

DESENVOLVIMENTO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O TEMA MEMBRANA PLASMÁTICA COMO RECURSO DIDÁTICO-METODOLÓGICO PARA PROMOÇÃO DE APRENDIZAGEM DE ALUNOS CEGOS

DEVELOPMENT OF DIDACTIC SEQUENCE ON PLASMA MEMBRANE THEME AS DIDACTIC-METHODOLOGICAL RESOURCE FOR PROMOTING THE LEARNING OF BLIND STUDENTS

Roberto Irineu da Silva^I 

Ana Léticia Caruzo Xavier^{II} 

André Luis Tato Luciano dos Santos^{III} 

Ruth Maria Mariani Braz^{IV} 

^I Colégio Pedro II, Campus Realengo II, Niterói, RJ, Brasil. Doutor em Ciências Biológicas. Email: irineuroberto@cp2.g12.br

^{II} Colégio Pedro II, Campus Realengo II, Niterói, RJ, Brasil. Graduada em Ciências Biológicas. Email: leticiacaruzobio@gmail.com

^{III} Colégio Pedro II, Campus Realengo II, Niterói, RJ, Brasil. Doutor em Ensino de Física. Email: andretato@gmail.com

^{IV} Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil. Doutora em Ciências e Biotecnologia. Email: ruthmariani@yahoo.com.br

Resumo: Subsequente à implementação de políticas públicas que preconizam a inclusão de estudantes com deficiências sensoriais em instituições regulares de ensino, verifica-se uma progressiva demanda por produção de métodos e recursos didático-pedagógicos que possibilitem não só acessibilidade ao conhecimento, mas também a promoção cognitiva fundamentada em princípios de equidade. Assim, este trabalho objetivou o desenvolvimento de uma proposta de sequência didática, circunstanciada no tema Membrana Plasmática, tendo a utilização de modelos com significação tátil bi ou tridimensionais como fator mediador e promotor da cognição para alunos cegos. Destaca-se que a referida sequência constituiu-se de cinco módulos, incluindo: Aplicação de um questionário diagnóstico impresso em Braille para identificar o capital de conhecimento prévio que o aluno apresentava sobre o tema; Interação com modelos didáticos produzidos, relativos à configuração estrutural das moléculas de fosfolipídios e estruturas compartimentares como micela e lipossomo; Estudo estrutural da membrana biológica, utilizando um modelo tridimensional; Demonstração de processos fisiológicos de transporte, incluindo difusão, osmose, pinocitose e fagocitose de forma imanentemente tátil; Avaliação da aprendizagem na qual os estudantes deveriam identificar e correlacionar as estruturas presentes nos modelos com suas respectivas funções. Deve ser mencionado que este projeto constituiu-se numa proposta de educação científica inclusiva, pelo coprotagonismo dos estudantes cegos na construção dos modelos e como comunicadores em uma jornada pedagógica, atuando ainda como referência em termos de design para que sequências didáticas sobre outros conteúdos da disciplina

DOI: <https://doi.org/10.31512/vivencias.v16i31.255>

Recebido em: 04-05-2020

Aceito em: 22-06-2020



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

de Biologia venham ser desenvolvidas, garantindo a igualdade de acesso aos conteúdos curriculares em concordância com a Lei Brasileira de Inclusão.

Palavras-chave: Ensino de Biologia. Educação Científica Inclusiva. Material com significação tátil.

Abstract: As a result of recent progress in Brazilian legislation, concerning the process of implementing public policies that advocate the inclusion of students with sensory disabilities in regular educational institutions, there is a progressive demand for the production of didactic-pedagogical methods and resources that allow not only accessibility to knowledge, but also cognitive promotion based on principles of equity. Contextualizing, this work aimed to develop a didactic sequence proposal, circumstantial in the theme Plasma Membrane, having the use of models with two or three-dimensional tactile significance as a mediating factor and promoter of cognition for blind students. It is noteworthy that this product, namely didactic sequence contextualized in the theme plasma membrane, constitutes a didactic-methodological proposal promoter of scientific inclusion, whose relevance refers to the fact that the construction process has been carried out with the participation of visually impaired students, in addition to acting as a model in terms of design for planning and implementing future teaching sequences related to other biology content. Finally, it should be mentioned that this project corroborates the promotion of the inclusion of the blind student in the regular teaching space, since it provides material appropriate to their specific educational needs, preventing the evasion of content in consideration of its disability, and is therefore in accordance with the Brazilian Inclusion Law with regard to ensuring equal access to curriculum content.

Keywords: Biology teaching. Inclusive Scientific Education. Material with tactile significance.

Introdução

A implementação de um processo sistemático de inclusão em espaços educacionais regulares demanda não somente estabelecimento de mecanismos que assegurem o traslado e a inserção do educando deficiente às classes das instituições cognatas, mas principalmente a concepção de estratégias fundamentais na premissa de efetivação da acessibilidade, exigindo conduta permanente que detecte e elimine obstáculos de ordem arquitetônica, comunicacional e atitudinal promotores de discriminação, falando-se, portanto, em observância da equidade (BRASIL, 2015; MAGNOBOSCO; DE SOUZA, 2018). A consumação destes pressupostos, por sua vez, compreende a geração de insumos mediadores de aprendizagem e integração de ações intersetoriais e multiespecializadas, sendo uma inter-relação crítica àquela estabelecida por docentes das aulas ordinárias e correspondentes responsáveis pelo Atendimento Educacional Especializado (AEE) (DE VITTA, 2010; BRASIL, 2015).

Especificamente no contexto da deficiência visual, e considerando o ensino de Ciências Biológicas, informações descritivas textuais ou verbais podem ser convertidas em

áudio ou transcrito para o código Braille, não apresentando perda de significado. Entretanto, a apreensão dos conhecimentos subjacentes aos fenômenos e processos torna-se constantemente comprometida por demandar recorrente interação reflexiva com linguagem imagética (PAZ *et al.*, 2006; STELLA e MASSABNI, 2019). Por consequência, a comunicação informacional nesta circunstância é efetivada por meio da elaboração de recursos didáticos táteis e promoção de uma espécie de conexão multissensorial, sendo todo o processo mediado pelo interlocutor docente com fins de promoção cognitiva (NEMPOMUCENO; ZANDER, 2015; LEOTE, 2015; DE ANDRADE, 2019; DINIZ; SITA, 2019).

Sobre as problematizações apresentadas, e entendendo Sequência Didática (SD) como uma proposta metodológica estruturada numa sucessão de atividades que estão sistematicamente organizadas de forma interconectadas e planejadas para a promoção de um objetivo de aprendizagem específico (MEHEUT; PSILLOS, 2004; GUIMARÃES; GIORDAN, 2010; SEDANO, 2010; ARAÚJO, 2013), foi desenvolvido neste trabalho um repertório de modelos didáticos com significação tátil circunstanciados com o tema Membrana Plasmática, considerando as necessidades de aprendizagem específicas de alunos com deficiência visual.

A produção e utilização de recursos e modelos didáticos (MDs) tiveram a significação tátil bi ou tridimensionais como fator mediador e promotor da cognição, o que foi feito com o auxílio/participação de dois estudantes com visão subnormal, e um estudante com cegueira total. Na estruturação desta SD foram considerados os seguintes pressupostos metodológicos: (a) investigação diagnóstica quanto ao conhecimento prévio dos alunos participantes; (b) promoção de cognição por meio do processamento perceptual tátil, resultante do estímulo à dialogicidade regulada entre o estudante e os MDs ou recursos produzidos; e (c) verificação de geração de entendimentos insatisfatórios ou insuficientes como resultado de induções dos próprios modelos e/ou recursos, servindo como catalisador para suas melhorias.

Quanto à organização da SD, foram estabelecidos cinco módulos, assim descritos: 01 – Aplicação de um questionário diagnóstico por meio de um ledor ou impressão em Braille para identificar o capital de conhecimento prévio que o aluno tem sobre o assunto; 02 - Interação com MDs produzidos, relativos a configuração estrutural das moléculas de fosfolipídios e estruturas compartimentares como micela e lipossomo, demonstrando o comportamento biofísico destes lipídios em solução aquosa; 03 – Interação com modelo didático tridimensional relativo à membrana biológica, segundo o modelo do mosaico fluido; 04 - Demonstração de processos fisiológicos relativos ao transporte de substâncias, incluindo difusão (utilizando pedras com granulações distintas e a interface do lipossomo), osmose (utilizando modelo didático), transporte ativo (utilizando um modelo de membrana contendo uma representação interativa da bomba sódio potássio) e processos de fagocitose e pinocitose; 5 - avaliação da aprendizagem na qual os estudantes deveriam identificar e correlacionar, em termos biológicos, as estruturas presentes nos modelos com suas respectivas funções, além de apresentação dos modelos gerados em um evento científico.

