

# **Como ensinar citologia para estudantes do ensino médio e promover uma visão informada sobre características da ciência**

## **How to teach cytology to high school students and promote an informed view on the characteristics of science**

**Anna Cássia de Holanda Sarmiento**

Colégio da Polícia Militar da Bahia – Dendezeiros  
anna.cassia01@hotmail.com

**Cássia Regina Reis Muniz**

Colégio da Polícia Militar da Bahia – Dendezeiros  
casmuniz@gmail.com

**Natália Rodrigues da Silva**

Colégio da Polícia Militar da Bahia – Dendezeiros  
natygreenhope@gmail.com

**Valter Alves Pereira**

Colégio da Polícia Militar da Bahia – Dendezeiros  
valteralvespereira@gmail.com

**Thiago Serravalle de Sá**

Instituto de Biologia da UFBA  
thiago.de.sa@gmail.com

**Claudia de Alencar Serra e Sepúlveda**

Departamento de Educação da UEFS  
sepulvedacau@gmail.com

### **Resumo**

É proposto que a inclusão da História e Filosofia da Ciência (HFC) na educação científica, pode diminuir dificuldades na aprendizagem dos seus conteúdos promovendo também uma compreensão do processo de produção do conhecimento científico. Embasados pelo referencial teórico e metodológico da *design research*, relatamos resultados de um estudo de desenvolvimento de uma sequência didática (SD) sobre membrana plasmática (MP), empregando o ensino sobre e com modelos e enfoque da HFC, num contexto real de ensino. Validamos os princípios de *design* através de dados qualitativos e quantitativos. Os dados evidenciaram efeitos positivos das características da SD sobre a aprendizagem acerca da MP e de modelos científicos. Os achados indicam que os estudantes aprenderam sobre estrutura e função da MP separadamente, mas tiveram dificuldades de relacioná-las. Isto mostra a

necessidade de incluir de novos princípios de *design*, que favoreçam a compreensão da relação estrutura-função.

**Palavras chave:** Ensino de biologia; História e filosofia da ciência; *Design research*; Modelos científicos; Membrana plasmática.

## Abstract

It has been proposed that one way for diminishing difficulties in learning scientific contents is through the inclusion of History and Philosophy of Science (HPS) in science teaching. This also promotes an understanding of the process of scientific knowledge production. Based on the theoretical and methodological grounds of design research, we report results of a development study of a teaching sequence (TS) about plasma membrane, which employs teaching about and with models and focuses on HPS, in an authentic context. We validated the design principles using qualitative and quantitative instruments. Data analyses showed positive effect of the SD characteristics on students' learning about cellular membrane and scientific models. The findings indicate that students learned about membrane structure and function separately, but had difficulties in relating them. This shows the need of including new design principles in future prototypes, to favor the understanding of the function-structure relationship.

**Keywords:** Biological education; History and philosophy of science; Design research; Scientific models; Plasma membrane.

## Introdução

A literatura sobre ensino de ciências tem discutido a ausência de uma abordagem contextual do conhecimento científico nos currículos escolares e suas implicações (MATTHEWS, 1992). Na biologia e, mais especificamente, na citologia, da qual trata este artigo, o ensino tem focado a memorização de estruturas e funções, sem contextualização em relação aos processos de produção do conhecimento científico sobre a célula, nem com a aplicabilidade desse conhecimento. Essa abordagem desmotiva os estudantes e dificulta a compreensão do conhecimento científico sobre a célula e a promoção de uma visão informada sobre a ciência.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio tratam da importância da contextualização do conhecimento biológico e as tecnologias a ele associadas, considerando seus processos de produção (BRASIL, 2000). Matthews (1992) defende a inclusão da história e filosofia da ciência (HFC) na educação básica como forma de humanizar as ciências e promover o pensamento crítico do estudante. Contudo sua inserção no currículo é dificultada por aspectos metodológicos, os quais, para Martins (2006), podem ser enfrentadas com episódios históricos, proporcionando discussões acerca da Natureza da Ciência (NdC). Matthews (2012) sugere que além de uma abordagem contextual, uma mudança de foco da NdC para Características da Ciência (CdC) pois tratar da NdC em sala de aula é difícil, pela sua abrangência, enquanto a partir da visão das CdC, podemos selecionar aquelas características possíveis de serem trabalhadas, a exemplo dos modelos científicos, essenciais para a compreensão de fenômenos biológicos (FRANCISCO JUNIOR, 2010).

