invalida o referencial de construção da sequência (ensino por investigação), visto que o mediador (professor ou aluno que tenha mais conhecimento) atuam no processo de construção de raciocínio para o direcionamento da atividade e para que as perguntas não terminem sem resposta. É preciso uma conciliação final e o compartilhamento das “respostas” que às perguntas que direcionaram a prática.

Na análise do EDP, o refinamento do raciocínio e o incremento textual progresso argumentativo proposta por Engle e Conant (2002), podem ser demonstrados a todo momento, por exemplo nas comparações entre as seguintes hipóteses iniciais e sua reescritas:

Hipótese inicial:

“A acetona vai ser o produto mais agressivo a membrana, com isso irá romper com mais intensidade a parede da membrana”

Reescrita:

“A acetona causou desordem no sistema quando houve interação com as cabeças polares da bicamada lipídica, as perninhas apolares ficam mais distantes aumentando a fluidez”

ALUNO 18

Hipótese inicial:

“...na acetona parece ter um pouco de dano nessa membrana...”

Reescrita:

“No segundo tubo a acetona que é polar interagiu com a parte polar deixando buracos entre os fosfolipídios causando vários buracos desintegrando a membrana”

ALUNO 8

Hipótese inicial:

“Acetona: por ser ácida, imagino que a mudança de PH provocara lise celular, fazendo com que a molécula da coloração entre em contato com o meio. ”

Reescrita:

“A acetona danificou a membrana, pois afetou na forma de interação das camadas lipídicas, fazendo com que a organização dos fosfolipídios mudasse, ou seja, a membrana foi liquefeita. ”

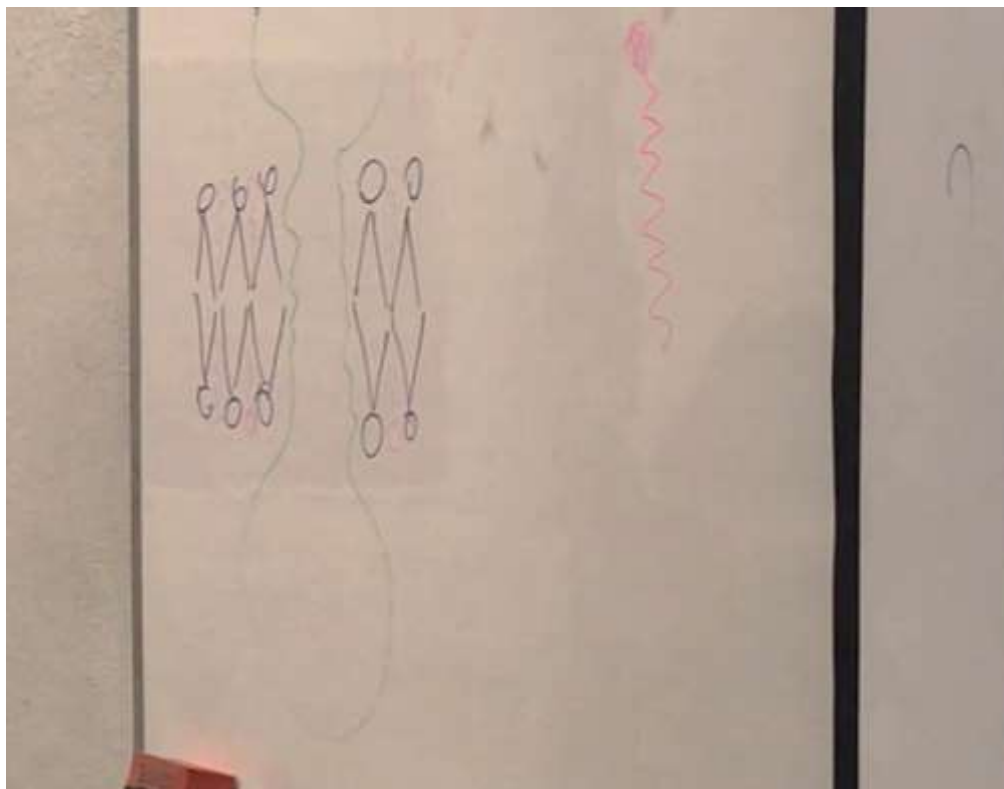
ALUNO 8

QUADRO 8 – Discussão sobre ação do detergente na membrana

Descrição	Indicador de EDP
P: Então agora eu queria que vocês me explicassem uma coisa diferente. Olha o detergente, sabe do que o detergente é feito? Hein protetores dos animais, quem morria de medo da carocinha quando era criança? Pra que que eles pegavam os cachorros?	EDP1: Construção de relações explicativas
AL-Vários: Pra fazer sabão	
P: Ahm...pra fazer sabão resposta óbvia, do que são feitos os lipídios dos sabões? De cachorro.	
AL-Vários: Risos	EDP 2: Trabalho colaborativo entre os alunos.
P: Certo, não é? Nunca mais eu tomo banho, nunca mais eu uso sabão. [...] detergente até onde eu sei não é feito de cachorro, mas do que é feito detergente? Quem tem na comunidade alguém que faz sabão hein?	
AL-16: Minha vó.	
P: De que sua vó faz sabão?	EDP 3: Contribuição para a discussão
AL-16: De óleo velho	
P: De sebo, de óleo, aí já começa a fazer sentido para o cachorro. Do que sabão é feito, vocês já viram esse povo reciclando. Esse pessoal vendendo as barras, sabão branquinho, cheio de soda caustica junto. Do que é feito sabão? De gordura, lipídio. Tem vários tipos de sabão, mas em geral eles são organizados em caudas, carbono, carbono, carbono, carbono, carbono, carbono e uma cabecinha polar [...] essa cabeça polar varia e essa cauda apolar normalmente 6-8 carbonos formam uma cauda apolar. O que eu quero dizer: Do que é feito o sabão? De coisas muito parecidas com (<i>desenha no quadro branco os fosfolipídios</i>). Gente, mas é lipídio, o lipídio não foi super agressivo, não detonou minha membrana, como?	
AL-05: Porque ele tem caráter anfipático ele dissolve...	
P: Tem caráter anfipático.	
AL-05: Então ele reage tanto com a parte polar quanto com a parte apolar da membrana.	
P: Representa o lipídio "lá" na minha membrana.	
AL-05: (<i>se movimentando apresentando sinais negativos</i>) Não.	
P: Ele é assim (<i>aponta para o quadro</i>) como que ele vai parar no meio da minha membrana? Onde, onde que ele liga?	
AL-9: (<i>faz gestos representando como aconteceria a ligação</i>)	
P: (<i>a docente entrega os pinças para AL-9 para que a mesma represente no quadro</i>)	
AL-9: Desenho representado Figura 18	
P: E aí, detonou com sua membrana? Gente, mas ele tem que ter detonado a minha membrana o outro (acetona) liquefez a minha membrana e esse agora?	
AL-9: Deixar rígido demais também pode detonar ela?	
P: Até poderia. Poderia dificultar algum transporte, permeabilidade	
AL-9: Mas isso seria uma coisa na (<i>inaudível</i>)	
P: Ainda mais que temos parede (celular) que deixa mais rígido mesmo. E aí, mas é claro que todo mundo sabe que tem que lavar a mão com água e sabão né? A gente sabe que se lavar só com água não adianta, a gente sabe que quando a gente espirra tem que passar ou álcool gel, que a gente já descobriu que ele detona a membrana de bactéria, ou sabão. Lógico, sabão, classicamente, detona a membrana, mas não parece ficou até bonitinho (<i>em referência ao desenho</i>)	
AL-14: Proteína	
P: [...] minha proteína é feita de aminoácidos, como que é cara dos aminoácidos do lado de fora?	
AL-05: Apolar	
P: Ou fílicos (hidrofílicos), "lá" dentro no miolo fóbicos (hidrofóbicos), qual que é a sua ideia?	
AL-14: (<i>Gesticula não saber como</i>)	

AL-15: Ele vai conseguir entrar na parte hidrofílica e vai se ligar ali no meio com a parte hidrofóbica.	
P: [...] vai representar para mim quero ver	
AL-15: Professora eu não sei representar isso não	
P: É assim, bolinha com tracinho assim...vai lá!	
AL-11: P não é em relação ao que eles estavam falando que ele fluido demais ele liquefaz. Ele não poderia ser nem o extremo pra fica muito duro nem muito... (Comentário a respeito de que os lipídios que entrariam na membrana a deixariam mais rígida, menos fluida).	
P: Pois é, é o que a AL-9 tinha comentado de que ele poderia enrijecer ali aquela membrana. Entretanto, eu não sei, eu acho que pode até comprometer o funcionamento, o transporte, a passagem, mas pensando em célula vegetal já "rola" uma rigidez também por causa da parede. Mas eu ainda não vi aquilo explodir, você está vendo aquilo ali explodir? Porque quando liquefaz, liquefaz. Vazou, não teve jeito. E agora, eu acho que ele rígido eu não consigo sentir esse vazamento, vocês sentem?	
AL-9: Estou sentindo essa proteína	
P: Você está sentindo essa proteína, a ideia é essa. [...] AL-15 e AL-9 me parece que vocês andam num caminho mais ou menos...	
AL-15: Tô ficando ansiosa	
P: Pois eu adoro gente ansiosa...olha só vocês tentaram detonar a bicamada lipídica, aparentemente você não conseguiram...	
AL-9: Tem como detonar com a proteína?	
P: Gruda o fosfolípido na proteína lá que eu quero ver.	
AL-9: Porque...	
P: Ela tem dois pedaços, um fílico e um fóbico, ahm...	
AL-9: Poderia "rolar" algo assim? (Demonstrando a forma com a qual o lipídio entraria em contato com a proteína)	
P: Não sei, faz sentido? Porque? Pra que?	
AL-9: Pra tentar fazer ligação e isso poderia comprometer a proteína.	
P: A proteína "tá chuchada" por que é hidrofóbica, se eu pegar os lipídios e grudar nos radicais hidrofóbicos da proteína.	
AL-9: Mas de qualquer jeito a cabecinha...ahhhh...mas se ficar desse jeito, se ela começar...ela consegue ficar aqui no meio? (se referindo ao fato da possibilidade dos lipídios ficarem dentro das proteínas de membrana) Então se vem "cá pro" meio comprometeria aqui ó fílico e fóbico.	
P: Beleza. Se eu tiver essa proteína...que só consegue ficar aqui dentro...por que ela só consegue ficar aqui dentro?	
AL-9: Por que a parte fílica fica com a fílica e a fóbica fica com a fóbica.	
P: E agora? Agora se eu pegar todos os radicais fóbicos dela e associar com essa cauda fóbica. Essa proteína como um todo fica fílica?	
AL-9: Ela sai e abre buraco.	
P: E abre um buraco?	
AL-05 e AL-9: Abre vários por que tem várias proteínas	
P: 50% de buracos.	
AL-9: Ai meu Deus, vou dormir em paz agora	
P: Eu abro 50% de buracos. O que acontece com os lipídios?	
AL-05: Se separam	
P: Se separam?	
AL-05 e AL-9: Aí eles vai formam micela	
P: Aí eu formo um monte de micela e as minhas proteínas estão solubilizadas. Foram solubilizadas, eu simplesmente tornei a minha proteína solúvel. Aí agora eu consigo pegar essa proteína que eu tornei solúvel, lava e jogá-la fora se fosse uma bactéria, sujeira, se fosse um óleo.	