Esta SD constitui-se num produto com proposta didático-metodológica promotora de inclusão científica, cuja relevância refere-se ao fato de seu processo de construção ter sido executado com a participação de estudantes com deficiência visual, considerando ainda a potencialidade

destes como protagonistas do processo de difusão de conhecimentos científicos adquiridos por ocasião de participação em eventos de comunicação científica, além de atuar como um modelo em termos de *design* para que sequências didáticas relacionadas a outros conteúdos de biologia venham ser desenvolvidas.

Materiais e métodos

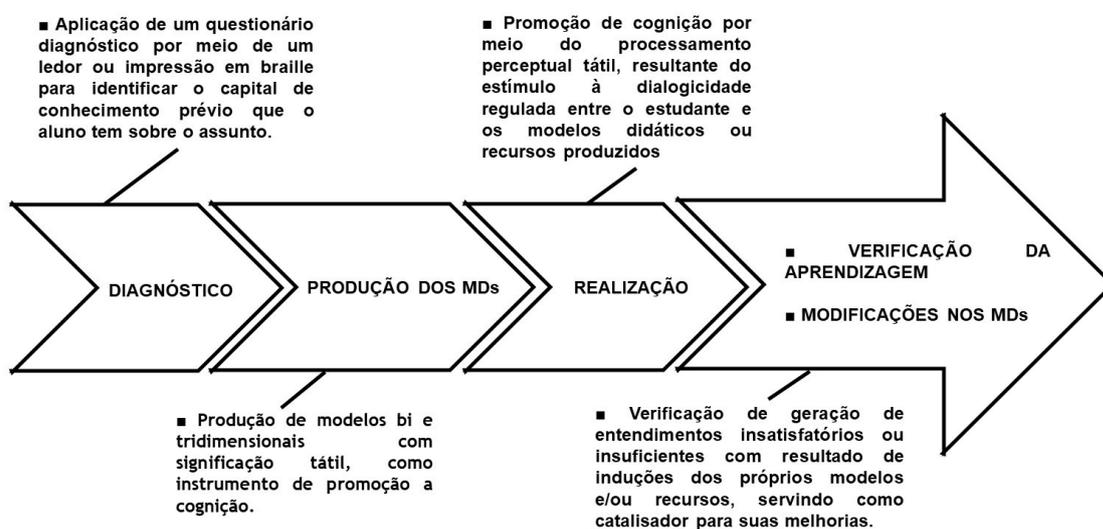
Caracterização da população do estudo e considerações éticas

ASD foi desenvolvida numa instituição federal de ensino público, a saber, Colégio Pedro II, localizada na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, participando três alunos regularmente matriculados que apresentam deficiência visual, assim caracterizados: dois alunos com baixa visão e um aluno com cegueira total. Estes estudantes pertenciam às turmas de primeiro ano do Ensino Médio da referida instituição e são todos egressos do Instituto Benjamim Constant, uma instituição educacional especializada para atender alunos com deficiência visual, onde cursaram o Ensino Fundamental. Deve ser mencionado que os encontros realizados com estes alunos se estabeleceram no momento de suporte oportunizado pelo Núcleo de Atendimento à Pessoa com Necessidade Específica em salas de recursos, posteriormente às aulas teóricas ministradas em salas regulares. Finalmente, a participação deste estudo requereu a conscientização e assinatura prévia do Termo de Consentimento Esclarecido por parte dos responsáveis e dos estudantes envolvidos.

Caracterização metodológica da Sequência Didática com significação tátil

A Figura 1 demonstra o fluxograma relativo ao processo de produção da SD, enfatizando os pressupostos metodológicos que guiaram a avaliação da efetividade dos materiais didáticos de percepção tátil no processo de cognição dos alunos envolvidos.

Figura 1 – Fluxograma demonstrando o processo metodológico de construção da SD.



Fonte: Arquivo pessoal.

Quanto à organização estrutural da referida SD, esta foi constituída de cinco módulos, cada qual consistindo em 2 tempos de cinquenta minutos (Quadro 1). Os MDs utilizados em cada módulo estão elencados no Quadro 2 bem como os procedimentos para a produção.

Quadro 1 – Caracterização da SD desenvolvida para alunos cegos sobre o tema Membrana Plasmática

MÓDULO	OBJETIVO	ATIVIDADE	RECURSOS DIDÁTICOS/PROCEDIMENTO
Módulo 1 - Apresentação do tema Membrana Plasmática e verificação de conhecimento prévio.	Verificação do capital intelectual prévio em relação ao conhecimento científico sobre o tema Membrana Plasmática.	Este encontro subdividiu-se em dois momentos: O primeiro foi reservado para apresentação do tema, permitindo os alunos pronunciarem-se livremente quanto às suas percepções e informações acumuladas sobre o assunto. No segundo momento, os alunos foram submetidos a uma sondagem diagnóstica por meio de aplicação de um questionário contendo conteúdos-chave sobre o assunto, para certificação de conhecimentos prévios.	Material: - Um questionário impresso em Braille, produzido por meio da utilização do software Braille fácil para aluno com deficiência visual completa, ou versão impressa digitalizada com fonte tipo APFont™ tamanho 24 para aqueles com baixa visão (Anexo 1).
Módulo 2 - Interação com MDs produzidos relativos à configuração estrutural das moléculas de fosfolípido e estruturas compartimentares como micela e lipossomo.	- Demonstrar uma caracterização estrutural dos fosfolípidos e o comportamento biofísico destas moléculas em solução aquosa. - Enfatizar o significado de uma estrutura compartimentar como um recurso criador de um ambiente interno estável em que reações químicas em prol da sobrevivência, desenvolvimento e reprodução, podem ocorrer com a mínima interferência do meio. - Promover aquisição de conhecimento por meio de processamento perceptual tátil.	- Apresentação aos alunos dos modelos tridimensionais relacionados às moléculas de fosfolípidos, micela e lipossomo. A exposição teórica dos conteúdos científicos é realizada concomitante à apresentação e interação com os modelos de significação táteis produzidos.	Material: - Modelo tridimensional de uma molécula de fosfolípido, confeccionada com pano e preenchimento com algodão (Figura 2a). - Modelos tridimensionais de estruturas compartimentares, compreendendo a micela e o lipossomo, confeccionados com bolas de isopor e arame encapado com borracha ou varetas de madeira sem pontas (Figura 2b). Procedimento: - Prática 1 (Caracterização geral das moléculas de fosfolípido) - Promover Interação com o modelo tátil representando o fosfolípido para reconhecimento de sua característica anfipática: A região polar é representada por uma região esférica proeminente na porção anterior do modelo (bola de isopor), enquanto que a região apolar, em que se situam os ácidos graxos, estão simbolizados por prolongamentos aproximadamente cilíndricos que se estendem da região esférica (Figura 2a). - Prática 2 (Caracterização da micela e lipossomo) - Apresentação das estruturas compartimentares concêntricas a base de fosfolípido, estimulando a percepção global da estrutura para noção de sua concentricidade, enfatizando ainda a organização contígua dos fosfolípidos e a orientação de suas partes hidrofóbicas e hidrofílicas. Para a promoção o significado funcional da criação de um ambiente interno mantenedor de estabilidade química, deve-se direcionar as mãos dos alunos posicionando-as de forma que uma perceba o espaço interno delimitado pelos fosfolípidos e a outra seja situada fora da micela ou lipossomo, representando o meio externo.