Nossa prática docente evidencia que abordar o conhecimento científico sem contextualizá-lo quanto à sua construção histórica e seus aspectos filosóficos, acarreta na desmotivação dos

estudantes. Assim, a fim de construir uma visão ampla sobre CdC, conduzimos um estudo de desenvolvimento de uma inovação educacional por meio de uma abordagem sobre HFC dos conhecimentos sobre citologia, com foco nos modelos científicos, tomando como caso o ensino da membrana plasmática (MP). Nosso trabalho segue o referencial teórico-metodológico da *design research* e tem o objetivo de investigar os princípios de *design*<sup>1</sup> que uma sequência didática (SD) pode apresentar para promover compreensão da estrutura e função da MP e de CdC, no contexto da primeira série do ensino médio (EM).

## Métodos

### Pesquisa de design educacional (*Design research*)

Nosso trabalho faz uso dos referenciais teórico-metodológicos da pesquisa de *design* educacional (*educational design research*), que se configura como o estudo sistemático do planejamento, do desenvolvimento, da avaliação e da manutenção de intervenções educacionais como soluções para problemas complexos da prática educacional. Busca-se além de ampliar o conhecimento sobre as características destas intervenções, investigar o processo de planejamento e desenvolvimento das mesmas (PLOMP, 2009). Além disso, a pesquisa de *design* educacional visa estabelecer características das intervenções (princípios de *design*), concebidas como resultados teóricos da pesquisa, compondo uma teoria de ensino específica para dado domínio. Dentro da pesquisa de *design*, estamos realizando um estudo de desenvolvimento que visa resolver problemas educacionais, por meio de pesquisa sistemática que possibilite a construção e validação de princípios de *design* de inovações educacionais que possam ser aplicadas em diversos contextos. Estes estudos ocorrem por meio da investigação de versões sucessivas da intervenção, em diferentes contextos educativos, por meio da comparação entre as vias de aprendizagem pretendidas com a implementação da intervenção e as vias de aprendizagem efetivamente realizadas em sala de aula, possibilitando a validação interna dos princípios de *design*. A seguinte questão de pesquisa orienta o estudo: quais as características de uma abordagem de ensino acerca da MP, empregando o ensino sobre e com modelos e enfocando a HFC, que seja capaz de promover ganhos de aprendizagem de estudantes da primeira série do EM?

### Construção da Sequência Didática

A construção do primeiro protótipo da SD foi realizada em colaboração com os integrantes do um grupo Colaboração em Pesquisa e Prática em Educação Científica (CoPPEC)<sup>2</sup>. Sua aplicação ocorreu no contexto do ensino de biologia, na primeira série do EM do Colégio da Polícia Militar do município de Salvador-Ba, sendo conduzida por professores-pesquisadores.

Para construir a SD e torná-la apropriada ao contexto de sua aplicação, usamos os critérios de justificação *a priori* (MÉHEUT, 2005), que incluem três dimensões: (1) epistemológica, relacionada aos conteúdos a serem aprendidos, e à sua aplicabilidade e gênese histórica; (2) psicocognitiva, relativa à possibilidade de os estudantes compreenderem o assunto, dadas suas capacidades cognitivas; e (3) didática, que analisa as restrições da escola (programas, cronogramas, carga horária etc.). Para a avaliação da SD, usamos critérios de validação *a*

---

<sup>1</sup> Princípios de *design* são entendidos como produtos teóricos da *design research*, que podem vir a compor uma teoria de ensino específica para um dado domínio (por exemplo, para o ensino de citologia) (PLOMP, 2009).

<sup>2</sup> O grupo é integrado por professores da educação básica em exercício, estudantes de licenciatura e pesquisadores da universidade com o intuito de desenvolver pesquisa educacional colaborativa.

*posteriori* (MÉHEUT, 2005), realizando validação interna por meio de diferentes fontes de dados tais como questionários fechados, abertos, diários de campo e filmagens das aulas.