Figura 18 – Representação realizada pela AL-9



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Na sequência da discussão do tubo de ensaio contendo acetona foi abordado com os estudantes os resultados do tubo de ensaio que continha detergente (Quadro 8). Percebemos uma maior participação dos estudantes nesse momento, os alunos foram ao quadro mostrar suas representações, se mostraram mais engajados e participativos. Observamos mais claramente o importante princípio da **responsabilidade** proposta por Engle e Conant (2002) de tal maneira que cada participante não detém todo conhecimento, e sim, é uma peça importante na contribuição e confecção do seu conhecimento e dos demais participantes da prática (SILVA e MORTIMER, 2011). Nota-se também durante todo o processo transcorrido da SEI a **problematização** parte importante e que tanto para as práticas investigativas quanto para acontecer EDP no qual Engle e Conant (2002) afirmam que o docente deve fazer propostas aos seus alunos, questioná-los ao invés de apenas esperar que eles assimilem os fatos, Carvalho (2011) e Wilsek e Tosin (2012) comentam que a problematização é importante, pois ela estabelece ordem no pensamento do indivíduo, e a partir disso se inicia a construção do conhecimento, sendo fundamental

que o docente participe de maneira mediadora, propiciando uma maior interação dos alunos.

Mesmo a docente fornecendo abertura aos alunos em certos momentos das transcrições, percebe-se que os alunos tiveram dificuldade em chegar a uma conclusão para alguns problemas propostos durante os momentos relatados por motivos tais como a dificuldade de relacionar os conteúdos empregados, a saída da postura passiva, se depararem pela primeira vez em uma prática investigativa e até estarem em frente às câmeras adicionalmente percebemos ainda que não houve a participação de toda a sala, houveram alunos que estavam mais engajados e participativos, outros sequer participaram ativamente nas filmagens ou nas falas, dispondo apenas do seu registro escrito.

Entretanto mesmo com os obstáculos os alunos conseguiram alcançar soluções sobre os experimentos, compactuando com Wilsek e Tosin (2012) que afirmam que aulas práticas disponibiliza aos estudantes a possibilidade de identificar ou não soluções para um devido problema investigando, elaborando hipóteses ou interpretando dados.

5.3 QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

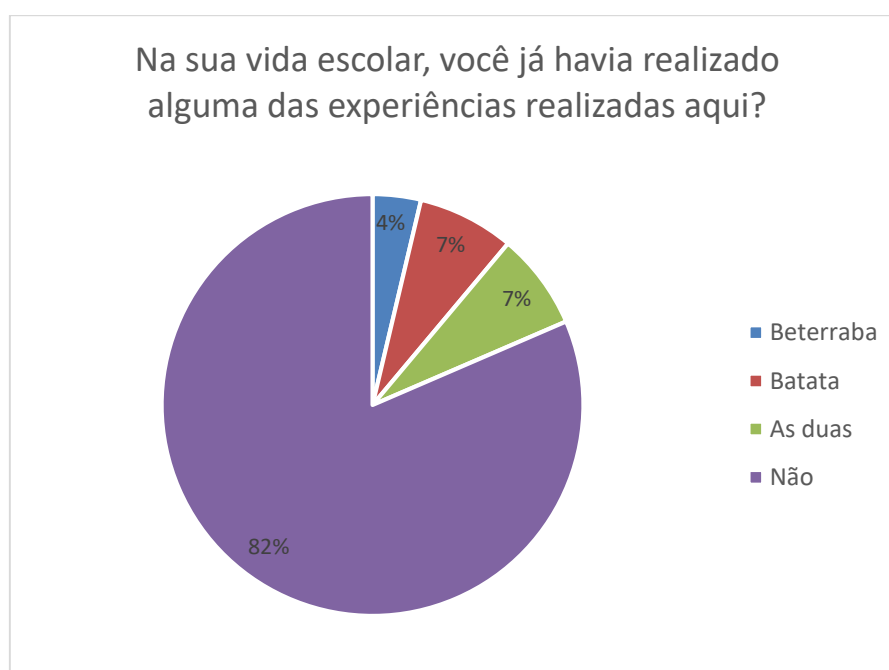
A utilização de questionários é de grande utilidade para o pesquisador de modo a facilitar a obtenção de informações sobre um determinado tema para preencher melhor as lacunas de uma determinada pesquisa. O questionário (APÊNDICE 2) teve o intuito de mensurar a percepção - ou o sentimento - dos participantes presentes nas práticas, ou seja, se foram ou não relevantes. Além disso, trazer informações acerca dos participantes da pesquisa, total de 27 estudantes.

Os sujeitos foram questionados sobre a escola de origem, e neste quesito, 74% vieram do ensino público, 19% do ensino privado e apenas 7% frequentaram ambas instituições de ensino durante o Ensino Médio.

O sujeitos avaliaram a SEI como uma ótima proposta em 59% dos casos, 37% a avaliaram como Boa e 4% como sendo Regular. Não houve quem considerasse Ruim ou Indiferente. Esses dados corroboram nossa hipótese de que a utilização da SEI pode ser uma boa metodologia para o ensino de Biologia Celular.

Sobre o questionamento se algum dos alunos já havia realizado alguma das práticas trazidas por nós, os resultados apontam que a imensa maioria nunca havia tido contato com as experiências.

Gráfico 7 – Conhecimento dos alunos com relação aos EDI's realizados na SEI



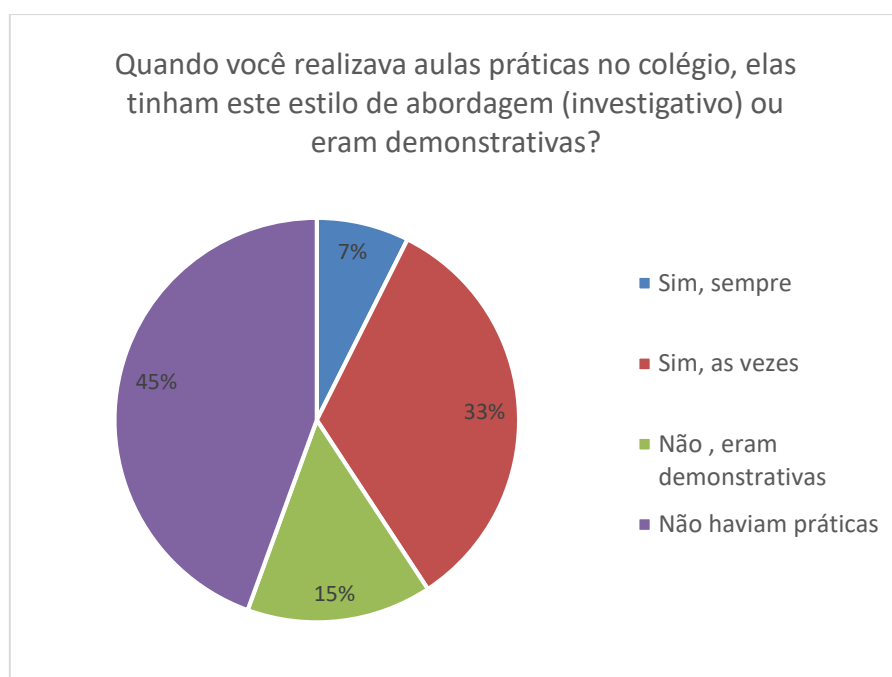
Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Os alunos também foram questionados se já realizaram alguma das práticas da SEI na educação básica, 82% deles afirmaram que nunca realizaram nenhuma das práticas da sequência, 7% deles já realizaram a prática que envolve a osmose na Batata ou as duas práticas propostas e apenas 4% realizou o experimento envolvendo danos a Beterraba.

Tal resultado não causou espanto, devido ao fato de a grande maioria dos alunos participantes serem egressos de escolas públicas. Segundo dados comparativos de Berezuk e Inada (2010) entre instituições da educação básica,

públicas e particulares, no município de Maringá (Paraná), os laboratórios são utilizados com menos frequência nas públicas pela ausência de material, espaço físico apropriado, manutenção dos equipamentos, falta de recursos e investimentos na área, além da ausência de um profissional especializado para trabalhar no local. Também mencionam que colégios, particulares ou públicos, que possuem tal estrutura, os professores, ainda assim, não utilizam tais espaços por falta de tempo para planejamento das atividades, ausência de atividades já preparadas, entre outros motivos. Além disso, quando profissionais se dispõem a enfrentar tal problemática, fazendo o uso de atividades com materiais de baixo custo, e acabam desmotivados devido aos baixos resultados obtidos. (BORGES, 2008; BEREZUK e INADA, 2010; ANDRADE e MASSABNI, 2011). Esta realidade também é um fator que nos motiva a preparar um material inovador, simples e que seja validado para que os professores adaptem com maior facilidade.

Gráfico 8 – Estilo das práticas realizadas pelos alunos participantes no EM



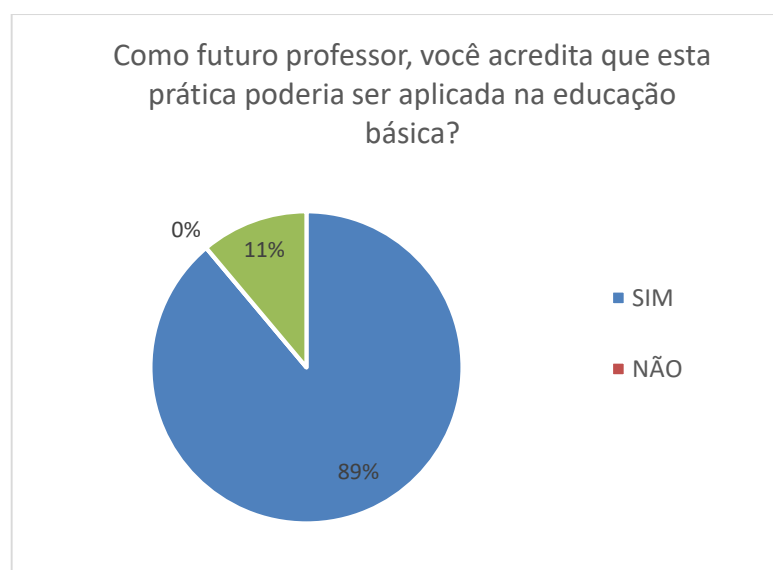
Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Com relação ao formato das aulas prática realizada nas escolas de origem, perguntamos se os estudantes as considerariam investigativas, tendo como parâmetro as práticas realizadas pela nossa sequência, ou se eram demonstrativas (Gráfico 9). Os alunos (45%) deram como resposta que não haviam práticas em suas

instituições de ensino, reafirmando argumentos elencados por Borges (2008), Berezuk e Inada (2010), Andrade e Massabni (2011) e Bassoli (2014). Outros 33% apontaram que as práticas realizadas em sua instituição de origem, às vezes, possuíam uma abordagem investigativa e outros 7% afirmaram que as práticas sempre eram investigativas. Esses dados demonstram que tal prática de ensino vem sendo aplicada em algumas instituições da educação básica, mesmo que de maneira tímida. Autores como Munford e Lima (2007); Sá *et al.* (2009); Wilsek e Tosin (2012); Silva e Mortimer (2016) reforçam que tal prática vem ganhando espaço na academia com a divulgação de pesquisas acadêmicas com intuito de explorar as potencialidades do tema e com o estímulo de programas de formação inicial e continuada para professores, aumentando a difusão dessa prática de ensino.