<p>Módulo 3 – Constituição estrutural da membrana plasmática segundo o modelo mosaico fluido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Demonstrar a constituição estrutural da membrana plasmática, identificando a organização em bicamada lipídica. - Enfatizar a importância e os tipos de proteínas de membrana plasmática - Abordar o papel da superfície de carboidratos na constituição do glicocálice. 	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar aos alunos as características e propriedades dos fosfolípidios que se correlacionam com a formação da bicamada lipídica. - Apresentar os diversos tipos de conteúdo proteicos de membrana, correlacionando-os com funções de transporte, receptores e ativadores de respostas intracelulares. - Identificar as funções dos carboidratos presentes na superfície da camada lipídica externa. 	<p>Material: Modelo tridimensional, relativo à representação da membrana plasmática.</p> <p>Procedimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prática 1: Promover interação tátil com o modelo tridimensional da membrana, demonstrando a constituição em bicamada lipídica, a formação do campo hidrofóbico e a interrupção da contiguidade dos fosfolípidios pelas proteínas. Promover ainda o reconhecimento dos perceptos que representam os glicídios. - Prática 2: Promover o reconhecimento tátil das proteínas de membrana, distinguindo-as quanto à forma dos fosfolípidios, considerando (a) sua classificação segundo sua localização topológica em relação a camada hidrofóbica da membrana (demonstrar que as proteínas que interagem fisicamente com a camada hidrofóbica são denominadas intrínsecas, enquanto que aquelas que se associam periféricamente são as extrínsecas), e (b) suas funções, demonstrar que no modelo a proteína de transporte apresenta um sulco com substâncias no formato esférico atravessando, enquanto que as receptoras apresentam um concavidade na face superior que corresponde a um sítio de interação com uma molécula sinalizadora com superfície complementar (no modelo construído há a possibilidade de vivenciar esta interação) (Figura 3a). - Prática 3: Para a identificação dos carboidratos de orientar a exploração tátil de forma a gerar noção de que os glicídios podem estar conectados a uma molécula de fosfolípido (glicolípido) ou a uma proteína (glicoproteína).
<p>Módulo 4 - Interação com MDs ou procedimentos relativos aos tipos de transportes que ocorrem na membrana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Demonstrar o processo de intercâmbio de substâncias realizados por processos passivos, ativos e mediados por formação de vesículas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demonstrar o processo de intercâmbio de substâncias entre o meio e o lipossomo, para consolidação da noção sobre os fatores que distinguem transporte passivo de ativo. - Demonstração do processo de osmose. - Caracterização estrutural da proteína bomba sódio-potássio como exemplo de ocorrência de transporte ativo. - Caracterização das modalidades de transportes mediados por vesículas (fagocitose e pinocitose). 	<p>Material: Modelo didático do lipossomo, pedaço de madeira de 30 cm e porções de pedras com dois tipos de granulações; modelo didático bidimensional referente ao processo de osmose; modelo didático referente à bomba sódio-potássio; e modelo didático referente aos processos de endocitose.</p> <p>Procedimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prática 1: Revisar por exploração tátil a estrutura do lipossomo. Colocar números diferentes de pedras com a mesma granulação dentro e fora do lipossomo e explicar o processo de difusão, orientando as mãos dos alunos de forma a perceberem globalmente as quantidades de pedras nos dois lados da interface, mostrando sentido do deslocamento da substância sob o estabelecimento da noção de gradiente de concentração. Repetir o processo com dois tipos de pedras com granulações diferentes. Proceder a repetição da dinâmica, considerando o deslocamento contra o gradiente para apresentação do transporte ativo. Finalmente, solicitar ao aluno que, de forma autônoma, aponte a direção dos solutos (representados pelas pedras) quando considerado o transporte ativo ou passivo. - Prática 2: Estimular o aluno a reconhecer o código tátil estabelecido convencionalmente (as semi pérolas correspondem ao soluto, o EVA à solução aquosa, o contorno com barbante pintado representa os limites da solução, enquanto o barbante com interrupções que separa os compartimentos, representa a membrana semipermeável). Promover estimulação tátil no sistema 1, enfatizando a diferença da quantidade de soluto nos compartimentos para classificar as soluções quanto à tonicidade. Repetir o processo para o sistema 2, orientando o aluno a identificar as distinções entre o sistema 1 e 2 por análise comparativa (a redução do volume da solução aquosa do compartimento 1, indica que a água se deslocou para o compartimento 2 que apresenta um volume maior que o correspondente ao sistema 1). - Prática 3: orientar o estudante a perceber o estabelecimento do código tátil relativo a distinção entre perceptos que representariam partículas de sódio daqueles correspondentes ao potássio. Orientar o reconhecimento dos meios intra e extracelulares, e posterior determinação das concentrações dos respectivos solutos nos dois meios. Mediar reconhecimento tátil da proteína sódio-potássio, reconhecendo os sítios de interação para o sódio, potássio e ATP. Estimular a interatividade com a bomba para geração perceptiva de como ela funciona (o modelo foi construído, permitindo movimentação da bomba (Figura 4b). Questionar o aluno sobre a direção do deslocamento do sódio e potássio, considerando que se trata de transporte ativo. - Prática 4: Trata-se do reconhecimento do processo fisiológico da pinocitose e fagocitose por análise tátil das sucessões de eventos. Neste sentido, deve-se orientar o aluno a reconhecer a célula no estado de repouso e o material a ser internalizado. No processo de fagocitose enfatizar a emissão dos pseudópodos (o estudante ao comparar a matriz 1 com a seguinte, perceberá modificações na superfície da célula, que no caso refere-se a emissão de prolongamento citoplasmático). Na pinocitose, enfatizar o processo de depressão da superfície na célula da matriz 2 em relação a correspondente da matriz 1.

Módulo 5 – Avaliação.	- Verificar a promoção da aprendizagem a fim de ambos, detectar deficiências ou insuficiências no processo cognitivo e promover melhorias no material em futuras aplicações da SD.	Apresentação aos alunos de todos os modelos trabalhados nas aulas anteriores, solicitando que eles os identifiquem, por meio de correlações, quanto suas estruturas componentes e de forma global, discutindo ainda suas funções e suas participações no processo de constituição de uma membrana biológica e na fisiologia de transporte.	Materiais: Todos os modelos táteis apresentados na SD. Procedimento: - Prática 1: Reapresentação dos modelos aos alunos de forma individual e nesta ordem: fosfolipídio, micela, lipossomo, membrana plasmática, procedimento de difusão, bomba sódio-potássio, modelos demonstrativos de transporte mediados por formação de vesículas. Concomitante à reapresentação, verificar a coerência científica nas explicações dos alunos, e de entendimentos equivocados reproduzidos ou não pelos partícipes, para correlação com necessidades de mudanças dos materiais. - Prática 2: Participação em Jornada pedagógica para apresentação da própria SD produzida, na posição de comunicador autônomo do saber científico adquirido por meio da demonstração dos modelos.
-----------------------	--	--	--

Fonte: Arquivo pessoal

Quadro 2 – Caracterização dos materiais e dos procedimentos utilizados na confecção dos modelos didáticos