Os princípios de *design* que orientaram a construção do primeiro protótipo da SD derivam do diálogo entre o saber docente e a literatura em ensino de ciências. Para o planejamento da SD, incluímos princípios que acreditamos ser importantes para a aprendizagem sobre MP e CdC no contexto da primeira série do EM: (1) enfoque sobre modelos, para promover compreensão do processo de construção do conhecimento científico, por meio de uma abordagem explícita sobre CdC; (2) um tratamento da construção dos modelos de MP, para contextualizar o ensino e aprendizagem sobre sua estrutura e função, através de uma reconstrução histórica dos modelos; (3) a utilização de textos de divulgação científica (TDC), para contextualização e sistematização do processo de construção do conhecimento científico sobre MP, implementada por meio de leitura e discussão de um TDC, adaptado ao contexto da pesquisa; e (4) um processo cooperativo de aprendizagem, para auxiliar na construção dos conceitos no plano social da sala de aula, a partir de atividades de interação e discussão grupos de estudantes, apoiados pelo professor.

Implementamos a SD em 12 horas-aula. Na primeira aula, fizemos uma discussão sobre modelos, tendo foco na relação entre teoria, modelo e realidade e sobre atividades de idealização e abstração na ciência. Na segunda aula, discutimos o papel dos modelos na construção do conhecimento científico e os tipos de modelos de acordo com a sua natureza e seu processo de construção. Na terceira aula, a atividade constituiu o jogo *Célula Adentro*<sup>3</sup>, iniciando discussões sobre construção e refinamento de modelos de MP. Na quarta aula, grupos de estudantes fizeram leitura de textos sobre modelos de MP e construíram uma apresentação, que foi socializada com os colegas na quinta aula. Na sexta aula, fizemos uma abordagem histórica sobre construção dos modelos de MP e sobre a sua composição química. Discutimos sobre modelos de transporte de substâncias através da MP na sétima e na oitava aulas. Na nona aula, realizamos a segunda coleta de dados (a primeira coleta de dados aconteceu uma semana antes do início da SD e a terceira durante o período de provas da unidade letiva). Discutimos sobre as relações entre estrutura e função da MP durante a décima e décima-primeira aulas. Na décima-segunda aula, os estudantes fizeram a leitura do texto adaptado “Membranas fluidas” (ZORZETTO, 2013), que possibilitou uma discussão acerca da plasticidade da MP.

### **Desenho metodológico da investigação da SD e da análise dos resultados**

A SD foi aplicada em 10 turmas da primeira série do EM. Contudo, por questões relativas ao cronograma escolar, analisamos apenas os dados de 8 turmas. Fizeram parte da amostra os estudantes que participaram de todas as etapas de coleta de dados, perfazendo um total de 142 estudantes. Todos os estudantes receberam um termo de consentimento livre e esclarecido, que foi assinado por seus responsáveis, autorizando-os a participar do estudo.

Neste trabalho, analisaremos os dados coletados por meio de questionários com questões fechadas construídas e validadas pelos integrantes do grupo colaborativo, passando por análises sucessivas possibilitando sua adequação ao contexto do estudo e da pesquisa. Criamos um banco com 24 questões, divididas em 8 cenários, tendo como temas MP e modelos. Esse banco de questões gerou três questionários, aplicados em três momentos distintos da SD, a fim de observar estágios de compreensão dos conteúdos trabalhados.

Em cada momento, apenas duas questões fechadas de cada cenário foram aplicadas (totalizando 16 questões). A cada aplicação sorteamos uma das questões para ser substituída,

---

<sup>3</sup> Disponível em: <<http://celulaadentro.ioc.fiocruz.br>>

assim, cada questão foi aplicada duas vezes. Isso visou minimizar o efeito do teste, a melhora no desempenho do respondente quando submetido mais de uma vez à mesma questão, apenas pela repetição da tentativa de respondê-la, e não pela aprendizagem dos conteúdos.

Analisamos o incremento de acertos nas respostas dos estudantes por meio da produção de tabelas de frequência. Tabulamos os resultados dos questionários nos três momentos de coleta de dados em tabelas dicotômicas (0 ou 1), nas quais o somatório foi convertido em um escore percentual. Geramos dois escores parciais (usados como covariáveis no teste estatístico), variando de 0 a 100%, a partir do somatório dos temas relativos a modelos e membranas.

Os dados respeitaram a normalidade e homogeneidade da variância, verificados através do teste de Levene e da significância bicaudal de um teste de Kolmogorov-Smirnoff, respectivamente ( $p > 0,05$ ). Procedemos com uma Análise de Covariância (ANCOVA) usando o programa SPSS™. A ANCOVA testa diferenças de médias entre os grupos usando variáveis contínuas (Covariáveis) para avaliar o efeito do modelo geral, retirado o efeito das Covariáveis. O que este desenho nos permite é observar o efeito da SD na aprendizagem dos conteúdos de Membrana e Modelos excluindo o efeito de um sobre o outro.

