

A MODELIZAÇÃO EM GENÉTICA E BIOLOGIA MOLECULAR: ENSINO DE MITOSE COM MASSA DE MODELAR

Modelling in genetics and molecular biology: mitosis teaching with modelling dough

Renato Araújo Torres de Melo Moul [torresmoul@gmail.com]

Flávia Carolina Lins da Silva [flaviaclds@gmail.com]

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos – CEP: 52171-900 – Recife/PE

Resumo

A modelização é um recurso potencialmente empregado em aulas de biologia, pois facilita a compreensão de conceitos. A fim de observarmos a contribuição desta metodologia no processo de ensino-aprendizagem, utilizamos modelos didáticos em aulas de Biologia, com massa de modelar, onde os alunos representaram a célula e os cromossomos nas etapas da mitose. Aplicou-se um pré-teste e um pós-teste para investigar o conhecimento prévio e ainda como o tema foi assimilado pelos discentes, comparando-se o uso da modelização com a aula expositiva. Grande maioria dos estudantes apresentou significativo interesse pelo uso das representações e obteve uma melhor assimilação de conteúdos, demonstrando que esta prática fornece aos alunos a compreensão dos elementos básicos da mitose, permitindo a criação de relação entre as estruturas que participam deste processo.

Palavras-chave: Divisão celular; Aprendizagem; Representações.

Abstract

The modeling is a potentially resource employed in biology classes because facilitates the understanding of concepts. In order to observe the contribution of this methodology in the teaching-learning process, didactic models used in biology classes, with modeling clay, where students represented the cell and the chromosomes in the stages of mitosis. The applied pre-test and a post-test to investigate prior knowledge and as the theme was assimilated by students, comparing the use of modeling with the lecture. Vast majority of students showed significant interest in the use of representations and got a better reception of facts, showing that this practice provides students with an understanding of the basic elements of mitosis, allowing the creation of relationship between the structures participate in this process.

Keywords: Cell division; Learning; Representations.

Introdução

A abstração conceitual e o alto grau de complexidade em Genética e Biologia Molecular criam dificuldades que contribuem para uma larga distância entre o que se faz o que se deveria fazer em sala de aula, de acordo com pesquisas relacionadas ao ensino de Biologia (Cid, 2005; Paiva & Martins, 2005; Fabrício et al., 2005; Orlando, 2009).

Karagöz & Çakir (2011, p. 1) alegam que equívocos em genética são encontrados e relatados com alta frequência. Segundo Duncan & Raiser (2007, p. 939), a dificuldade se deve à invisibilidade e inacessibilidade dos conceitos em genética, pois inclui uma complicada estrutura com múltiplos níveis de organização biológica — como os genes, proteínas, células e órgãos.

Diante disso, Lima (2007, p. 22-25) ressalta que a formação pedagógica conteudista e fragmentada influencia de maneira significativa o modo como os professores ensinam na educação básica. Amorim (1997) nos revela que os próprios docentes de biologia assumem ter dificuldades em compreender, acompanhar e mediar à aprendizagem de conteúdos com as últimas novidades científicas e tecnológicas. Castelão & Amabis (2008) ainda apontam que o ensino e a aprendizagem em genética no ensino médio têm sido dificultados pelo alto nível de abstração e pela escassez de recursos didáticos facilitadores, levando ao desinteresse e à desmotivação, que dificultam a contextualização e compreensão nos diversos temas em genética.

De acordo com os PCNEM (1999), o ensino de Biologia deve mais do que fornecer informações,

é fundamental que o ensino de Biologia se volte ao desenvolvimento de competências que permitam ao aluno lidar com as informações, compreendê-las, elaborá-las, refutá-las, quando for o caso, enfim compreender o mundo e nele agir com autonomia, fazendo uso dos conhecimentos adquiridos da Biologia e da tecnologia (BRASIL, 1999, p. 19).

Duso et al. (2013, p. 31), afirmam que a modelização tem sido considerada, nos últimos anos, um método de ensino bastante promissor para o ensino aprendizagem de ciências e biologia, porque propicia a reflexão, o debate e a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, estimulando a criatividade, a interatividade, a capacidade de decisão e a pesquisa. Podemos observar o crescente aumento no número de pesquisas sobre a importância do uso de modelos didáticos na construção do conhecimento e sua relação no processo de ensinagem, nos últimos anos (Islas & Pesas, 2001; Gilbert, 2004; Ferreira & Justi, 2008; Duso et al., 2013).