MODELO DIDÁTICO	MATERIAIS EMPREGADOS	PROCEDIMENTO
Fosfolipídio	- Bola Isopor de 150 mm dividida em duas metades simétricas - Tecido de algodão (preto) - linha - agulha - Cola de contato - Manta de acrílon - Papelão - Tinta de artesanato amarela	- Produzir um molde de papelão referente a cauda hidrofóbica, no tamanho de 30 cm. - Cortar o tecido duas vezes no mesmo tamanho, com o auxílio do molde, criando o que será as paredes para o enchimento com manta de acrílon. - Fazer a costura das partes do tecido geradas, deixando uma abertura para o enchimento com a manta de acrílon. - Fazer o preenchimento com a manta de acrílon. - Fixar a cauda na bola de isopor, unindo as duas metades da bola. - Recomenda-se que a cor do tecido seja amarela ou preta, e que a bola de isopor seja pintada de amarelo ou preto, alternando com a cor da cauda.
Micela	- Arame encapado (1,10 m) - Bolinhas de isopor (26 unidades, 50mm) - 52 varinhas de madeira com pontas cegas (não pontiagudas) com cerca de 5 cm cada. - Tinta de artesanato na cor vermelha, preta ou amarela.	- Inicialmente pintar todas as bolinhas e esperar secar. - Adicionar bolinha por bolinha no arame encapado (o arame deve atravessar o meio de cada bolinha). - Espetar dois palitos em cada bolinha. - Unir as pontas do arame, contendo as bolinhas, que resultará numa estrutura concêntrica com cerca de 35 cm de tal forma que os palitos fiquem para dentro do compartimento formado.
Lipossomo	- Arame encapado (2,90 m) - Bolinhas de isopor (71 unidades, 50 mm) - Tinta de artesanato na cor vermelha, preta ou amarela.	Produção da camada de fosfolipídio interna - Inicialmente pintar todas as bolinhas e esperar secar (total de 26 unidades). - Adicionar bolinha por bolinha num pedaço de arame encapado de 1,10 m (o arame deve atravessar o meio de cada bolinha). - Espetar dois palitos em cada bolinha. - Unir as pontas do arame, contendo as bolinhas, que resultará numa estrutura concêntrica com cerca de 35 cm. Produção da camada de fosfolipídio externa - Inicialmente pintar todas as bolinhas e esperar secar (total de 45 bolinhas). - Adicionar bolinha por bolinha num pedaço de arame encapado de 1,80 m (o arame deve atravessar o meio de cada bolinha). - Espetar dois palitos em cada bolinha. - Unir as pontas do arame, contendo as bolinhas, que resultará numa estrutura concêntrica com cerca de 60 cm.
Membrana Plasmática	- Arame encapado - Bolinhas de isopor (100 unidades, 50 mm) - Tinta de artesanato na cor azul, preta ou amarela. - Varetas (n = 20) - Placa de isopor dimensões (C x L x E): 1 m x 0.50 m x 2,5 cm.	- Inicialmente pintar todas as bolinhas e esperar secar (total de 100 bolinhas) com tinta artesanato na cor vermelha. - Em cada bolinha colocar dois arames de 7 cm cada. Estes representarão as caudas hidrofóbicas. Recomenda-se envergar um dos arames, próximo a extremidade num ângulo de 90°. - Espetar cinco bolinhas de isopor (cada qual já com seus dois arames) numa vareta (palito de churrasco), centralmente (total de varetas 20). - Produzir painéis de isopor retangulares de 50 cm x 25 cm, colando-os perpendicularmente um ao outro. - Para formar a camada superior de fosfolipídio, enfiar as varetas contendo as bolinhas paralelamente umas às outras na parede de isopor que atuará como um suporte vertical, da seguinte maneira: um grupo de 3, espaço, um grupo de dois, espaço, um grupo de dois, espaço e um grupo de três. Nos espaços serão postas as proteínas. - Para formar a camada inferior, colar as bolinhas no painel de isopor que atua como base do modelo, respeitando a disposição feita anteriormente de forma a compor a camada bilipídica. - Para a produção das proteínas, modelar argila ou biscuit nos formatos característicos de uma proteína de membrana que atua no transporte e como receptora. Após a secagem, colar entre os espaços reservados para este fim. - Para a composição do glicocálice, pintar as bolas com coloração distinta daquelas que compõem os fosfolipídios e fixá-las na vareta. Após isso, colocá-las sobre a camada lipídica externa. Pode-se preparar varetas num sistema de ramificação, com pequenas bolinhas, também representando os carboidratos.

Procedimento de Difusão	<ul style="list-style-type: none"> - Lipossomo construído ou um cabo de vassoura de 30 cm - Dois tipos de pedras com granulações distintas (15 unidades cada). 	<p>Geração do procedimento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interpor um cabo de vassoura de 30 cm de forma a separar duas concentrações de pedras de mesma granulação, sendo em um lado contendo cinco e do outro 10 unidades. Pode executar este procedimento, substituindo o cabo da vassoura pelo lipossomo produzido, sendo a camada bilipídica, fazendo o papel do cabo de vassoura. - Repetir o procedimento anterior, utilizando dois tipos de pedras distintas, quanto ao tamanho da granulação. - Orientar ao estudante que estenda a mãos de forma que as palmas repousem sobre as duas concentrações de pedras, conscientizando-o da presença da barreira (seja o cabo da vassoura ou o lipossomo). - Explicar o sentido do trânsito do soluto (as pedras representam o soluto) no caso de transporte ativo ou passivo. - Repetir o procedimento para os dois tipos de granulações simultânea solicitando a direção do soluto de granulação menor e maior nos casos de transporte passivo ou ativo. Neste caso sugere-se criar uma situação em que as pedras com granulações distintas também estejam diferenciadas quanto suas concentrações nos meios interno e externos simulados.
Modelo didático demonstrando a osmose	<ul style="list-style-type: none"> - Placa de isopor (dimensões: 1 m x 0,50 m x 2,5 cm (C x L x E)). - 40 Semipérolas. - 1 folha de EVA. - Uma cartolina de cor amarela. - Barbante. - Pincel Tinta acrílica cor preta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Colar a cartolina na placa de isopor. - Cortar o EVA, formando duas placas de mesmo tamanho nas dimensões 22,5 cm (comprimento) X 14,5 cm (largura). - Próximo à extremidade esquerda, no canto superior, colar as duas placas de mesma dimensão uma ao lado da outra, separadas apenas por um barbante de 25 cm de comprimento (este barbante pode ser cortado para apresentar espaços que simularão os poros). Contornar as duas placas justapostas com barbante, pintando-os de preto em seguida. - Na primeira placa da sequência, colar 6 semipérolas de forma espaçada explorando o campo da placa. Na segunda placa colar 14 semipérolas também distribuídas de forma a ocupar toda a placa (as semipérolas representam os solutos, enquanto a placa de EVA representa a água, e o barbante que contorna, o recipiente). - Para representar o resultado da osmose, construir um sistema, contendo duas placas em sequência de EVA, sendo a dimensão da primeira, 14,5 x 14,5 e a dimensão da segunda, 26 cm x 14,5 cm. Colar as mesmas quantidades de semipérolas do sistema anterior que representava o momento precedente da osmose. Separar as duas placas por um barbante e contornar as duas placas com barbante, pintando-os com tinta preta acrílica. A primeira placa demonstra que houve redução de volume, enquanto a segunda percebe-se o aumento do volume.
Bomba sódio potássio	<ul style="list-style-type: none"> - Duas Placas de isopor dimensões (C x L x E): 1 m x 0,50 m x 2,5 cm. - Estilete ou bisturi. - Vareta - 30 bolinhas de isopor (50 mm). - Arame encapado. 	<p>Procedimento 1: Geração da Bomba sódio-potássio ATPase</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cortar uma placa de isopor com as seguintes dimensões, 40 cm de comprimento e 50 cm de largura. - Com o estilete, formar três concavidades no formato de semicircunferência (representando os sítios aceptores de sódio) numa das superfícies da placa e duas concavidades no formato quadrado na imediatamente oposta. Ainda na superfície com as concavidades no formato de semicircunferência, forma uma no formato triangular (representando o sítio de interação com o sódio). <p>Procedimento 2: Produção da membrana</p> <ul style="list-style-type: none"> - Com o bisturi, corta no meio da placa uma área de 50 cm de comprimento x 70 de largura, criando um espaço. - Colorir as bolinhas com tinta acrílica nas cores azul, vermelha ou preta. Fixar em cada bolinha, dois fios de arame no comprimento de 7 cm cada. Em seguida, colar as bolinas na placa de isopor que servirá de suporte para a produção do modelo, formando uma bicamada. Fixar 20 bolinhas antes e depois do espaço gerado, de forma que cada monocamada tenha 10 bolinhas. <p>Procedimento 3: Produzindo a bomba sódio-potássio interativa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fixar a bomba sódio-potássio no espaço gerado na placa com auxílio de uma vareta que atravesse a bomba em sua espessura e fure as espessuras lado a lado da placa de forma que a bomba fique presa num sistema de dobradiça, podendo fazer um movimento de rotação neste espaço. - Produzir os solutos de isopor, representando os íons sódios e potássio, nos formatos semiesférico e quadrado. Para isso, como bisturi, corta-se as bolinas de isopor no plano equatorial e a placa de isopor em dimensões 4cm x 4 cm. Por fim contar a placa de isopor de num formato de triângulo de forma a encaixar no sítio acceptor de ATP do modelo de membrana.
Modelos de fagocitose e pinocitose	<ul style="list-style-type: none"> - Duas Placas de isopor dimensões (C x L x E): 1 m x 0,50 m x 2,5 cm. - TNT. - Manta de acrílon. - Tesoura. - Semipérolas 	<p>Procedimento 1: Produção do sistema de fagocitose</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cortar o TNT de forma a formar uma célula em processo de fagocitose. Neste caso deve-se gerar duas células, sendo a primeira num estado de repouso e a segunda como simulando a emissão de prolongamentos que representam os pseudópodos. - Fixar estes tecidos na placa de isopor de forma que estejam preenchidos por manta de acrílon, ganhando certo volume. - Para representar a bactéria a ser fagocitada, pode-se colocar uma bolina de isopor próximo a primeira célula, e entre os pseudópodos na segunda célula. <p>Procedimento 2: Produção do sistema de pinocitose</p> <ul style="list-style-type: none"> - Repetir as etapas do procedimento 1, com o diferencial da segunda célula apresentar uma invaginação, ao invés de prolongamentos. Substituir a bolinha, por semipérolas (n = 5).