## **Resultados e Discussão**

### **Análise dos dados**

A análise dos percentuais de acertos dos estudantes em relação aos temas ‘Membrana’ e ‘Modelo’, nas três aplicações do questionário, mostrou nítida tendência incremento na maioria dos conteúdos. Os percentuais serão apresentados ao longo da seção de resultados, considerando-se as dificuldades na apropriação dos conceitos por parte dos estudantes. Os resultados da ANCOVA mostraram que houve ganhos significativos de aprendizagem sobre membrana e modelos (excluindo os efeitos de um sobre o outro) ao longo da SD ( $p < 0,000$ ).

### **Processo de compreensão conceitual sobre membrana plasmática e modelos científicos ao longo da SD**

A análise dos dados evidencia que, antes da intervenção, os estudantes desconheciam a natureza química da MP, prevalecendo a ideia de que esta é constituída por lipídios e ácidos nucléicos. Ao final da intervenção, após uma abordagem sobre o processo histórico de construção e refinamento dos modelos de MP, encontramos que 61,2% dos estudantes compreendiam que a MP é composta principalmente por lipídios. Verificamos, nas avaliações intermediária e final, que 71% dos estudantes compreendem que o modelo do mosaico fluido é constituído por uma dupla camada de fosfolipídios com proteínas mergulhadas. Contudo, evidenciamos que os estudantes confundem como as porções hidrofílicas e hidrofóbicas dos fosfolipídios estão dispostas na dupla camada. Atribuímos o problema à dificuldade de compreensão do significado dos termos.

Acerca da organização do modelo do mosaico fluido, inicialmente 41% dos estudantes o reconheciam como o modelo que apresenta a organização molecular e estrutural que melhor explica o trânsito de substâncias de naturezas diversas. Após abordagem contextual, ao final da intervenção, esse percentual aumentou para 69,8%. Verificamos também que 86,3% dos estudantes, na avaliação intermediária, e 87,1%, ao final de intervenção, reconheciam as propriedades dos fosfolipídios que os permitem formar uma bicamada em meio aquoso.

Sobre as funções realizadas pela MP, 20,9% dos estudantes reconheciam, inicialmente, que proteínas integrais da MP realizam o transporte de substâncias insolúveis em gordura. Este percentual aumentou para 42,4% ao final da intervenção. Sobre permeabilidade seletiva, na

avaliação intermediária e final, verificamos que 41% dos estudantes compreendiam que a MP mantém a composição intracelular diferente da composição extracelular.

Acerca da relação entre os componentes estruturais do modelo de MP e a sua capacidade de realizar funções que emergem de sua integração parte-todo, tais como o fenômeno de sinalização celular, encontramos, inicialmente, que 42,4% dos estudantes compreendiam que um dos fatores responsáveis pela diabetes mellitus do tipo II está relacionado a problemas nos receptores de insulina presentes na membrana. Na avaliação intermediária, esse percentual aumentou para 51,8%. Acerca do modelo para a multiplicação celular e origem do câncer de próstata, encontramos, inicialmente, que 27,3% dos estudantes compreendiam que o mesmo decorre de problemas estruturais na MP. Esse percentual caiu para 25,2% na avaliação intermediária, evidenciando que os estudantes não compreendiam a MP como um sistema que pode entrar em desequilíbrio quando problemas afetam o funcionamento de seus elementos. Creditamos esse problema a uma maior complexidade desse modelo.

Sobre o papel dos modelos no processo de produção do conhecimento científico, inicialmente encontramos que 39,6% dos estudantes compreendiam que os modelos fazem uma ponte entre a teoria e a realidade. Na avaliação intermediária, após abordagem explícita sobre modelos, esse percentual aumentou para 60,4%. Inicialmente, encontramos que 22,3% dos estudantes acreditavam que os modelos são construídos para descobrir verdades absolutas sobre a realidade, e 18% desconheciam a sua natureza teórica. Esses percentuais diminuíram para 8,6% e 7,9%, respectivamente, na avaliação intermediária. Encontramos também, inicialmente, que 54% dos estudantes já reconheciam que os modelos são usados para a produção de conhecimento. Esse percentual aumentou para 83,5% ao final da intervenção. Nossos achados evidenciam que, inicialmente, 20,1% dos estudantes apresentavam a concepção de que os modelos são usados apenas para explicar fenômenos impossíveis de visualizar, diminuindo para 12,2% ao final da intervenção. Evidenciam também, na avaliação intermediária, que 48,9% dos estudantes reconheciam que a modelagem na ciência permite a formulação e reformulação de teorias, aumentando para 66,9% ao final da intervenção.