Considerando que 15% dos nosso sujeitos afirmaram que as práticas eram sempre demonstrativas, que para Rosito (2003) é aquela direcionada para demonstrar verdades estipuladas e tais atividades, em grande parte dos momentos, não permite a compreensão da sua construção e pouco contribuem para a visualização do conhecimento por um todo, de maneira implícita, contribui para formação de verdades definitivas.

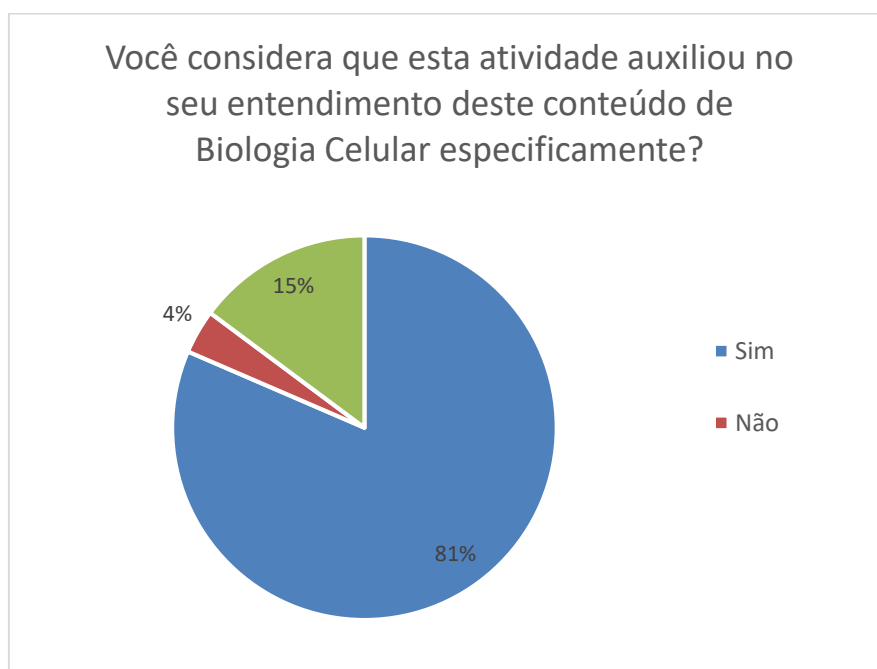
Gráfico 9 – Avaliação dos participantes sobre a execução da SEI na educação básica



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Os alunos também foram questionados sobre a validade da SEI pensando na sua formação como futuro professor da educação básica e 89% dos participantes assinalaram que a Sequência Investigativa pode ser aplicada na educação básica. Já 11% da amostra afirmou que tal prática não poderia ser aplicada completamente na educação básica. Compreendemos tal resposta supondo que os alunos pensaram que a SEI seria aplicada sem modificações ou adaptações para um novo público alvo, dessa maneira, isso impossibilitaria a aplicação para outro público. Nenhum dos entrevistados afirmaram que a prática não poderia ser aplicada na educação básica. Wilsek e Tosin (2012) em seu trabalho na área da física, mas utilizando a roupagem investigativa, perceberam que tal prática propiciou aos alunos participantes estímulo ao raciocínio, provocar o gosto pela Ciência, senso crítico e formação cidadã. Eles ainda afirmam que uma instituição na qual o discente participa do seu processo de ensino e aprendizagem, a aquisição dos saberes se torna mais palatável, de modo que, os conhecimentos adquiridos serão relacionados a sua vida cotidiana.

Gráfico 10 – Avaliação da SEI no entendimento do conteúdo de Biologia Celular

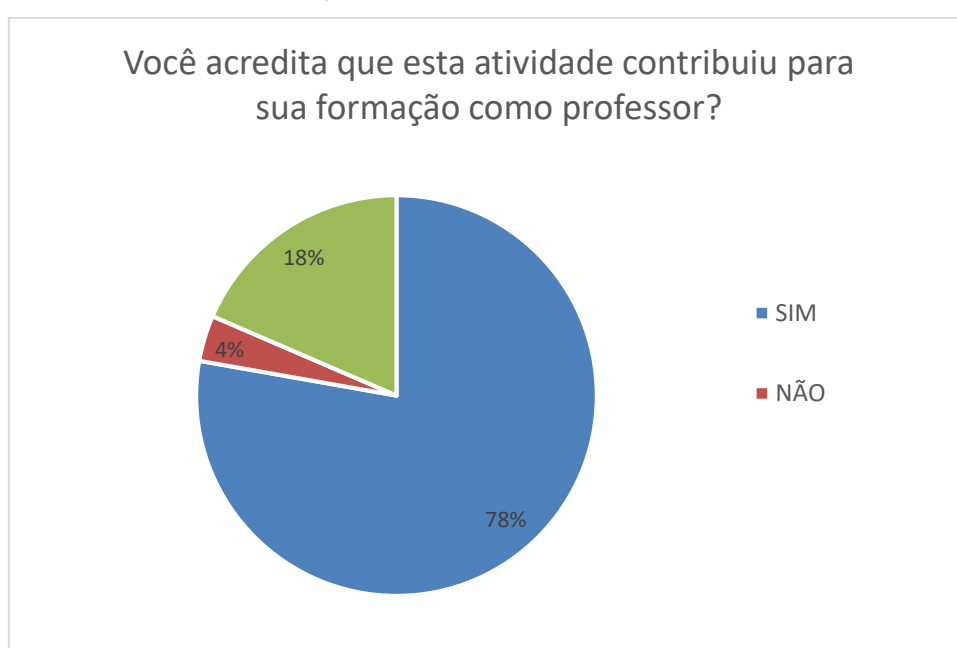


Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Em conjunto com esses dados, 81% dos participantes disseram que a SEI auxiliou no entendimento do conteúdo trabalhado, outros 15% responderam que o

material teve uma parcela de auxílio na compreensão do conteúdo ministrado e apenas um participante (4%) afirmou que não ocorreu melhora significativa com a utilização do material. Nossos dados corroboram os argumentos de Batista e Santos (2016) que ponderam que a utilização de sequências investigativas pode ser uma proposta alternativa ao ensino tradicional de Ciências, aquele baseado na transmissão do conteúdo ministrado em sala de aula, de modo que o aluno passe a ser o elaborador ativo do seu conhecimento.

Gráfico 11 – Contribuição da SEI na vida profissional do acadêmico



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Os participantes também foram arguidos acerca da validade da aplicação da SEI na sua formação profissional como futuros professores da educação básica. Do total de participantes 78% deles afirmaram que tal prática foi útil a sua formação como futuros docentes, já outros 18% replicou que tal prática teve impacto parcial na sua formação e 4% da amostragem não acredita que a atividade auxiliou na sua formação profissional.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscamos com o trabalho aprimorar o ensino de Biologia Celular por meio da criação de uma SEI, a partir dessa verificar se seria possível estimular o EDP dos alunos na sua execução.

Percebemos pelos dados analisados que a SEI teve êxito no ensino de Biologia Celular, visto que os alunos ao reescreverem suas hipóteses geraram resultados significativos, contendo explicações dentro do esperado. Salientamos que a escolha da abordagem investigativa foi proveitosa, dado que os alunos saíram do conforto de receber as respostas, como de costume em um ensino de transmissão de conhecimento.

Notamos também que durante o desenrolar da SEI foram verificados pontos para uma avaliação da sequência como proposta por Carvalho (2013) como a mudança de postura dos estudantes; avaliação de conceitos utilizados ao longo da prática e as relações de causa e efeito dos EDI's relacionadas com o conteúdo trabalhado. Mesmo que os participantes não tenham sido colocados em um ambiente no qual eles fariam a escolha do problema, suas hipóteses e o mecanismo de resolução, assim como proposto por Carvalho (2013), por outro lado autores como Jiménez-Aleixandre *et al.* (2000) alegam que ao orientar os alunos fornecendo-lhe informações ao longo do processo investigativo, são características importantes dentro desse ramo de ensino.

Neste trabalho, buscamos fornecer subsídios para entender referências acerca do EDP nas práticas investigativas. No trabalho evidenciamos os pontos essenciais como: Problematização, Autoridade, Responsabilidade e Recursos propiciando assim um ambiente favorável para que o EDP ocorresse segundo Engle e Conant (2002).

Buscamos em conjunto fomentar o EDP durante a execução da sequência e notamos que houve engajamento dos alunos no decorrer dela. Buscou-se a estimulação do EDP desde o princípio da proposta, realizando processos de problematização, estimulando o diálogo entre os estudantes, a criação de hipóteses e a resolução desses questionamentos.

A partir da pesquisa, compreendemos que o EDP se assemelha e permeia no ensino investigativo ou vice-versa assim como Sasseron e Duschl (2016) afirmam. Compactuando ainda com os autores, percebemos que a interação do discurso dos

estudantes com as práticas utilizadas nas aulas de Ciências, no nosso caso os EDI's, auxiliam na construção de conceitos utilizados na Biologia Celular.

Notadamente a SEI atuou como objeto mediador no conteúdo a qual foi proposto, propiciando ricas discussões dentro de sala, auxiliando como uma opção metodológica de ensino para os futuros professores e mostrando-os que o ensino de biologia pode acontecer de diversas formas. Tal pesquisa ainda viabilizou na disseminação do ensino investigativo no território brasileiro o qual engatinha em estudos e aplicações na área da educação.

Todavia, em aulas que fogem do tradicional pode gerar desconforto ao proponente, um maior tempo de preparo, novos conhecimentos, insegurança na nova prática e imprevistos que podem surgir. Porém, os ganhos da sua utilização são imensuráveis, potencializando o aprendizado dos discentes como sujeito ativo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTS, B. *et al.* **Biologia molecular da célula**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 1427 p.

AMARO, A.; PÓVOA, A.; MACEDO, L. **A arte de fazer questionários**. Disponível em: www.jcpaiva.net/getfile.php?cwd=ensino/cadeiras/metodol/20042005/894dc/f94c1&f=a9308. Acesso em: 15 jan. 2018.

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. **O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências**. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000400005>. Acesso em: 15 jan. 2018.

AZEVEDO, M. C. P. S. de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. Carvalho, A. M. P. de. In: **Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática**. Thomson, 2004. p. 19-33.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal; Edições 70, LDA, 2009

BASSOLI, F. **Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções**. *Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.

BASTOS, F. **O conceito de celular viva entre alunos de segundo grau**. Em Aberto, Brasília, v. 11, n. 55, p.63-69, jul./set. 1992. Disponível em: <http://emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/view/1860/1831>. Acesso em: 21 jan. 2017.

BATISTA, M. A. SANTOS, M. L. **Sequência Didática Investigativa: uma proposta para o ensino de Ciências utilizando a investigação científica numa trilha Educativa**. In: Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE), 3., 2016, Pirenópolis. Anais. Pirenópolis. UEG, 2016.