Fonte: Arquivo pessoal.

Quanto à justificativa de escolha dos materiais, esta teve como premissa a diversificação das informações sensoriais, tornando-os mais acessíveis e ampliando a gama de possibilidades de promoção da aprendizagem com aplicação a grupos discentes distintos, incluindo aqueles que são videntes e subgrupos no contexto da deficiência visual como deficientes da visão central, deficientes da visão periférica, deficientes classificados como baixa visão, além daqueles com cegueira total. A concepção destes materiais sob a premissa da multissensorialidade que os capacitam à aplicação para um espectro amplo em termos de heterogeneidade de necessidades

educacionais específicas, permite a classificação de tais recursos como inclusivos no sentido mais abrangente possível na escola regular (CAMARGO, 2008).

Isto, por sua vez, previne empreendimentos de contemplação isolada de cada caso de necessidade, incorrendo controversamente em exclusão subjacente a inviabilidade processual num contexto de ano letivo. Assim, a diversificação sensorial ou multissensorialidade (SOLLER, 1999) se apresenta enquanto solução para a maioria dos casos onde exista uma deficiência sensorial. O olhar lançado, neste estudo, objetiva romper com o paradigma cartesiano da visão como principal sentido para a aprendizagem (DESCARTES, 2010).

Menciona-se que os constructos didáticos foram planejados para atenderem as seguintes percepções: 1 – Tátil: presente nas diferentes texturas, cuja percepção é dada ponto a ponto sendo o Tato um sentido analítico. A informação tátil é altamente precisa e seu ponto fraco encontra-se na ausência de “varredura” possibilitada por um sentido sintético como a visão (CAMARGO, 2012). 2 – Háptica: referem-se aos constructos psicofísicos resultantes da estimulação tátil ativa, incluindo sensações inerentes às propriedades dos objetos como textura, forma e rugosidade, captados por exploração de rastreamento, subentendendo que há um acoplamento entre o sentido tátil e movimentos associados ao reconhecimento de caráter sequencial do objeto (DISCHINGUER E KINDLEIN, 2010). Na háptica, estão envolvidos neurônios mais superficiais atribuídos à percepção tátil e nas alterações dos fusos musculares da musculatura estriada esquelética (propriocepção). A partir da contração muscular, define-se, por exemplo, o grau de abertura da mão remetendo ao tamanho de um objeto tocado. 3 – Visão: presente na diversificação de cores e relevos contrastantes, pensado para facilitar a identificação por alunos com baixa visão independente da região da retina afetada. É importante diferenciar tais características pois: (a) A visão central possui predominância de células cônicas (cones) cuja ação depende de certa intensidade luminosa e, didaticamente, dividi-se em cones sensíveis aos comprimentos de onda característicos das cores verde, azul e vermelho. Todas as demais cores são formadas a partir de combinações dessas três cores luz. (b) O contraste de relevo também auxilia alunos com deficiência nessa região de fundo do olho pelo pouco alcance de campo visual com preservação de foco¹, inerente a olhos com deficiência na fóvea (região da visão central na retina). Logo, os MDs propostos auxiliam na inclusão de albinos (quando a falta de pigmentação também atinge a retina), daltonicos até acromatopsia e outros casos que afetam a região da visão central. (d) A visão periférica funciona com predominância de células com extremidade em bastão ou bastonetes. Sensíveis a mínimas intensidades luminosas, a região periférica fornece visão sem cores, sendo a única ativa quando o humano encontra-se em ambiente de baixa luminosidade. É uma visão de pouca precisão e objetos pequenos ou com formas similares demais ocasionaria dificuldade de enxergar. Logo, os MDs propostos auxiliam na inclusão de pessoas com glaucoma, descolamento da retina entre outras.

As percepções aqui discutidas garantem a manutenção da estrutura empírica da linguagem áudio visual, a quem tem baixa visão, e a respectiva transposição da estrutura empírica

¹ O ato de focar depende da visão periférica porque essa serve de guia para a imagem a ser focada.

da linguagem para tátil visual, a quem é cego. A estrutura empírica da linguagem, neste artigo, é considerada como a materialização do ato comunicativo conforme Camargo (2012).

Resultados e discussão

Segue uma caracterização descritiva dos módulos com seus propósitos e com os materiais usados para tanto:

a) Módulo 1: Apresentação do tema Membrana Plasmática e verificação de conhecimento prévio. Este encontro subdividiu-se em dois momentos: O primeiro foi reservado para apresentação do tema, permitindo os alunos pronunciarem-se livremente quanto às suas percepções e informações acumuladas sobre o assunto. No segundo momento, os alunos foram submetidos a uma avaliação para certificação de conhecimentos prévios. Esta avaliação consistiu na aplicação de um questionário, contendo cinco perguntas a respeito do tema. No caso dos alunos de visão subnormal², o questionário foi confeccionado na fonte APFont™ tamanho 24. Para a aluna com cegueira total, utilizou-se um questionário impresso em Braille, confeccionado com auxílio do software Braille fácil 4.0.

b) Módulo 2: Interação com MDs produzidos relativos à configuração estrutural das moléculas de fosfolipídio e estrutura compartimentares como micela e lipossomo (Figura 1) – A proposta deste módulo foi apresentar aos alunos modelos tridimensionais relacionados às moléculas de fosfolipídios, e às estruturas compartimentares resultantes do comportamento biofísico destes lipídios quando submersos em solução aquosa. A exposição teórica dos conteúdos científicos foi realizada concomitante à apresentação e interação com os modelos táteis produzidos. Aqui foi enfatizado o significado de uma estrutura compartimentar como um recurso criador de um ambiente interno estável em que reações químicas em prol da sobrevivência, desenvolvimento e reprodução, podem ocorrer com a mínima interferência do meio. Para atingir a meta de aprendizagem proposta, duas práticas foram desenvolvidas: A primeira consistiu em promover interação com o modelo tátil representando o fosfolipídio para reconhecimento de sua característica anfipática. A região polar foi representada por uma região esférica proeminente na porção anterior do modelo (constituída pela bola de isopor tamanho 150 mm), enquanto que a região apolar, em que se situam os ácidos graxos, foram simbolizadas por prolongamentos aproximadamente cilíndricos que se estendem da região esférica mencionada (Figura 2a, Quadro 2).

A segunda prática consistiu em promover interação com os modelos que representam a micela e os lipossomos (Figura 2b-d), enfatizando que estas estruturas compartimentares resultam de propriedades biofísicas inerentes aos fosfolipídios em solução aquosa: Em ambos, micela e lipossomo, deve ficar subentendido que as regiões hidrofílicas representadas pelas bolinhas de isopor, estão voltadas para a água, seja a do meio aquoso externo às estruturas concêntricas produzidas, seja para o meio aquoso aprisionado no compartimento (como no caso da camada

2 Consideramos ainda questões envolvendo diferentes regiões da retina para contemplar os alunos participantes na pesquisa. Um aluno possui deficiência na região da visão central da retina e, o outro, na região periférica.

de fosfolípido interna do lipossomo) (Figura 2b). Em consideração às regiões hidrofóbicas, nos modelos estas foram representadas por palitos orientados para dentro do compartimento (micela) ou para um ambiente formado entre as duas monocamadas de fosfolípidios (lipossomo) (Figura 2b).