A análise dos dados sobre provisoriedade e multiplicidade dos modelos nos permite inferir, inicialmente, que 39,6% dos estudantes já conheciam o caráter provisório dos modelos, aumentando para 61,9% ao final da intervenção. Encontramos, antes da intervenção, que 15,8% dos estudantes não compreendiam que a explicação de um fenômeno pode necessitar de múltiplos modelos. Esse percentual diminuiu para 7,2% ao final da intervenção, evidenciando boa compreensão sobre o conteúdo. Acerca da influência da subjetividade humana na ciência, encontramos, tanto na avaliação intermediária quanto na final, que 44,6% dos estudantes reconheciam a influência da criatividade e imaginação no trabalho dos cientistas. Observamos que os estudantes compreendiam a influência do contexto social, político, econômico e tecnológico na ciência, pois apenas uma pequena parcela deles afirmou que a ciência é imune à pressão de fatores externos.

Sobre a relação entre teoria, modelo e realidade, inicialmente, 50,4% dos estudantes consideravam que os modelos são usados para fazer descobertas sobre a realidade. Esse percentual diminuiu para 33,8%, ao final da intervenção. Encontramos, inicialmente, que 27,3% dos estudantes compreendiam que os modelos são idealizações da realidade, percentual este que aumentou para 46,8% ao final da intervenção. Ainda sobre esse conteúdo notamos, inicialmente, que 33,1% dos estudantes compreendiam que os modelos não correspondem à realidade, mas interpretam a realidade com o auxílio de teorias, enquanto 34,5% apresentaram a concepção de que os modelos representam a realidade tal como ela é. Ao final da intervenção, percebemos que 51,8% dos estudantes compreendiam que os modelos são interpretações da realidade e diminuiu para 15,8%, o percentual daqueles que apresentam a visão dos modelos como representações fiéis da realidade.

## Considerações finais

Esse estudo procurou investigar, através de uma pesquisa situada na sala de aula, as características que uma SD pode apresentar para promover compreensão da estrutura e função da MP e CdC, no contexto da primeira série do EM. Construímos a SD apostando que a HFC é capaz de contextualizar o conteúdo e de promover uma melhor compreensão dos conceitos científicos e uma visão mais informada da ciência.

Para a construção da SD, elaboramos 4 princípios de *design*. Os dois primeiros princípios, (1) emprego de uma abordagem explícita sobre CdC, com foco sobre modelos e (2) emprego de uma abordagem histórica sobre o processo de construção dos modelos teóricos de MP, por serem novidades incorporadas aos nossos estudos, mereceu esforços para a sua validação. Os dois últimos, (3) utilização de textos de divulgação científica e (4) construção de um processo cooperativo de aprendizagem, já foram validados por outros trabalhos desenvolvidos no CoPPEC (MUNIZ et al, 2012; SARMENTO et al, 2013, SÁ et al, 2015).

Os dados nos permitem inferir que o uso da HFC para tratar do refinamento dos modelos de MP, além de contextualizar os conteúdos, auxiliou na compreensão conceitual da organização molecular e estrutural do modelo mais aceito atualmente, bem como do poder explicativo que o mesmo tem em relação ao transporte de substâncias, permitindo a compreensão dos estudantes sobre a forma como ocorrem esses transportes e sobre permeabilidade seletiva. Acerca da relação entre estrutura e função da MP, o uso de modelos explicativos sobre o metabolismo da glicose favoreceu a compreensão de problemas que desencadeiam a diabetes mellitus. Entretanto, os estudantes não compreenderam o modelo explicativo para a multiplicação celular, cujo desequilíbrio pode dar origem ao câncer de próstata.