BEREZUK, P. A.; INADA, P. **Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná**. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v.32, n.2, p. 207 - 215, 2010.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.19, n. 3, p.291-313, dez. 2002.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

CACHAPUZ, A. *et al.* (Orgs.). **A necessária renovação do ensino das ciências.** São Paulo: Cortez, 2005.

CAMPOS, C. J. G., **Método de Análise de Conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde.** Revista Brasileira de Enfermagem. Brasília. v. 57, n. 5, set/out 2004, p. 611-614.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas. In: LONGHINI, M.D. **O uno e o diverso na educação.** Uberlândia: EdUFU, 2011. 336p.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de ciências por investigação - Condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap.1.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências.** São Paulo: Cortez, 2000. 120p.

CÉLULA. In: DICIONÁRIO Michaelis. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

COOPER, G. M.; HAUSMAN, R. E.. **A Célula: Uma Abordagem Molecular.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 736 p.

COSTA, J. M. **Software interativo como ferramenta para a otimização do ensino de biologia celular.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

ENGLE, R. A. & CONANT, F. R. **Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining an emergent argument in a community of learner's classroom.** *Cognition and Instruction*, v. 20, p. 399–484, 2002.

FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS (FISPQ) [Internet]. Bom Bril, 2015. Disponível em: <<http://www.bombril.com.br/trade/fispq/visualizar/limpol-detergente>>. Acesso em: 19 jan. 2018.

FRANCO, M. L. P. B., **Análise de Conteúdo**. 2 ed. Brasília: Liber Livro, 2005.

FREITAS, M. E. M. *et al.* **Desenvolvimento e aplicação de kits educativos tridimensionais de célula animal e vegetal.** *Ciências em Foco*, Campinas, v. 1, ago. 2009. Disponível em: <<http://ojs.fe.unicamp.br/ged/cef/article/view/4475/3519>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

FOGAÇA, M. **Papel da interferência na relação entre modelos mentais e modelos científicos de célula.** Dissertação de Mestrado – Faculdade de Educação de São Paulo, USP, 2006.

GALVÃO, T. B. *et al.* **Protocolo acessível para aula prática sobre fatores físicos e químicos que afetam a integridade das biomembranas.** *RBEBBM*, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/168>>. Acesso em: 19 de jan. 2018.

HARLEN, W. **Evaluating Inquiry-Based Science Developments** – A Paper Commissioned the National Research Council in Preparation for Meeting on the Status of Evaluation of Inquiry-Based Science Education. Bristol-Myers Squibb Foundation, 2004. Disponível em: <<http://stem.gstboces.org/Shared%20Documents/STEM%20DEPLOYMENT%20PROJECT%20RESEARCH/Evaluating%20Inquiry-Based%20Science%20Developments.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Sinopse Estatística da Educação Superior 2017**. Brasília: INEP, 2018. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>>. Acesso em: 19 de jan. 2018.

IPATINGA, Prefeitura Municipal de. **O ensino de ciências por investigação**. Ipatinga, 2011. 35p. Disponível em: <<https://cenfopciencias.files.wordpress.com/2011/07/apostila-ensino-por-investigac3a7c3a3o.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.; RODRIGUES, M.; DUSCHL, R. A. **Doing the lesson or doing science. Argument in high school genetics**. Science Education, v. 84, n. 6, p. 757-792, 2000.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008. 200 p.

LEITE, *et al.* **A importância das aulas práticas para alunos jovens e adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II**. Ensaio: 2008.

LEITE, L. Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In H. V. Caetano & M. G. Santos (Orgs.), **Cadernos Didáticos de Ciências – Volume 1**. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário (DES), 2001. p. 77-96.

LEWIN, A. M. F; LOMÁSCOLO, T. M. M. **La metodología científica em la construcción de conocimientos**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 20, n. 2, jun. 1998

MACHADO, E. F. **Os estudos observacionais de Maria Sibylla Merian: contribuições para o ensino dos insetos mediado por tecnologias da informação e comunicação**. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação, ciência e tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2016.

MAIA, D.P.; MONTEIRO, I.B. **Diferenciando a aprendizagem da Biologia no ensino médio, através de recursos tecnológicos**. Anais do primeiro seminário de educação profissional e tecnológica. Belo Horizonte: CEFET-MG, 2008.

MENDES, M. A. de A. **Produção e utilização de animações e vídeos no ensino de biologia celular para a 1ª série do ensino médio**. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em:

<[http://ppgec.unb.br/images/sampled/data/dissertacoes/2010/versaocompleta/maximiliano agosto de araujo mendes.pdf](http://ppgec.unb.br/images/sampled/data/dissertacoes/2010/versaocompleta/maximiliano%20augusto%20de%20araujo%20mendes.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2017.

MORAES, R. **Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva**. Ciênc. educ. (Bauru), Bauru, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MOREIRA, L. C. *et al.* **As atividades investigativas e a resolução de problemas no ensino de biologia: limites e possibilidades**. Revista Sbenbio: Associação Brasileira de Ensino de Biologia, Niterói, v. 7, p.4782-4793, out. 2014. Disponível em <<https://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0043-1.pdf>>.

MUNAYER, T. K. A. **A utilização de contos de suspense e atividades investigativas no processo de ensino e aprendizagem de química na educação básica : uma proposta de um paradidático sobre ciência forense**. 2018. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. **Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo?** Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 2007. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129516644007>>. Acessado em 19 jan. 2017

NASCIMENTO, A. P. do; CIRINO, D. W.; GHILARDI-LOPES, N. P. **Ensino por investigação e alfabetização científica: relato de experiência e análise das atividades do PIBID biologia UFABC (2011 - 2014)**. Revista Sbenbio: Associação Brasileira de Ensino de Biologia, Niterói, v. 7, p.335-343, out. 2014. Disponível em: <http://prograd.ufabc.edu.br/doc/subprojeto_pibid_01_2015.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2017.

OLIVEIRA, V. C.; BITAR, N. A. B.; RASSI, M. A. C. **Ensino de Ciências abordando a pesquisa e a prática no Ensino Fundamental da rede pública**. Pergaminho, Patos de Minas, v. 5, p.38-50, dez. 2014. Disponível em: <<http://pergaminho.unipam.edu.br/documents/43440/599489/Ensino+de+++ciencias+abordando+a+pesquisa+e+a+pratica+no+ensino+fundamental++da+rede+pública.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

ORLANDO, T. C. *et al.* **Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas.** Revista de Ensino de Bioquímica, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2009.

PAGEL, U. R.; CAMPOS, L. M.; BATITUCCI, M. do C. P. **Metodologias e práticas docentes: uma reflexão acerca da contribuição das aulas práticas no processo de ensino-aprendizagem de biologia.** Experiências em Ensino de Ciências V.10, No. 2, 2015.

POSSOBOM, C. C. F.; OKADA, F. K.; DINIZ, R. E. da S. **Atividades práticas de laboratório no ensino de biologia e de ciências: relato de uma experiência.** Universidade Estadual Paulista–Pró-Reitoria de Graduação.(Org.). Núcleos de Ensino. São Paulo: Editora da UNESP, v. 1, p. 113-123, 2003.

PETROVICH, A. C. I. *et al.* **Temas de difícil ensino e aprendizagem em ciências e biologia: Experiências de professores em formação durante o período de regência.** Revista da SBenBio, n. 7, out 2014. Disponível em <<http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0220-1.pdf>>. Acesso em 22 abr. 2016.

RAIMUNDO, R. L. S. **Avanços conceituais em biologia celular mediados por WebQuests.** 2017. 117f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

REIS, I. A. *et al.* **O ensino de Biologia sob uma perspectiva CTSA: análise de uma proposta pedagógica de uso de modelos didáticos da divisão celular.** In: IX ENPEC, 10-14., 2013, Águas do Lindóia. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas do Lindóia: Enpec, 2013. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1593-1.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

ROCHA, M. P. *et al.* **Atividades práticas em biologia celular.** Pelotas: UFPel, 2016. 144 p.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. **O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica**. Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2008.

ROSITO, B. A. O ensino de ciências e a experimentação. In: MORAES, R. (Org). **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRG, 2003. p. 195-208.

SÁ, E. F., *et al.* **As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 6, Florianópolis, SC, Atas..., 2007.

SANTIAGO, S. A. **Ciências Moleculares e Celulares**. Londrina: Educacional S.A, 2015. 224 p. Disponível em: <<http://files.comunidades.net/profandreluis/Livro.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

SASSERON, L.H.; DUSCH, R. A. **Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes**. Investigações em Ensino de Ciências. v. 21, n.2, 2016, p. 52-67.

SILVA, A. C. T.; MORTIMER, E. F. **As estratégias enunciativas de uma professora de Química e o engajamento disciplinar produtivo dos alunos em atividades investigativas**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 11, n. 2, p. 117-138, maio-ago. 2011.

SILVA, F. A. R. e; MORTIMER, E. F. **Atividade Investigativa na Educação Superior**. Curitiba: Appris, 2016. 335 p.

SILVA, G. C. C. **Histologia no contexto ciência tecnologia e sociedade: uma experiência na formação inicial dos professores**. 2017. 58f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

SOUZA, P. A.; GUIMARÃES, A. P. M.; ALMEIDA, R. O. **Biologia celular: uma revisão de experiências didáticas no ensino médio entre 2004 e 2014**. In: Anais X ENPEC; 2015 nov. 24-27; Águas do Lindóia. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R0982-1.PDF>>

SOUZA, T. N. **Engajamento disciplinar produtivo e o ensino por investigação: estudo de caso em aulas de física do ensino médio**. 2015. 137p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Química e Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, p.32, 44, 2015.

TEIXEIRA, P. M. M. **A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento CTS no ensino de ciências**. *Ciência & educação*, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003.

WILSEK, M.; TOSIN, J. **Ensinar e aprender ciências no ensino fundamental com atividades investigativas através da resolução de problemas**. *Estado do Paraná*, v. 3, n. 5, 2012. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1686-8.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

_____. Parecer CNE/CES n. 1301/2001, de 06 de novembro de 2001. **Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de ciências biológicas**. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 07 dez. 2001. Seção 1, p. 25. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

8 ANEXOS

ANEXO 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA A PESQUISA.

Prezado(a) Aluno (a),

Eu, Cláudio Henrique de Souza Fernandes, mestrando em Ensino de Ciências pelo Programa Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Ouro Preto (MEPC/UFOP), juntamente com a Profa. Dra. Uyrá dos Santos Zama, Professora do Departamento de Ciências Biológicas (DECBI) da Universidade Federal de Ouro Preto, iremos desenvolver uma pesquisa cujo título é “BIOMEMBRANAS E O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA EDUCAÇÃO SUPERIOR”. Os objetivos deste estudo são: Analisar e avaliar os efeitos da construção de uma sequência didática investigativa sobre Biologia Celular na aprendizagem de alunos do Ensino Superior do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto.

Para tanto, estamos convidando o(a) Senhor(a) a participar desta pesquisa cuja coleta de dados se dará pela participação (engajamento disciplinar produtivo) registrada por meio de filmagens ao longo da Sequência Didática Investigativa proposta na pesquisa, gravação de áudio dos participantes e por um questionário de opinião estruturado. Além dos comentários e experiências vividas durante a aplicação da pesquisa.