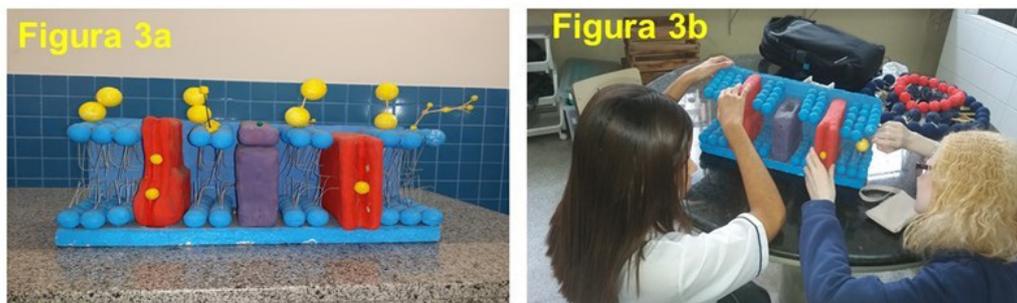
Figura 2 – Modelos didáticos das moléculas de fosfolípidios, micela e lipossomo. a) modelo de fosfolípido colorido com cores distintas e em contraste, atendendo a necessidade do aluno com visão subnormal; b) estruturas compartimentares concêntricas formadas de fosfolípidios, sendo a micela a esquerda e lipossomo a direita; c) processamento tátil inicial para reconhecimento dos elementos componentes dos modelos; d) processamento da cognição por mecanismo tátil mediado por uma orientação dialógica com os MDs para fins de correspondências dos elementos componentes dos modelos com a estrutura química correlata.



Fonte: Arquivo pessoal.

c) Módulo 3: Caracterização estrutural da membrana plasmática e aspectos funcionais dos integrantes constituintes (Figura 3) – O desenvolvimento deste módulo subdividiu-se em três segmentos, assim caracterizados: no primeiro segmento foi apresentado aos alunos, o modelo didático tridimensional que demonstrava a constituição estrutural da membrana plasmática, segundo o modelo mosaico fluido (Figura 3a-b). O foco inicial foi a demonstração da maneira de organização dos fosfolípidios em bicamada, destacando a formação de um campo hidrofóbico no centro da estrutura, com fins de justificar a presença de proteínas para o transporte de substâncias hidrofílicas (Figura 3a-b). O segundo segmento centrou-se nas proteínas, enfatizando a classificação, quanto a localização e relação com o campo hidrofóbico da membrana e versatilidade funcional. Neste aspecto, foram utilizados dois tipos de proteínas no modelo, uma correspondendo a proteína de canal e outra a um receptor. Finalmente, o glicocálice foi abordado por meio de estruturas anexadas à superfície da monocamada externa, distinguindo-se as glicoproteínas dos glicolípídios (Figura 3a-b).

Figura 3 – Modelo tridimensional referentes à membrana plasmática – (a) modelo estrutural da membrana plasmática, demonstrando a bicamada de fosfolípido, interrompida por proteínas transmembranas, sendo uma do tipo transportadora (as vermelhas) e outra um receptor (cor roxa). Notar a presença de glicídios representados por bolinhas amarelas fixadas na superfície da monocamada externa; (b) Fotograma registrando a interação dos alunos com o modelo.



Fonte: Arquivo pessoal.

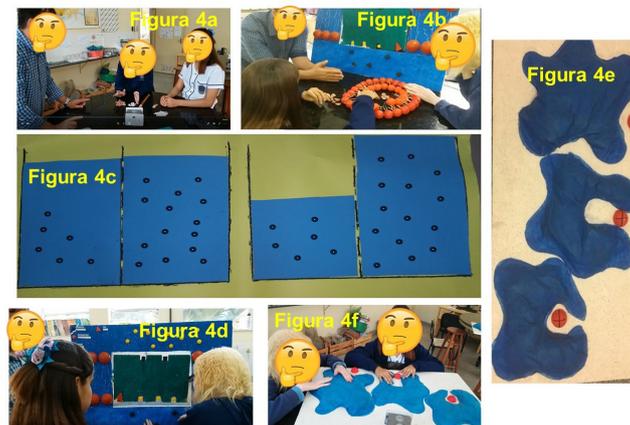
d) Módulo 4: Interação com MDs ou procedimentos relativos aos tipos de transportes que ocorrem na membrana (Figura 4) – Como introdução à fisiologia de transporte de membrana, foram apresentados os conceitos de transporte nas modalidades ativas e passivas. No caso do processo por difusão, a meta consistiu em simular o processo de intercâmbio de substâncias entre o meio e o lipossomo, para consolidar a noção de que o deslocamento de solutos necessariamente tem que atravessar uma barreira a ele permeável, e neste caso, a bicamada do lipossomo ou um pedaço de madeira cilíndrico (30 cm) cumpre a função (Figura 4a-b). Além do MD representando o lipossomo, foram utilizadas porções de pedras com dois tipos de granulações distintas (Figura 4a-b). O procedimento consistiu inicialmente em revisar a estrutura do lipossomo e colocar quantidades diferentes de pedras com a mesma granulação dentro e fora do lipossomo e explicar o processo de difusão, direcionando as mãos do aluno com cegueira total de tal forma que ele tenha percepção da totalidade de pedras e perceba que há diferença da quantidade nos dois lados da bicamada de fosfolípido do lipossomo ou do referido cabo. Posteriormente, o mesmo procedimento foi repetido, mas agora utilizando dois tipos de pedras com granulações diferentes. A explicação da difusão por este mecanismo contempla o fato de que o soluto para atravessar a bicamada lipídica, deve ser necessariamente hidrofóbico. A segunda prática (Figura 4c e 4d) consistiu em demonstrar o evento da osmose. Neste caso, foi apresentado aos alunos um modelo bidimensional, contendo uma representação de dois compartimentos aquosos separados por uma barreira semipermeável e com concentrações de solutos diferentes, mas, inicialmente com o mesmo volume. A estratégia foi promover a percepção global deste sistema para que o aluno percebesse as delimitações dos compartimentos, a barreira que os separava, além de que os dois tinham concentrações distintas, mas com o mesmo volume inicial. Com isso, pôde-se trabalhar o conceito de classificação das soluções aquosas quanto à tonicidade. Em seguida, foi apresentado um outro sistema, contendo dois compartimentos com volumes e solutos distintos para ser relacionado com o primeiro. Neste caso, há uma orientação para que o aluno compare o primeiro compartimento do sistema dois com o correspondente no sistema um, repetindo a mesma análise para o compartimento dois em ambas as situações. A intenção é que perceba que o compartimento hipotônico reduz seu volume pelo fato de a

água deslocar-se para o compartimento dois por osmose. Neste caso, o compartimento dois no segundo sistema apresenta volume aumentado em relação ao equivalente no primeiro (Figura 4c).

A terceira prática foi desenvolvida para demonstração do processo de transporte ativo. Promoveu-se uma interação semelhante para explicação do processo de difusão, enfatizando o contraste quanto à direção do soluto em relação ao gradiente e concentração e o requerimento de energia para realização deste tipo de transporte. Em seguida, foi utilizado o modelo didático contendo a bomba sódio-potássio interativa (Figura 4d). Os alunos foram orientados a reconhecer a proteína, principalmente verificando os sítios ativos de recepção do sódio (no meio intracelular) e potássio (no meio extracelular), além do sítio de interação com o ATP. Em sequência, solicitou-se para que os alunos verificassem a concentração dos solutos nos meios extra e intracelular, segundo uma convenção estabelecida em termos de significação tátil e por fim, determinassem a direção e o sentido do deslocamento destes íons. Propositalmente, para a percepção do funcionamento da bomba sódio-potássio, criou-se um mecanismo que possibilitasse a rotação da proteína no modelo (Figura 4d).

Finalmente, a quarta prática consistiu em demonstrar os processos de internalização de substâncias por meio de formação de vesículas (Figuras 4e-f). Neste caso, os modelos foram confeccionados a partir de TNT moldado de forma a se assemelhar uma célula emitindo prolongamentos citoplasmático (fagocitose) ou provocando a invaginação da membrana (pinocitose). Para fins de reforço, estes processos foram construídos numa espécie de sequência para que o aluno pudesse, através do tato, comparar as situações da célula em repouso e atuando no processo de endocitose (Figura 4e-f).