Os modelos didáticos aparecem como produtiva estratégia no processo de ensino-aprendizagem na educação básica. Estes modelos são úteis na sala de aula, pois permitem aos estudantes facilmente observar e analisar o que é difícil aprender diretamente dos livros didáticos, pois como disse Chinnici et al., (2006, p. 106), tais modelos são também importantes ferramentas para as ciências biológicas, quando podem aumentar o entendimento dos estudantes além de dissolver problemas de habilidade.

Giordan & Vechi (1996) definem modelo como uma construção, uma estrutura que pode ser utilizada como referência, uma imagem analógica que permite materializar uma ideia ou um conceito, tornando-os assim, mais assimiláveis. Os modelos podem ser utilizados para representação de diversos conceitos e processos em genética, pois como alegam Brandão & Acedo (2000), atuam como facilitadores da compreensão desta área. Vilhena et al. (2010) mostram essa nova tendência no ensino em desenvolver trabalhos que visam a utilização de modelos didático-pedagógicos como estratégias inovadoras para o ensino de Biologia.

O ensino de tópicos de Biologia Molecular constitui um dos conteúdos do Ensino Médio de Biologia que mais requer a elaboração de material didático de apoio ao conteúdo presente nos livros texto, já que emprega conceitos bastante abstratos e trabalha com aspectos microscópicos (Orlando et al., 2009, p. 2). Dentre os conceitos que os estudantes mais confundem, segundo Bahar et al. (1999), estão os tópicos de mitose e meiose. Mickle (1990) propôs um modelo para o ensino de divisão celular, que utilizava apenas os dedos das mãos.

Braga *et al.* (2009, p. 2 - 6), em outro exemplo, apresentam também uma atividade didática de modelização da divisão celular, para o Ensino Médio, visto que, segundo os autores, este conteúdo engloba processos de difícil compreensão por parte dos estudantes, por envolverem altos graus de abstração nos seus conceitos. E ainda Luo (2012, p. 267) propõe a utilização de um modelo para explicar o movimento dos cromossomos durante os eventos de mitose e meiose, pois de acordo com o pesquisador, a compreensão deste tópico é um desafio para estudantes na sala de aula que carecem de uma relevante base científica.

É neste sentido, que o objetivo do estudo foi desenvolver um método simples, barato e prático para a utilização de um modelo didático em uma aula de Biologia ao ensino de mitose para alunos do Ensino Médio, e que poderia servir como a base para o estudo da estrutura e do tipo de cromossomo, além dos comportamentos dos cromossomos durante a mitose. E também, a fim de observarmos se com esta aplicação o processo de ensino-aprendizagem é facilitado e a assimilação de conteúdos se torna mais efetiva na construção do conhecimento.

Materiais e Métodos

Para esta pesquisa, contamos com a participação de um grupo de vinte estudantes do 1º ano do ensino médio, turno da manhã, de uma escola da rede privada na Região Metropolitana de Recife, PE, Brasil. Dos participantes, 12 eram do gênero feminino e 8 do gênero masculino, na faixa etária dos 14 aos 17 anos. Apenas um aluno estava cursando novamente o 1º ano. A estratégia metodológica utilizada foi apoiada no processo denominado “momentos pedagógicos”, (Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 1991; Gehlen et al., 2012), sendo a investigação dividida em três fases:

- a) Uma fase diagnóstica com a aplicação do pré-teste, denominada de Problematização Inicial, onde os alunos foram indagados acerca do tema e discutiram brevemente sobre a sua contextualização;
- b) A fase denominada Organização do Conhecimento, onde se deu a exposição do conteúdo, com a devida introdução dos conceitos teóricos e, especificamente para o grupo experimental, realizou-se a intervenção didática, com a construção do modelo com massa de modelar;
- c) E a terceira e última fase, consolidadora, denominada Aplicação do conhecimento, onde foi aplicado o pós-teste para verificarmos a assimilação do conteúdo.

Para a fase diagnóstica, realizamos um questionário (Tabela 1) para coleta de dados, a fim de verificar o conhecimento prévio dos vinte alunos quanto ao tema, onde definimos quais seriam as respostas ideais para cada tópico. Baseado no trabalho de Annetta et al. (2009), escolhemos por sorteio um grupo controle, com dez alunos, sendo 6 alunos do gênero feminino e 4 alunos do gênero masculino, que participaram apenas da aula expositiva, respondendo também o pós-teste.