Sua participação é voluntária e não implicará em maior risco ou desconforto direto. Apesar de a dinâmica acontecer durante a disciplina de Biologia Celular, todas as análises de dados serão feitas após o encerramento da mesma e não serão utilizadas como avaliação na disciplina. Para garantir o sigilo, os registros produzidos serão identificados por códigos, e acessados apenas pelos responsáveis pela pesquisa (orientadora e orientando). Os dados serão armazenados em computadores dos pesquisadores e serão protegidos por ferramentas de edição de texto. Nos comprometemos a usar os dados coletados apenas para a pesquisa. Os resultados serão vinculados através de artigos científicos em revistas especializadas e/ou

encontros científicos e congressos, sem nunca tornar possível a identificação dos participantes.

Informo que o Sr(a) tem a garantia de acesso, em qualquer etapa do estudo, sobre qualquer esclarecimento de eventuais dúvidas. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética da Universidade Federal de Ouro Preto - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação ICEB II Campus Universitário Morro do Cruzeiro 35400-000 - Ouro Preto (MG) - Brasil Tel.: +55 (31) 3559-1367 / 1368.

Também é garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo. A pesquisa será suspensa caso seja constatado qualquer ocorrência que possa comprometer e causar danos a instituição ou aos alunos. Todos têm o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas e caso seja solicitado, darei todas as informações que solicitar.

Não existirão despesas ou compensações pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será assumida pelo orçamento da pesquisa. Qualquer indenização por qualquer dano que possa ser causado por sua participação na pesquisa ou qualquer despesa adicional será assumida pelo orçamento da pesquisa e ficará sob responsabilidade do pesquisador principal.

Eu, _____ fui devidamente orientado (a) e esclarecido (a) sobre o objetivo e a finalidade da pesquisa, os procedimentos a serem realizados, bem como a utilização dos dados nela obtidos. Esses dados poderão ser utilizados para a pesquisa e para publicações posteriores, desde que a confidencialidade seja garantida. Por isso aceito participar das atividades da pesquisa intitulada “BIOMEMBRANAS E O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA EDUCAÇÃO SUPERIOR” vinculados ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências - MEPC/UFOP.

Assinatura do participante

Data: __/__/__

Telefone: _____

E-mail: _____

Assinatura do Pesquisador _____

Data: __/__/__

Cláudio Henrique de Souza Fernandes

(31) 98701-6019 chsfernandes@hotmail.com

Assinatura do Orientador _____

Data: __/__/__

Uyrá dos Santos Zama

(31) 3559-1217 uyrazama@iceb.ufop.br

ANEXO 2: DECLARAÇÃO DE CUSTOS DA PESQUISA

Ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto.

Prezados (as) senhores(as),

Vimos, através desta, afirmar que o projeto de pesquisa: “**BIOMEMBRANAS E O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA EDUCAÇÃO SUPERIOR**”, do professor pesquisador Cláudio Henrique de Souza Fernandes, não possui financiamento de agências de fomento e não dependerá de recursos da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) para ser desenvolvido. Todos os gastos com material, deslocamento da pesquisadora e outros que venham a surgir durante a pesquisa serão custeados pelo pesquisador.

Atenciosamente,

Orientadora: Prof^a.Dr^aUyrá dos Santos Zama

Email: uyrazama@gmail.com

Orientando: Cláudio Henrique de Souza Fernandes

Email: chsfernandes@hotmail.com

9 APÊNDICES

APÊNDICE 1: MANUAIS DE AULAS PRÁTICAS

Nome: _____

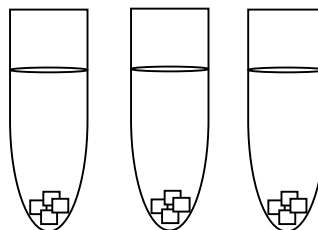
Composição e integridade das membranas celulares

As membranas são envoltórios finíssimos que revestem todas as células e suas organelas. Com a espessura média de 7 nm, as membranas só podem ser observadas ao microscópio eletrônico de transmissão (**MET**), sendo que nos microscópios ópticos, apenas podemos constatar sua presença através de métodos indiretos. As membranas são compostas por **lipídeos** (fosfolipídios principalmente), **proteínas** e **açúcares**, organizadas como um mosaico fluido. Estas se formam espontaneamente em **ambiente aquoso** e sua integridade é mantida especialmente pela propriedade de “autosselamento”.

Proposta experimental:

VERIFICAÇÃO DO EFEITO DO DETERGENTE E DE UM SOLVENTE ORGÂNICO (ACETONA) SOBRE A INTEGRIDADE DA MEMBRANA PLASMÁTICA

1. Numere 3 tubos de ensaio e os coloque no gradeado;
2. Coloque dentro de cada um deles alguns cubos de beterraba (*Beta vulgaris*) lavadas e secas previamente.
3. Adicione respectivamente:
 - TUBO 1 – 5 ml de água;
 - TUBO 2 – 5 ml de acetona 70%;
 - TUBO 3 – 5 ml de detergente.



- Após alguns minutos, quais as diferenças macroscópicas você espera que sejam observadas entre os 3 tubos?

De volta ao experimento!

4. Submeta o tubo 1 (beterraba + água) ao aquecimento e **observe** o que acontece.

- O que aconteceu com a água adicionada a beterraba? Como você explica o efeito do aquecimento nas membranas biológicas?

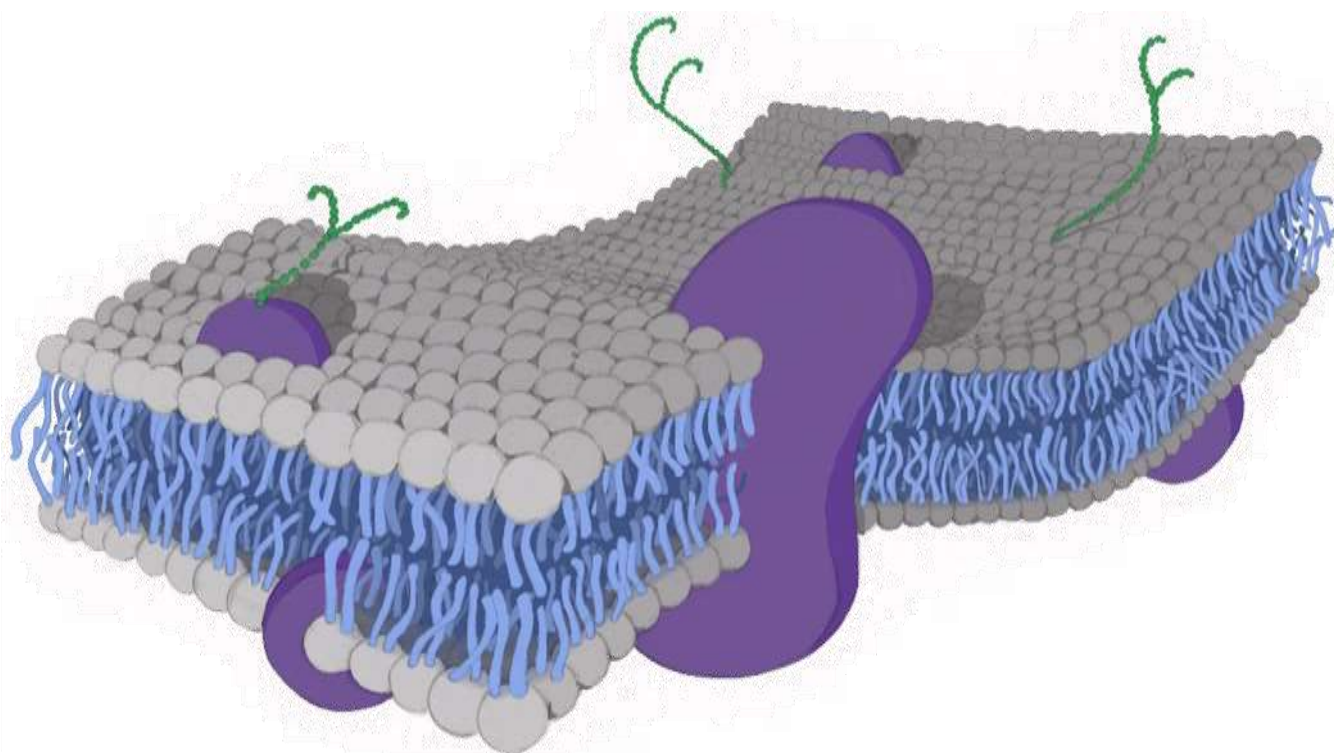
APÊNDICE 2: QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

Com relação à sequência didática desenvolvida sobre o tema “biomembranas”, avalie as atividades realizadas.

1- Gênero:							
Masculino				Feminino			
2- Ensino médio realizado em escola da rede							
Publica		Privada		Ambas			
3- Como você avalia a prática realizada?							
Ótima		Boa		Regular		Ruim	Indiferente
4- Você considera que esta atividade auxiliou no seu entendimento deste conteúdo de Biologia Celular especificamente?							
Sim		Não		Em parte			
5- Na sua vida escolar, você já havia realizado alguma das experiências realizadas aqui?							
Sim, a da beterraba		Sim, a da batata		Sim, as duas		Não	
6- Quando você realizava aulas práticas no colégio, elas tinham este estilo de abordagem (investigativo) ou eram demonstrativas?							
Sim, Sempre		Sim, às vezes		Não, eram demonstrativas		Não haviam práticas	
7- Como futuro professor, você acredita que esta prática poderia ser aplicada na educação básica?							
Sim		Não		Em parte			
8- Você acredita que esta atividade contribuiu para sua formação como professor?							
Sim		Não		Em parte			

APENDICE 3: PRODUTO

O que é que a membrana tem?



Cláudio Henrique de Souza Fernandes

Uyrá dos Santos Zama



Esta Sequência Didática é produto da dissertação
“Biomembranas e o ensino por investigação na educação superior”, desenvolvida no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Ouro Preto, de autoria do Prof. Claudio Henrique de Souza Fernandes sob orientação da Profa. Dra. Uyrá Zama, do Departamento de Ciências Biológicas da UFOP.

As ilustrações utilizadas foram produzidas baseadas na estrutura microscópica das membranas biológicas e em experimentos realizados por nós, sendo portanto de nossa autoria.

O QUE É QUE A MEMBRANA TEM?

Prezados colegas professores, o desenvolvimento deste trabalho foi fundamentado na valorização da curiosidade humana, da nossa capacidade de elaborar perguntas desde que tivemos um primeiro contato com o mundo, ainda na primeira infância.

Muitos de nós, escolheu a academia como professores e pesquisadores, e fez da vocação por fazer perguntas, sua profissão.

Como pesquisadores, deixamos as perguntas nos mover e assim que obtemos alguma resposta, ela prontamente suscita outras tantas perguntas.

Por outro lado, quando exercemos a docência, levamos para a sala de aulas um conjunto de “respostas” que selecionamos cuidadosamente como fundamentais para o desenvolvimento de nossos alunos, mas muitas vezes esquecemos de oportunizar a eles, o instinto de perguntar.

Nessa relação, a transmissão das respostas ocorre passivamente e a pergunta que mais se ouve é “porque que é que eu tenho que saber isso”?

Assim, nos desafiamos a reorganizar algumas práticas usuais no ensino de Biologia Celular, mais especificamente sobre as Biomembranas, em uma abordagem investigativa, problematizada.