Figura 4- Recursos didáticos demonstrando processos de internalização de substâncias na célula. Figuras 4a-b - Demonstração do processo de difusão simples, utilizando uma barreira feita de madeira, ou camada lipídica do lipossomo e pedras com granulações e concentrações distintas em cada um dos lados; figura 4c – Modelo tátil bidimensional demonstrando o fenômeno da osmose. Notar que o sistema a esquerda, os compartimentos estão no mesmo volume com concentrações de solutos distintas para introdução do conceito de soluções hipotônicas e hipertônicas. No sistema a direita, verifica-se diferença de volumes de cada compartimento, quando comparado ao primeiro sistema, simulando que a água se desloca do meio hipotônico para o meio hipertônico (observar ainda que as concentrações de solutos, representados pelas semipérolas, continuam as mesmas nos dois sistemas). Figura 4d – Registro fotográfico demonstrando a interação dos alunos com a bomba sódio-potássio interativa. Figuras 4e-f – Modelo didático demonstrando o processo de fagocitose e pinocitose, respectivamente.



Fonte: Arquivo pessoal

e) Módulo 5: Avaliação (Figura 5) – O processo de avaliação consistiu em duas fases: Na primeira foram apresentados aos alunos todos os modelos trabalhados nas aulas anteriores, solicitando que eles os identificassem, por meio de correlações, quanto às suas estruturas componentes e de forma global, discutindo ainda suas funções e suas participações no processo de advento da primeira célula (Figura 5a-b). Deve ser mencionado que a verificação da aprendizagem nesta etapa atuou como um parâmetro para também detectar deficiências ou insuficiências no processo cognitivo, resultantes de indução do material didático apresentado, catalisando desta forma, melhorias no material para sua utilização em futuras aulas. Numa segunda fase, foi proposto uma atividade em que esses estudantes se posicionaram como agentes transmissores dos conhecimentos adquiridos e, para este fim, os mesmos foram inscritos numa jornada científica, tendo um *stand* próprio com a apresentação do trabalho no formato de pôster e por meio dos modelos que lhes serviram de instrumento para comunicação de seu aprendizado (Figura 5c).

Figura 5 - Registros relativos ao processo de avaliação das metas de aprendizagem. a-b) Fotogramas demonstrando o processo de avaliação em que os materiais são apresentados aos alunos. O referido processo de avaliação foi executado de forma bilateral, considerando, portanto, se os alunos atingiram as metas cognitivas propostas e se havia alguma interferência dos materiais na geração de entendimentos insatisfatórios ou equivocados. c) participação dos alunos em um evento científico em que atuaram como comunicadores autônomos do significado dos modelos apresentados no contexto da sequência didática sobre o tema Membrana Plasmática.



Fonte: Arquivo pessoal.

A inclusão de estudantes com deficiência visual nos espaços regulares de ensino requer a implementação de estratégias pedagógicas fundamentais não somente na elaboração de recursos assistivos mediadores da cognição, mas também a noção de que o desenvolvimento de tais recursos deve considerar ainda a heterogeneidade em termos de necessidades educacionais específicas, própria desta categoria de estudantes (GARDOU e DEVELAY, 2005; POSTMA *et al.*, 2007; BORGES e CAMPOS, 2018; MAGNABOSCO e DE SOUZA, 2018).

Exercitando uma espécie de reflexão entre as finalidades concernentes ao desenvolvimento de sequências didáticas e as demandas institucionais convergidas à efetivação responsável do

processo de inclusão, enfatizando sua estruturação prevista em normatizações legais com inserção do AEE, pode-se perceber uma espécie de intersecção na arquitetura ou organograma pedagógico dispensados em ambas as situações, uma vez que são previstas etapas de diagnóstico do capital de conhecimento prévio, concepção de instrumentos/métodos capazes de efetivar acessibilidade ao conhecimento e processo cognitivo (metas de aprendizagem), além de avaliação do programa aplicado e de sua eficácia quanto aos objetivos alcançados em termos de cognição.

No contexto das especificidades inerentes às disciplinas de Ciências Naturais e Biologia, verifica-se significativa recorrência da linguagem imagética como instrumento de exposição explicativa dos fundamentos conceituais e processuais subjacentes aos conteúdos ministrados (PAZ *et al.*, 2006; MICHELOTTI e LORETO, 2019; STELLA e MASSABNI, 2019). Neste sentido, uma proposta de intervenção didática eficaz ao ensino de educandos com deficiência visual, refere-se à utilização de modelos com significação tátil, capazes de viabilizar um potencial processo de apreensão e cognição das informações científicas, por exercer um papel simbólico de representação dos conhecimentos inerentes à área retratada (SOUSA e SOUSA, 2016; DE ANDRADE, 2019; MICHELOTTI e LORETO, 2019).

Mediante o exposto, a proposta deste trabalho foi a produção de uma SD sobre o tema “Membrana Plasmática”, utilizando modelos didáticos, bi ou tridimensionais, cujas intervenções para o aperfeiçoamento da estética tátil decorreram (a) das sugestões proferidas pelos alunos por ocasião do processo de manipulação; (b) da certificação de que entendimentos insatisfatórios ou deficientes eram gerados por “design” inapropriado do próprio modelo.

Quanto à observância destes aspectos, é reconhecido que a concepção de um objeto de significação tátil deve observar o princípio do ‘design do relacionamento’ (BRENDLER *et al.*, 2014), objetivando a construção de uma espécie de vínculo por identificação, uma vez que os usuários “não reagem exclusivamente às características físicas dos objetos, por si mesmos, mas aos significados que a partir delas se estabelecem” (DISCHINGER e KINDLEIN, 2010, p. 20). ALMEIDA *et al.*, (2010) reportam que processos de concepções de objetos com significação tátil pode incorrer acidentalmente na ênfase errônea de reproduzir padrões da estética visual que são deficitários em promover efeitos perceptivos que conduzam a geração de uma representação mental por exploração tátil que neste caso, frequentemente é destituído da oportunidade de comparação por recorrência a sedimentos memoriais prévios. Neste sentido, a concepção de um material tátil, intencionando atingir metas de transmissão de conhecimento num contexto de estética apropriado, deve ser processado na premissa do que se denomina design centrado no usuário (TURINO, 2020).

Sob esta premissa, menciona-se que a apresentação inicial dos materiais nos respectivos módulos caracterizados no Quadro 1, realizava-se inicialmente de forma descompromissada em termos de exploração e relações científicas. Primeiramente, era cobrado do aluno um reconhecimento tátil dos elementos componentes dos modelos, seja de forma particulada ou integrada. Nesta etapa, o aluno apenas deveria relatar o que estava percebendo (bola de isopor, palitos, arame, tipos de formatos dos componentes, citando ser eram circulares, esféricos, cilíndricos). Após este reconhecimento tátil inicial, prosseguia-se para a explicação das

correspondências e caracterização dos fenômenos, mediante uma exploração orientada destes materiais.

Assim, no que diz respeito ao âmbito da compreensão estrutural, a execução deste processo foi realizada por correlação analógica direta entre o percepto integrante do modelo analisado e o constituinte biológico cognato (Figuras 2a, 2b, 3a). Em relação à fisiologia, estabeleceu-se um artifício que reivindica um processamento analítico comparativo entre matrizes que registram taticamente um fenômeno em sucessão. Para efetivar a compreensão sobre como o fenômeno ocorria, orientava-se o estudante a identificar e caracterizar as distinções entre as referidas matrizes, que apresentavam o mesmo código tátil convencionalmente previamente, como substrato para a emergência de uma percepção que ativasse associações de reflexão capazes de gerar representações mentais que convergiam a noção de progressão sequencial (Figura 4c, 4d e 4e).

Interessante relatar que a responsividade ao método de transmissão de conhecimento proposto distingue-se prontamente, observando a necessidade de respeitar as velocidades com que os processos de reflexão, codificação dos signos e entendimento se desenvolviam. Notou-se neste empreendimento que distinções em termos de habilidades cognitivas (manutenção do foco, celeridade no processamento das percepções hápticas, capacidade de antever as motivações das proposições por recorrência a processos mnemônico no contexto de experiências prévias, capacidade de distinção das informações táteis de caráter discriminatórias), interferiam no processo ensino-aprendizagem, exigindo personalização para atendimento de necessidades não previstas. Estes achados estão em concordância com trabalhos produzidos anteriormente (POSTMA *et al.*, 2007; FRASER; MAGUVHE, 2008).