Tabela 1 - Questionário realizado no pré-teste, com respostas ideais baseadas em Pierce (2011)

Questões	Respostas ideais
O que você entende por ciclo celular?	É a história de vida de uma célula, os estágios pelos quais ela passa de uma divisão para a seguinte.
Qual a diferença entre mitose e meiose?	A mitose resulta em uma única divisão produzindo duas células-filhas. A meiose é constituída de duas divisões celulares e geralmente produz quatro células.
Cite algumas das fases da divisão celular.	Interfase, metáfase, prófase, anáfase, telófase poderiam ser citadas.
Qual a importância da divisão celular para o organismo vivo?	Permite a perpetuação da vida, além do crescimento e desenvolvimento do ser vivo.
Explique resumidamente os conceitos de cromossomo, gene e DNA.	Cromossomo é uma estrutura composta por DNA associado a proteínas numa conformação condensada durante a divisão celular; gene é uma unidade genética que ajuda a determinar uma característica, codificando produtos funcionais; DNA é um ácido nucleico, formado por açúcar, fosfato e base nitrogenada, dispostos em duas longas cadeias ligadas entre si por pontes de hidrogênio.

Em seguida, com ambos os grupos amostral e controle, realizamos a apresentação do tema da aula, Mitose, através de exposição do conteúdo com auxílio do quadro branco e livro didático. Explicamos a mitose com suas fases e processos, além de sua importância para os seres vivos. Ao fim da aula expositiva, aplicamos o pós-teste (Tabela 2) apenas para o grupo controle, para os quais estava encerrada a atividade.

No terceiro momento, o grupo amostral foi dividido em cinco duplas, onde os estudantes se envolveram com a construção de modelos para cada uma das etapas da mitose. O modelo didático e a metodologia utilizada foram baseados na proposta de Dentillo (2009), que aplica o uso para representação das fases mitóticas desde a interfase até a prometáfase. No nosso caso, optamos por dispensar a representação da prometáfase e da interfase, bem como das organelas e estruturas celulares inativas no processo mitótico, a fim de facilitar a representação e consequente assimilação do conteúdo por parte dos alunos. Para cada etapa da mitose, uma dupla de alunos reproduziu esquematicamente, a prófase, a metáfase, a anáfase e a telófase. Para isto, disponibilizamos uma projeção por slide, onde estavam representadas as cinco fases a serem reproduzidas, por onde os estudantes se norteavam na construção do modelo didático (Figura 1).

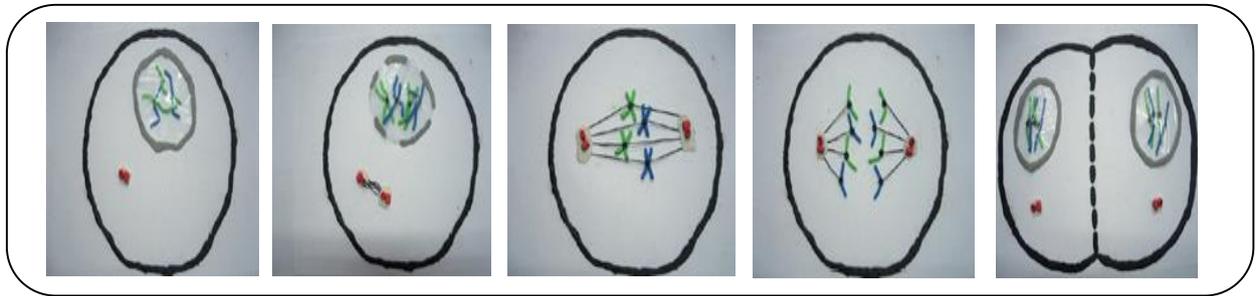


Fig. 1. Representações de Dentillo (2009). Da esq. para a dir.:interfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase.

Utilizando seis barras de massa de modelar de cores diferentes, representamos a membrana plasmática, a membrana nuclear, os cromossomos e os centríolos, todos apoiados sobre uma folha de ofício (Figura 2).