Gostaríamos com isso, que o aluno experimentasse ser co-responsável por sua aprendizagem e que adotasse uma postura mais crítica e participativa na sua formação.

Evidentemente, em uma única intervenção, não pudemos avaliar se o aluno adquiriu maior proatividade, entretanto, sugerimos que a adoção da investigação pode, no mínimo, ajudá-los a compreender melhor **“O que é que a membrana tem?”**.

INTRODUÇÃO

Dentre os vários conteúdos biológicos abarcados no Ensino Médio, está a Biologia Celular, então chamada de citologia. Em geral, o estudo das células eucariontes e procariontes, suas estruturas, constituição, funções e processos, ocorre no primeiro ano e ancora outros tantos conhecimentos de anos posteriores. Devido ao fato do seu principal objeto de estudo, as células (e suas organelas), serem microscópicas e não observáveis plenamente mesmo quando existe um laboratório de microscopia na escola, o ensino de biologia celular é, ao mesmo tempo, estimulante e um desafio para alunos e professores. Autores como Mendes (2010), Orlando *et al.* (2009), Fogaça (2006) e Bastos (1992) afirmam que a ausência da visualização dos fenômenos, aliado ao alto grau de abstração demandado em um extenso conteúdo (com grande quantidade de termos inéditos) abordados em sala de aula, não favorecem o processo de ensino-aprendizagem.

Mesmo na educação superior, quando se imagina que muitos dos alunos tenham escolhido a área biológica em razão de um interesse por assuntos relacionados às células, seja no contexto escolar ou na vida cotidiana (nas mídias principalmente), percebemos que há uma ruptura quando todos aquelas notícias fantásticas são traduzidas em nomes e processos complexos.

Estes desafios não são novidade e muitos professores pesquisadores de suas próprias práticas vem investindo no desenvolvimento de metodologias e ferramentas que ampliem o sucesso da aprendizagem. Várias estratégias vêm sendo experimentadas, como as trazidas pelas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), seja no formato de animações/microfilmagens (ALBERTS *et al.*, 2017), vídeo-aulas (por exemplo os vídeos depositados na Khan Academy, <https://pt.khanacademy.org>), Webquests (RAIMUNDO, 2017). Mais tradicionalmente, os professores de biologia celular se utilizam da

construção de modelos (Figura 1) e da montagem de aulas práticas experimentais (ROCHA *et al*, 2016).

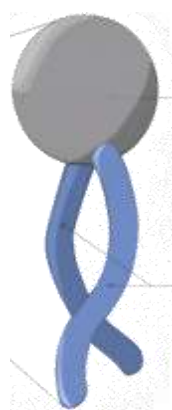
Figura 1: Representação da membrana em Biscuit (acervo pessoal)



No contexto escolar, quando pensamos em aulas práticas de biologia, inconscientemente, vislumbramos laboratórios, dissecações, microscópios, frascos especiais e todo aparato tecnológico que os cientistas utilizam em suas pesquisas. A execução dessas práticas pode de fato causar grandes efeitos ao aprendizado, ampliando a visão dos estudantes em sala de aula e fora dela, incitando ainda ao desafio e o raciocínio (LEITE *et al.*, 2008; BEREZUK e INADA, 2010).

Todavia, para Borges (2002) estas práticas são utilizadas como representação de ideias e conceitos, no qual o aluno simplesmente comprova o que se viu na teoria, sem que haja qualquer tipo de reflexão durante a execução do experimento. De modo distinto ao que o autor afirma sobre as práticas de ensino em biologia, o ensino por investigação afirmam Silva e Mortimer (2016), Carvalho (2013) e Azevedo (2004) reconhecem que as práticas são úteis, visto que conduzem o aluno a buscar uma compreensão de conceitos, fazendo com que participe de

seu processo de aprendizagem, tanto conceitual quanto procedimental, ocasionando o aumento da motivação, do raciocínio, da astúcia, da argumentação, da atitude e até na construção de valores. No ensino investigativo o docente deixa de ter um papel centralizador, cedendo ao aluno este posto, e se coloca como orientador mediando o raciocínio do estudante. Essa modalidade está pautada em **perguntas** ou na problematização, na formulação de hipóteses, explicações e evidências. Para que essa investigação fosse implementada decidimos utilizar os conceitos de Carvalho (2013) a respeito da Sequência de Ensino Investigativa (SEI). A SEI é um conjunto de atividades planejadas sobre um determinado conteúdo, como as Biomembranas, com objetivo de evidenciar conhecimentos prévios, ideias próprias, vivências... estimulando o desenvolvimento de novos conhecimentos, por parte dos alunos participantes, além de estimular o debate em sala de aula e a construção coletiva das relações explicativas.



É você?

Percebe que seus alunos estão
motivados nas aulas práticas ou apenas
aguardam o tempo do experimento
transcorrer para anotar os resultados?

PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO (SEI)

O objetivo é construir o entendimento da estrutura e a composição de uma Biomembrana e o quanto esta organização é espontânea, estável, mas não indestrutível. Para tal, propusemos dois problemas

direcionado ao docente mediador, que ao longo da SEI poderá desdobrá-lo em questões menores e sucessivas.



Pergunta 1

Como e quais elementos podem interferir na integridade da membrana ao ponto de desorganizá-la?

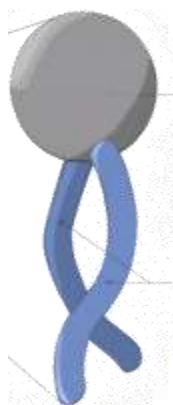
Para que os alunos compreendam este questionamento selecionamos um Experimento Didático Investigativo (EDI) que chamamos de “O efeito do solvente orgânico acetona, do detergente, da água e da temperatura nas membranas”. Neste experimento, empregado no ensino médio e superior, o aluno poderá evidenciar a ocorrência ou não de danos à integridade da membrana plasmática das células da beterraba, por meio da liberação dos plastídios contendo betacianinas, que passam a colorir ou não o meio no qual as células foram submersas.

Sugerimos que alguns aspectos sejam discutidos na montagem do experimento como motivadores da curiosidade:

- No início da disciplina, geralmente são abordados os diferentes métodos de estudo das células e os alunos descobrem, que farão poucas observações sobre os componentes celulares, pois estes são menores que o limite de resolução do microscópio óptico e, quase nunca, eles terão acesso a um microscópio eletrônico. Muitas vezes esta percepção frustra as expectativas dos alunos que esperavam ver ao menos as mitocôndrias com suas cristas, ou

os ribossomos com suas subunidades. Neste sentido, esta prática mostra que mesmo não “enxergando” a membrana plasmática, é possível fazer uma extrapolação do que ocorre em cada célula para a organização macroscópica do cubo de beterraba. É uma observação indireta!

- Ainda, consideramos importante que eles percebam que outras Ciências, como a Química ou a Bioquímica, foram suficientemente úteis para que pesquisadores postulassem modelos organização da membrana, muito antes que estas pudessem ser observadas ao microscópio eletrônico. Ou seja, as perguntas é que movem a Ciência! Ver não é a única forma de enxergar!
- Considerando o conhecimento da composição lipoprotéica da membrana, porque escolhemos essas substâncias? Na vida cotidiana destes alunos, eles frequentemente associam os solventes (acetona, álcool, etc.) a removedores de gordura. Da mesma forma, limpam utensílios e superfícies engorduradas com detergente. Como será que isso é possível? Será que a gordura desaparece? E se lavarem as mãos apenas com a água... será que a gordura é eliminada? E as proteínas? São apenas estruturas acessórias na organização das membranas?
- E a temperatura? Como elas interferem na membrana? Será que a variação da temperatura faz o mesmo que o aquecimento e o resfriamento de uma porção de manteiga, ou seja, liquefaz ou endurece? E as proteínas? Muitas vezes, a palavra desnaturação aparece nas respostas, entretanto, carecem completamente de significado.



Pergunta 2

Mesmo íntegra, a membrana é intransponível?

Para tal questionamento, propusemos outro EDI, que chamamos “O efeito da osmose sobre uma fatia de batata submergida em água e em solução salina”. Neste EDI sugerimos que sejam abordado os diferentes tipos de transporte através da membrana plasmática, usando como ponto de partida, o processo de osmose.

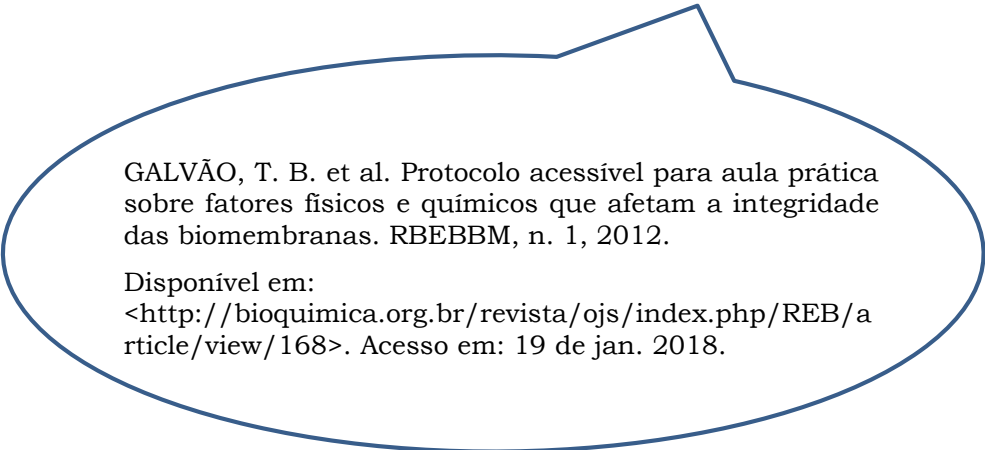
Novamente, sugerimos alguns aspectos que podem ser mediadores da discussão:

- As palavras “osmose”, “homeostase”, “soluto e solvente” são muito frequentes no discurso dos nossos alunos. Em geral, conhecem um pouco sobre os processos, mas não conhecem os atores em seus papéis. Quem de fato atravessa a membrana? Por onde? Bicamada lipídica ou pelas proteínas integrais?
- O que significa de fato transporte ativo e passivo? Quando considerado passivo não há nenhuma energia despendida, como a própria energia cinética das moléculas? Quando ativo, sempre demandamos da energia de ligação armazenada na molécula de Adenosina Trifosfato (ATP)?
- Falamos em ambientes aquosos. Falamos que somos 70% água. Mas onde fica essa água toda? Ela está livre na célula? Ou seja,

cada vez que nos movemos, a água celular se movimenta conosco? Os ambientes aquosos intra e extracelular são iguais? A concentração iônica é a mesma? Qual o papel dos íons na osmose e nos transportes como um todo?

Compreendam que o ensino por investigação ou baseado em problemas deve levar em consideração todo tipo de hipótese e elementos que os alunos trouxeram para a discussão, mas o professor mediador precisa ter definido, quais questões ele pretende resolver. Qual o rumo que a prática deve assumir para alcançar os objetivos. Por isso, a sugestão de percursos que oferecemos até aqui.