Conclusão

Conclui-se destacando o protagonismo dos estudantes partícipes da construção dessa metodologia em dois momentos: (a) Primeiramente por contribuírem à promoção de ajustes necessários à melhoria dos materiais na proposta que lhes cumpre, a saber, transmissão acurada da informação científica. Neste aspecto, as distinções entre as necessidades específicas de aprendizagem atuaram como catalizadores destas intervenções de melhorias: A substituição de materiais inapropriados por potencialidade de lesões ou sensações negativas, referindo-se a troca de arame encapado para palitos não pontiagudos de madeira, além da coloração distinta entre os componentes integrantes destes materiais, especialmente preto e amarelo, estabelecendo assim um padrão de código foveal³ apropriado à visão subnormal. (b) Em segundo, por atuarem como interlocutores autônomos do saber adquirido por ocasião de um evento de divulgação científica de Ensino de Biologia, cujo reconhecimento por certificação, pontua este trabalho como um referencial de que a proposta de inclusão não deve ser restrita a aspectos de acessibilidade, mas deve objetivar metas superiores como o fato de assegurar o encaminhamento do estudante cego,

3 Código foveal refere-se ao padrão de cores contrastantes, estabelecido neste estudo pela utilização do preto e do amarelo de forma alternada nos elementos constituintes de uma estrutura nos modelos. Objetiva-se propiciar maior capacidade de captação destes estímulos para a apreensão das formas e delimitações dos perceptos, num contexto mais apropriado para indivíduos com baixa visão (ALLIPRANDINI *et al.*, 2009).

respeitando suas potencialidades e limitações, a um protagonismo que também se espera do aluno isento de comprometimento sensorial, promovendo-se assim a equidade de oportunidades numa cultura visuocêntrica (MAGNOBOSCO e DE SOUZA, 2018).

Agradecimento: FAPERJ e PROPGPEC (COLÉGIO PEDRO II)

Referências

ALLIPRANDINI, Paula Mariza Zedu; DE PAULA Andrea; BARCELLOS, Ricardo Tadeu Sandrini. Memória visual e tátil-cinestésica para estimativas de comprimento e área. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 2-13, 2009.

ALMEIDA, Maria Clara; HERKENHOFF, CARIJÓ, Filipe Herkenhoff; KASTRUP, Virgínia. Por uma estética tátil: sobre a adaptação de obras de artes plásticas para deficientes visuais. *Fractal*: **Revista de Psicologia**, v. 22, n. 1, p. 85-100, 2010.

ARAÚJO, Denise Lino. O que é (e como faz) sequência didática? **Entrepalavras**, Fortaleza, ano 3, v. 3, n. 1, p. 322-334, 2013.

BARROS, Belfort Alessandra; SILVA, Silvana Maria Moura; DA COSTA, Maria da Piedade Resende. Dificuldades no processo de inclusão escolar: percepções de professores e de alunos com deficiência visual em escolas públicas. **Boletim Academia Paulista de Psicologia**, São Paulo, v. 35, n. 88, p. 145-163, 2015.

BORGES, Adriana Araújo Pereira; CAMPOS, Regina Helena de Freitas. A Escolarização de Alunos com Deficiência em Minas Gerais: das Classes Especiais à Educação Inclusiva. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Marília, v. 24, Edição Especial, p. 69-84, 2018.

BRASIL, **Lei nº 13.146**, de 06 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm. Acesso em: fev. 2020.

BRENDLER, Clariana Fischer *et al.* Recursos didáticos táteis para auxiliar a aprendizagem de deficientes visuais. **Revista Educação Gráfica**, Baurú, v. 18, n. 3, p. 141-147, 2014.

DE ANDRADE, Léia *et al.* Projeto democratização do ensino de ciências morfológicas: promovendo acessibilidade a pessoas com deficiências visuais. **Revista Eletrônica de Extensão**, Florianópolis, v. 16, n. 32, p. 154-166, 2019.

CAMARGO, Eder Pires. **Ensino de Física e Deficiência Visual: dez anos de investigação no Brasil**. São Paulo: FAPESP, 2008.

CAMARGO, E.P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física**. São Paulo: UNESP Editora, 2012.

DESCARTES, Renee. Dioptrica. **Scientiae Studia**, v. 8, n. 3, p. 451-86, 2010.

DE VITTA, Fabiana Cristina Frigieri; DE VITTA, Alberto; MONTEIRO, Alexandra. Percepção de professores de educação infantil sobre a inclusão da criança com deficiência. **Revista Brasileira Educação Especial**, Marília, v. 16, n. 3, p. 415-428, 2010.

DINIZ, Giovanne; SITA, Luciane. Development of Low-Cost Tactile Neuroanatomy Learning Tools for Students With Visual-Impairment. **The Journal of Undergraduate Neuroscience Education**, v. 17, n. 2, p. A153-A158, 2019.

DISCHINGER, Maria do Carmo Torri; KINDLEIN, Junior Wilson. **Metodologia de análise da percepção tátil em diferentes classes de materiais e texturas para aplicação no design de produtos**. 2009. 166 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/17627>. Acesso em: fev. 2020.

FRASER William John; MAGUVHE Mbulaheni Obert. Teaching life sciences to blind and visually impaired learners. **Journal of Biological Education**, v. 42, n. 2, p. 84-89, 2008.

GARDOU, Charles; DEVELAY, Michael. O que as situações de deficiência e a educação inclusiva “dizem” às Ciências da Educação. **Revista Lusófona de Educação**, n. 6, p. 31-45, 2005.

LEOTE, R. Processos perceptivos e multissensorialidade: entendendo a arte multimodal sob conceitos neurocientíficos. In: **ArteCiênciaArte** [online]. São Paulo: Editora UNESP, 2015, p. 23-44. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/mqfvk/pdf/leote-9788568334652-05.pdf>. Acesso em: fev. 2020.

MAGNOBOSCO, Molise de Bem; DE SOUZA, Leonardo Lemos. Educação inclusiva e as representações dos estudantes sobre seus pares com deficiência. **Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 115-122, 2018.

MEHEUT, Martine; PSILLOS, Dimitris. Teaching-learning sequences aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, 16, p. 515-535, 2004.

MICHELOTTI, Angela; LORETO, Elgion Lucio da Silva. Utilização de modelos didáticos táteis como metodologia para o ensino de biologia celular em turmas inclusivas com deficientes visuais. **Revista Contexto e Educação**, ano 34, v. 109, p. 150-159, 2019.

SOLER, Miquel Albert. **Didáctica multisensorial de las ciencias**. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1999.

NEMPOMUCENO, Taiane Aparecida Ribeiro; ZANDER Leiza Daniele. Uma análise dos recursos didáticos táteis adaptados ao ensino de ciências a alunos com deficiência visual inseridos no ensino fundamental. Benjamin Constant, Rio de Janeiro, ano 21, n. 58, v. 1, p. 49-63, 2015.

PAZ, Alfredo Müllen *et al.* Modelos e modelizações no ensino: um estudo da cadeia alimentar. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 157-170, 2006.

POSTMA, Albert *et al.* Differences between Early-Blind, Late-Blind, and Blindfolded-Sighted People in Haptic Spatial-Configuration Learning and Resulting Memory Traces. **Perception**, v. 36, n. 8, p. 1253-1265, 2007.

SOUSA, Ana Cleia da Luz Lacerda; SOUSA, Ivaldo Silva. A inclusão de alunos com deficiência visual no âmbito escolar. **Estação Científica**, Macapá, v. 6, n. 3, p. 41-50, 2016.

STELLA, Larissa Ferreira; MASSABNI, Vânia Galindo. Ensino de Ciências Biológicas: materiais didáticos para alunos com necessidades educativas especiais. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 25, n. 2, p. 353-374, 2019.

TURINO, Thais Andressa de Souza. **Validação de material didático para pessoas com deficiência visual: construção mútua entre usuário e projetistas**. 2019. 127 f Dissertação (Mestrado), Universidade São Carlos, Sorocaba, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/11636>. Acesso em: fev. 2020.