Os dados acerca do emprego de uma abordagem explícita sobre CdC, com foco sobre modelos, evidenciaram a construção de uma visão mais crítica da ciência, permitindo-nos inferir que esta abordagem pode contribuir para a construção de uma visão mais informada das CdC. A SD contribuiu para que os estudantes compreendessem o papel dos modelos na ciência, a provisoriedade e multiplicidade dos modelos, que a ciência é influenciada por fatores externos, além de possibilitar uma melhor compreensão das atividades científicas de idealização e abstração para a construção de modelos e interpretação da realidade, contribuindo para uma compreensão mais profunda da relação entre teoria, modelo e realidade.

Acreditamos ter produzido evidências suficientes para inferirmos que a intervenção teve o efeito desejado do ponto de vista de compreensão conceitual, tanto em relação aos temas membrana e modelo separados quanto em conjunto, validando assim os dois primeiros princípios de *design*. Contudo, em outros protótipos, será importante refinar a SD, incorporando novos princípios: (1) o uso de uma abordagem explícita sobre o uso da linguagem, empregando a palavra como base material para a construção de significados, tais como os dos conceitos hidrofílico/hidrofóbico e polar/apolar; (2) abordagem explícita acerca da integração parte-todo na MP, para que os estudantes compreendam propriedades que emergem da integração das funções que os constituintes da MP desempenham.

Acreditamos que os princípios de *design* validados neste estudo podem ser usados por outros professores, para a construção de SDs que se proponham a abordar HFC para a aprendizagem de conteúdos específicos da ciência escolar e/ou de promover uma visão informada de CdC. Nossos produtos teóricos, como os princípios de *design* e sobre o processo de construção e investigação da intervenção, poderão se tornar em evidências transferíveis para novos contextos, a partir de uma generalização situada (SIMONS et al., 2003), desde que os professores notem semelhanças entre o seu contexto de ensino e o contexto no qual desenvolvemos nosso estudo. Isso é válido para as dimensões didática, psicocognitiva, e

também epistemológica, a partir da análise dos princípios de *design* e o potencial destes para solucionar os problemas educacionais vividos em suas práticas.

## Referências

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério de Educação, 2000.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. **Analogias e situações problematizadoras em aulas de ciências**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2010.

MARTINS, R. de A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In. SILVA, Cibelle Celestino (org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da física, 2006.

MATTHEWS, M. History, philosophy and science teaching: The present rapprochement, **Science & Education** 1(1), 1992. p. 11-47.

MATTHEWS, M. Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research*. **Concepts and Methodologies**. Heidelberg: Springer Dordrecht, 2012. p. 3-26.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: Boersma et al. (Ed.), **Research and the quality of science education**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 195-207.

MUNIZ, C. R. R.; SARMENTO, A. C. de H.; SILVA, N. R.; PEREIRA, V. A.; SANTANA, M. A.; SÁ, T. S. de; SEPULVEDA, C. A Estudo de desenvolvimento de uma intervenção para o ensino de metabolismo energético – segundo protótipo. **Anais do IV ENEBIO - Encontro Nacional de Ensino de Biologia e II EREBIO (Regional 4) - Encontro Regional de Ensino de Biologia**. Goiânia. SBEnBIO. set. 2012.

PLOMP, T. Educational design research: An introduction. In: T. Plomp, & N. Nieveen (Eds.). **An introduction to educational design research**. Enschede: SLO – Netherlands Institute for Curriculum Development, 2009. p. 9-35.

SÁ, T. S.; AMARANTE, A. L. A. P. C.; SARMENTO, A. C. H.; MUNIZ, C. R. R.; SILVA, N. R.; Pereira, V. A.; SEPULVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Energetic Metabolism in Biology Classrooms: A Developmental Study of a Teaching Sequence. **Procedia: Social and Behavioral Sciences**, v. 167, 2015. p. 50-55.

SARMENTO, A. C. H.; MUNIZ, C. R. R.; SILVA, N. R.; PEREIRA, V. A.; SANTANA, M. A. G.; SÁ, T. S.; EL-HANI, C. N. Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. **Ciência e Educação** (UNESP. Impresso), v. 19, 2013. p. 573-598,

SIMONS, H.; KUSHNER, S.; JONES, K. & JAMES, D. From evidence-based practice to practice-based evidence: the idea of situated generalization. **Research Papers in Education**, v. 18, 2003. p. 347-364.

ZORZETTO, R. Fronteiras fluidas: propriedades elásticas da membrana variam segundo tipo e função da célula. **Pesquisa FAPESP**, 213, 2013. p. 50-53.