Para mais informações, sugerimos a leitura do artigo:

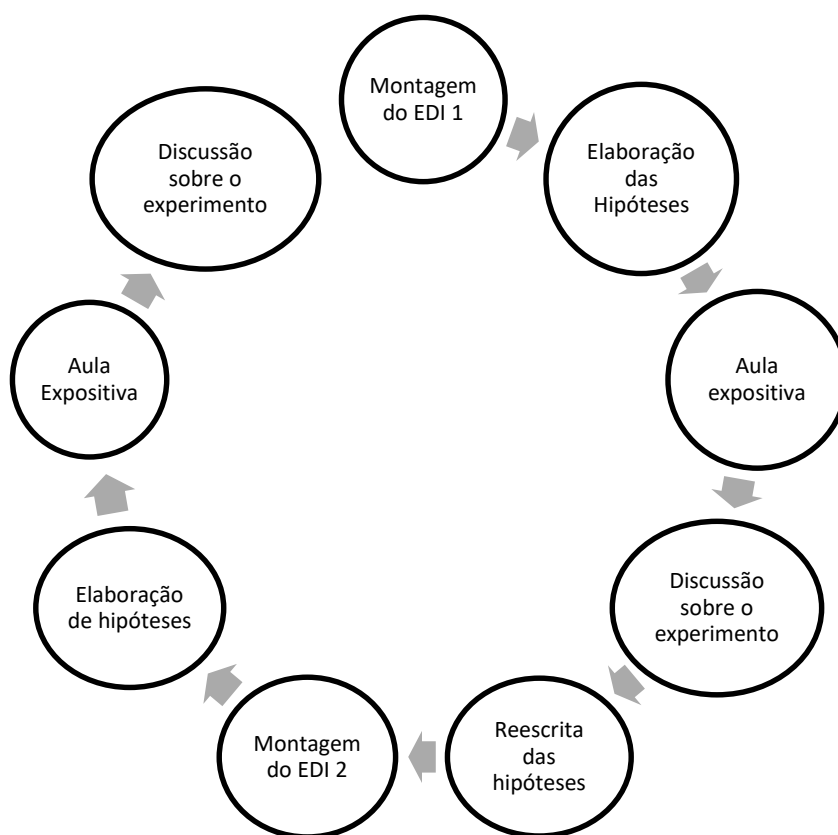


GALVÃO, T. B. et al. Protocolo acessível para aula prática sobre fatores físicos e químicos que afetam a integridade das biomembranas. RBEBBM, n. 1, 2012.

Disponível em:

<<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/168>>. Acesso em: 19 de jan. 2018.

 SUGESTÃO DE APLICAÇÃO DA SEI



Primeiro Momento – Exposição e montagem do EDI:

Duração: 15 minutos

Procedimento: Sugerimos iniciar a aula montando o experimento junto com os alunos, organizados em grupos, caso seja uma turma numerosa, ou uma única montagem para que todos acompanhem. Sugerimos que o experimento seja montado em sala de aula onde será ministrada a aula teórica dialógica. Em seguida os roteiros deverão ser entregues aos alunos, para que eles tentem antecipar o efeito que será observado, bem como elaborem uma hipótese explicativa para o fenômeno.

Atenção!

- Os cubos de beterraba devem ser preparados com antecedência. Um dia antes, corte cubos proporcionais ao frasco que será utilizado e enxague abundantemente. É preciso que toda betacianina liberada no corte seja lavada, para que nos frascos não

haja a pigmentação dos líquidos independentemente destes causarem ou não danos a membrana.

- Os utensílios utilizados para a prática podem ser desde tubos de ensaio, Beckers até recipientes improvisados, entretanto, este precisa ser resistente a acetona. Muitos dos frascos de plástico não são resistentes a acetona, provocando um aspecto turvo da acetona e comprometendo o resultado final.
- O detergente pode ser de uso residencial, entretanto, lembrem de escolher uma versão transparente. O detergente será diluído em partes iguais com a água no frasco do experimento.
- A acetona pode ser PA (para análise) ou comercial. Não precisa ser diluída, mas se possível, o frasco deve permanecer fechado em função de ser uma substância volátil, com grande tendência a hidratação e de odor irritante.
- Para o aquecimento podem ser utilizados desde placas aquecedoras ou agitadores magnéticos com aquecimento, ou mesmo um ebulidor. Também é interessante levar a água já aquecida e acondicionada em um recipiente térmico para evitar acidentes em sala de aula.

Roteiro proposto para a primeira EDI:

Nome:

Composição e integridade das membranas celulares

As membranas são envoltórios finíssimos que revestem todas as células e suas organelas. Com a espessura média de 7 nm, as membranas só podem ser observadas ao microscópio eletrônico de transmissão (**MET**), sendo que nos microscópios ópticos, apenas podemos constatar sua presença através de métodos indiretos. As membranas são compostas por **lipídeos** (fosfolipídios principalmente), **proteínas** e **açúcares**, organizadas como um mosaico fluido. Estas se formam espontaneamente em **ambiente aquoso** e sua integridade é mantida especialmente pela propriedade de “autosselamento”.

também a comunicarem entre si, o preenchimento não se trata de uma tarefa individual, o processo de discussão entre eles é importante.

A mediação do professor é essencial nessa etapa, onde será realizada a **Problematização** que consiste em gerar um problema, fomentar desafios aos alunos durante o processo pedagógico.

Segundo Momento – Aula dialógica:

Duração: 1:30h/aula

Procedimento: Nesse segundo momento o professor deverá iniciar uma aula sobre a membrana plasmática, contendo parte histórica, sua composição, estrutura, demais componentes da membrana, polaridade das moléculas que a formam. Sugerimos que a aula seja apresentada em Power Point, visto que tal conteúdo é de difícil abstração, facilitando assim a visualização das estruturas mencionadas. Esta aula não seguirá o padrão tradicional de ensino, logo, o docente deverá instigar os alunos a pensarem sobre os fatos abordados, sugerimos que o regente tente aproximar o conteúdo com exemplos do cotidiano sempre que possível e propicie a interação integrada da classe.

Em todo momento da apresentação do conteúdo em que for abordado conteúdos que auxiliarão na formulação da resposta, sugerimos que o professor mencione ou destaque que a informação é relevante.

Por exemplo, (1) ao longo da explicação da composição da membrana, em geral com 50% de massa de proteína e 50% de lipídio; (2) na explicação das propriedades, como a reciclagem e o autosselamento; (3) na conceituação de fluidez de membrana e dos fatores que interferem neste equilíbrio e (4) principalmente na diferenciação entre micelas (Figura 2) e bicamadas lipídicas (Figura 3).

Figura 2: Fosfolipídio (em destaque) organizado em micelas

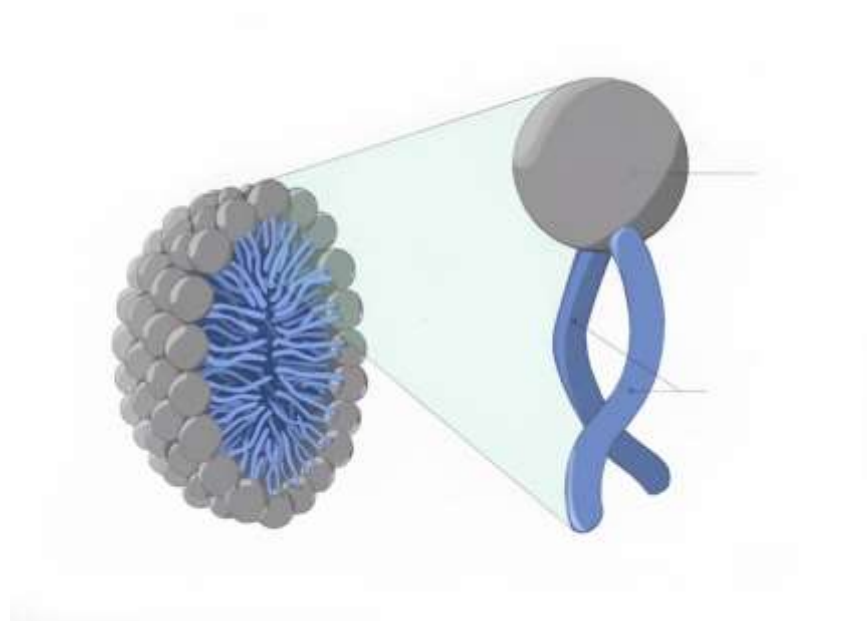
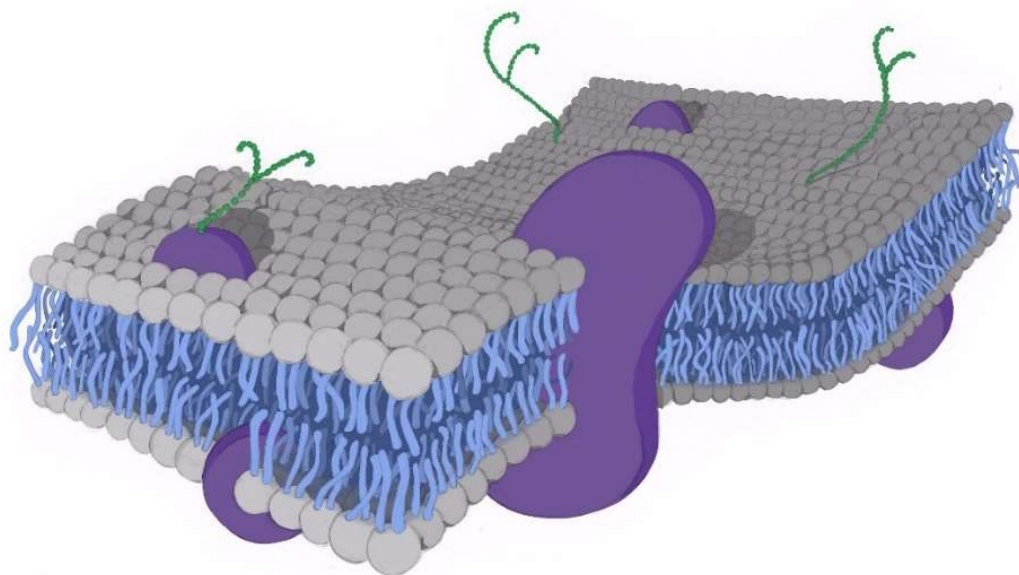


Figura 3: Membrana plasmática formada pela bicamada lipídica, proteínas e polissacarídeos



Terceiro Momento – Discussão dos Experimentos:

Duração: 40min/aula

Procedimento: Na sequência da aula, agora que os alunos possuem uma maior bagagem teórica, inicia-se a discussão dos

experimentos com a intenção que os conceitos abordados no segundo momento juntamente com os conhecimentos prévios da turma sejam utilizados para a confecção de uma explicação sobre cada um dos reagentes.

Primeiramente solicite aos alunos que verifiquem se suas hipóteses foram confirmadas ou não, interaja de tal maneira que os alunos expliquem/expresssem o que colocaram, dessa maneira eles irão discutir entre eles elaborando argumentos válidos ou equivocados. O docente é essencial para que os argumentos equivocados não sejam assumidos como afirmações verdadeiras. Discuta com a classe a composição de cada um dos reagentes, sua polaridade, comparando com a composição da membrana de tal maneira com que estas “pistas” facilite a compreensão do coletivo dos alunos.

Nesse momento, em que os alunos demonstram um maior apanhado sobre os conceitos e que algumas conclusões já estão mais bem formuladas e interiorizadas, submeta o frasco contendo água e beterraba ao aquecimento em uma fonte de calor disponível. Solicite aos alunos que gerem hipóteses sobre os acontecimentos futuros, focalizando a situação da membrana plasmática antes e depois. Prossiga com a discussão de tal maneira que os estudantes notem a interferência da temperatura na membrana, de tal maneira que eles percebam que as moléculas ficarão mais ativas (grau de agitação molecular) e a membrana mais fluida, causando assim a desorganização das moléculas e o extravasar dos plastídeos da beterraba. Ao final solicite que preencham o último questionamento do roteiro.

Em seguida, retorne aos questionamentos sobre as hipóteses dos três tubos de ensaio contendo os solventes e solicite aos alunos que assinalem uma das alternativas a respeito da validade das suas hipóteses.

Caso elas sejam confirmadas, solicite que o discente assinale “SIM”, caso elas não sejam confirmadas que assinalem “NÃO” e se as hipóteses forem parcialmente confirmadas ou refutadas, que assinale “EM PARTES”. Logo abaixo existe um espaço para que o aluno reescreva a sua hipótese. Solicite que mesmo aqueles que preencheram SIM, que sua hipótese inicial havia se confirmado, que reescrevam a casuística dos fenômenos observados. O processo de reescrita é de suma importância do ponto de vista pedagógico, pois a partir dele pode ser percebido a evolução da linguagem, a sofisticação dos conceitos, o uso de informações debatidas em aula ou trazidas da própria vivência, que balizará ou não a metodologia. Mesmo que o grau de entendimento do processo varie entre os alunos, o que mais importa é a evolução individual e o quanto ele se engajou na busca pela solução.

Quarto Momento – Exposição e montagem do EDI:

Duração: 10min/aula

Procedimento: O regente começará a aula realizando a montagem do segundo experimento conforme instruções do roteiro, caso o local tenha disponibilidade de laboratório o mesmo poderá ser realizado nesse espaço dando preferência para que os alunos realizem os procedimentos propostos. Em seguida o regente fará a distribuição dos roteiros.

Roteiro proposto para o segundo EDI

Nome:

Transporte através das membranas celulares

As membranas são o limite das células e organelas com o meio extracelular e citoplasmático, respectivamente. Cabe a membrana viabilizar o transporte de todas as moléculas para dentro ou para fora dos ambientes limitados por elas. Os transportes podem ser passivos ou ativos, além de acontecerem através da bicamada lipídica ou pelas proteínas.

primeiro experimento não deverá ser realizado de modo tradicional, o docente deve propiciar aos alunos uma visão questionadora sobre os fatos discutidos.

Novamente, a aula deve traçar o raciocínio dos alunos como por exemplo, (1) Quando o transporte é realizado através da bicamada lipídica, quando ocorre por proteínas? (2) Como a água atravessa a bicamada lipídica? Talvez seja um aparente paradoxo extremamente instigante! (3) O que são as famosas bombas de ATP? (4) Qual a vantagem do transporte acoplado? Novamente, um ponto de difícil compreensão, é como o transporte acoplado (que se utiliza da diferença de concentração a favor de um gradiente) é uma categoria de transporte ativo? (5) Existem outras fontes alternativas de energia? E a luz? (6) E as células que tem parede celular? As paredes interferem na passagem da água? (7) Se o experimento fosse montado com células animais, o resultado seria o mesmo? (8) Já que a concentração iônica dentro e fora da célula são diferentes, o que significa para o organismo a ingestão de bebidas isotônicas? São isotônicas em relação a quem? (9) Se somos feitos de células, o mergulho em água salgada, ou a perda de água pelo suor pode afetar as nossas células? Novamente, se pretendemos que os alunos extrapolem o efeito de uma célula para uma fatia de batata, temos que estar preparados para transpor para o organismo todo!

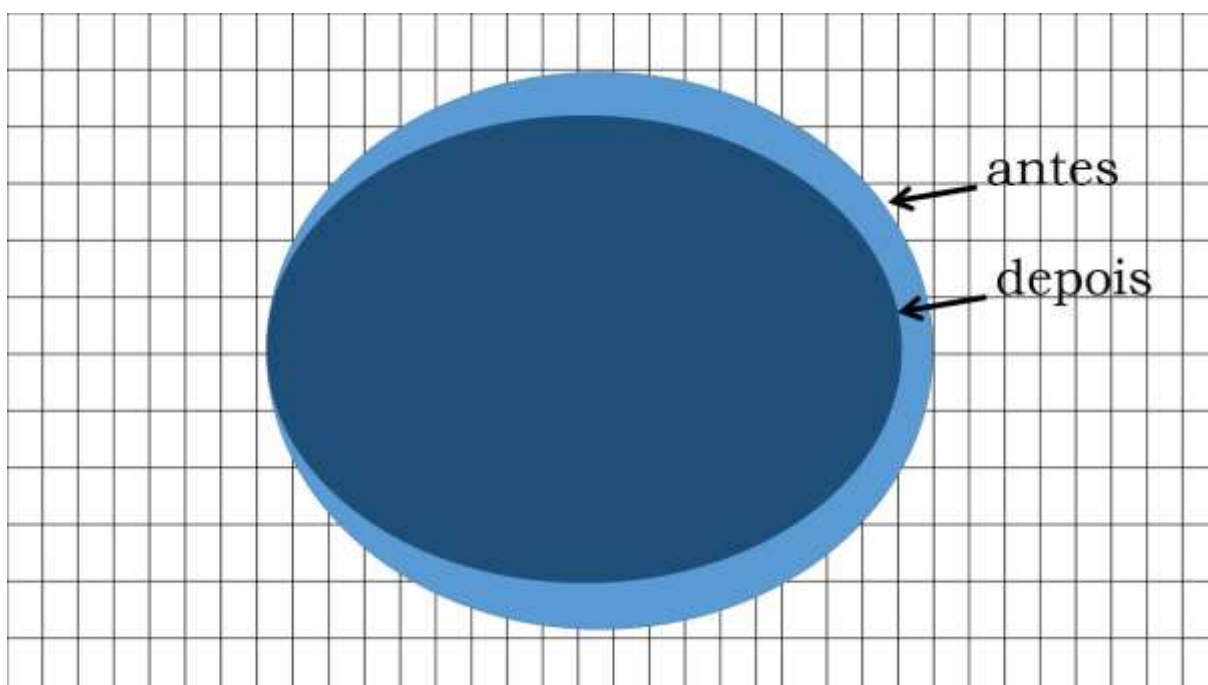
Sexto Momento – Discussão dos Experimentos:

Duração: 30 min/aula

Posteriormente a aula dialógica retome ao experimento e revele aos alunos o que ocorreu com as fatias de batatas submersas nos líquidos, questione-os sobre os motivos da diferença entre as fatias e questione-os de tal maneira a saber se esse era o resultado esperado por todos.

Posteriormente a isso solicite que os alunos preencham o roteiro com o máximo de detalhes possíveis.

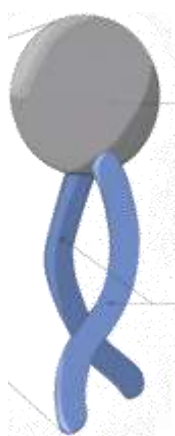
Para melhor visualização da osmose na fatia de batata, sugerimos o uso das marcações em papel milimetrado ou quadriculado (de preferência plastificado para marcação de caneta para retroprojetor ou marcados de CD), de forma que mesmo que o efeito seja mais sutil que o esperado, ele possa ser claramente mensurado.



CONCLUSÃO

Consideramos que esse movimento, dos alunos trazerem para a aula assuntos cotidianos deve aparecer nestas aulas e em outras tantas. Nem sempre podemos nos preparar para todas as respostas, o que é muito interessante! Voltamos ao papel de “perguntadores” e abandonamos a postura de fornecedores das respostas.

Na nossa opinião, o ensino por investigação pode auxiliar no aprendizado e no seu engajamento ao curso. A problematização pode demonstrar aos alunos que o encanto e curiosidade pela biologia celular que os trouxeram para um curso na área biológica, ainda está no espaço escolar! “Aprender”, se apropriar de um conceito/conteúdo, não é uma obrigação punitiva, mas uma fonte inesgotável de perguntas...



Falando nisso...

O que é a “água micelar” que eu vi na farmácia? Aliás, li também que uma roupa íntima tinha “micelas” de vitaminas para os cuidados com a pele? No meu shampoo e medicamentos também tem “micelas”?...

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- ALBERTS, B. *et al.* Biologia molecular da célula. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 1427 p.
- AZEVEDO, M. C. P. S. de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. Carvalho, A. M. P. de. In: Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática. Thomson, 2004. p. 19-33.
- BASTOS, F. O conceito de celular viva entre alunos de segundo grau. Em Aberto, Brasília, v. 11, n. 55, p.63-69, jul./set. 1992. Disponível em: <<http://emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/view/1860/1831>>. Acesso em: 21 jan. 2017.
- BEREZUK, P. A.; INADA, P. Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences, v.32, n.2, p. 207 - 215, 2010.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n. 3, p.291-313, dez. 2002.
- BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) Ensino de ciências por investigação - Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap.1.
- ENGLE, R. A. & CONANT, F. R. Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining an emergent argument in a community of learner's classroom. Cognition and Instruction, v. 20, p. 399-484, 2002.
- FOGAÇA, M. Papel da interferência na relação entre modelos mentais e modelos científicos de célula. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Educação de São Paulo, USP, 2006.
- LEITE, *et al.* A importância das aulas práticas para alunos jovens e adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II. Ensaio: 2008.
- MACHADO, E. F. Os estudos observacionais de Maria Sibylla Merian: contribuições para o ensino dos insetos mediado por tecnologias da informação e comunicação. 2016. Dissertação (Mestrado em

- Educação, ciência e tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2016.
- MENDES, M. A. de A. produção e utilização de animações e vídeos no ensino de biologia celular para a 1^a série do ensino médio. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <[http://ppgec.unb.br/images/sampled_data/dissertacoes/2010/versaocompleta/maximiliano augusto de araujo mendes.pdf](http://ppgec.unb.br/images/sampled_data/dissertacoes/2010/versaocompleta/maximiliano_augusto_de_araujo_mendes.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2017.
- ORLANDO, T. C. *et al.* Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. *Revista de Ensino de Bioquímica*, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2009.
- RAIMUNDO, R. L. S. Avanços conceituais em biologia celular mediados por WebQuests. 2017. 117f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.
- ROCHA, M. P. *et al.* Atividades práticas em biologia celular. Pelotas: UFPel, 2016. 144 p.
- SASSERON, L. H.; DUSCH, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 21, n.2, 2016, p. 52-67.
- SILVA, F. A. R. e; MORTIMER, E. F. Atividade Investigativa na Educação Superior. Curitiba: Appris, 2016. 335 p.
- SILVA, G. C. C. Histologia no contexto ciência tecnologia e sociedade: uma experiência na formação inicial dos professores. 2017. 58f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.
- SOUZA, T. N. Engajamento disciplinar produtivo e o ensino por investigação: estudo de caso em aulas de física do ensino médio. 2015. 137p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Química e Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, p.32, 44, 201

MATERIAL DE APOIO