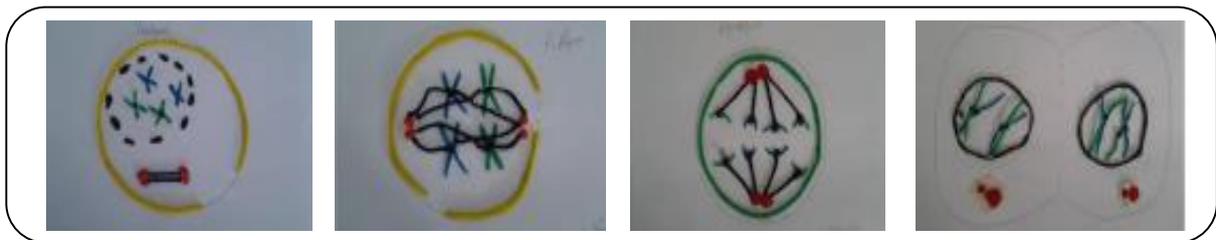


Figura 2. Representações produzidas pelos alunos.

Para a membrana plasmática pressionamos a massa de modelar sobre o papel, formando um círculo. No caso da membrana nuclear, utilizamos ainda um pedaço de plástico transparente, fixado em redor das extremidades por massa de modelar, englobando os cromossomos. Estes, devido à limitação de espaço na folha de ofício, e também ao objetivo de simplificarmos a atividade, foram representados apenas por dois pares, aludindo a uma célula diploide. Já os centríolos podem ser reproduzidos por dois pequenos cilindros de cor vermelha. Com o barbante preto representamos as fibras do fuso mitótico, onde cada linha correspondia a uma fibra, que tinha suas extremidades posicionadas sobre os centríolos. Ao final, aplicamos também o questionário pós-teste para o grupo amostral (Tabela 2), para investigar como o tema foi absorvido pelos discentes.

Tabela 2 - Questionário realizado no pós-teste, com respostas ideais baseadas em Pierce (2011)

Questões	Respostas ideais
Quais são as etapas da mitose?	Interfase, prófase, metáfase, anáfase e telófase.

Qual a função dos microtúbulos do fuso e onde se ligam?	São responsáveis por mover os cromossomos durante a divisão celular. Seu ponto de ligação é nos centrômeros.
Explique o que são cromátides-irmãs.	Duas cópias de um cromossomo que são mantidas juntas no centrômero, onde cada cromátide se constitui em uma única molécula de DNA.
O que ocorre na telófase?	Os cromossomos chegam aos polos do fuso, a membrana nuclear se reconstitui e os cromossomos de distendem.
Qual a diferença entre citocinese de cariocinese.	Citocinese é o processo pelo qual se divide o citoplasma de uma célula enquanto cariocinese é a divisão do núcleo.

Resultados e Discussão

Ao apresentarmos as cinco perguntas discursivas acerca da divisão celular, com suas características e condições, observamos que quase a totalidade dos estudantes não possuía um significativo conhecimento prévio sobre o assunto, demonstrando quase nenhuma familiarização com os conceitos em genética. Para análise das respostas, categorizamos as mesmas em “corretas”, “parcialmente corretas”, “erradas” e “não respondidas”. Para esse primeiro questionário, estabelecemos ainda as respostas ideais que tínhamos como as corretas. Obtivemos 85% das respostas incorretas. Para a primeira questão “*o que você entende por ciclo celular?*” apenas dois estudantes citaram em suas respostas ao menos o termo divisão celular - o que demonstra algum conhecimento do tema ou ainda, uma ligeira referência aos termos já encontrados na mídia - enquanto todas as demais respostas foram classificadas como incorretas. Quando indagamos “*qual a diferença entre mitose e meiose?*” apenas dois discentes apresentaram respostas parcialmente corretas. Esses discentes afirmavam já ter lido o livro do ensino médio e assistido documentários sobre o tema, o que nos mostra que as informações obtidas fixaram-se como conhecimento. No entanto, com o tempo, muitos dados específicos não são retidos e as informações se apresentam de forma simplificada nas respostas, as quais transcrevemos abaixo:

Aluno 5: “*diferenciam quanto ao número de células resultantes*”.

Aluno 11: “*a meiose é reducional*”.

Na terceira questão, onde pedimos que se “*cite algumas das fases da divisão celular*”, todos os alunos citaram novamente os termos mitose e meiose nas respostas, mas sem apresentar fases específicas destas duas etapas. Esse é um dos grandes problemas relacionados com o ensino de genética, como destacam Salim *et al.* (2010), que na maior parte das escolas falta inter-conexão entre conteúdos que se complementam, como divisão celular e outros conceitos de genética, fazendo com que os estudantes cheguem ao ensino superior sem as noções adequadas sobre esses assuntos, com erros conceituais e como consequência, a maioria não consegue fazer a correlação entre divisão

celular, perpetuação da vida e transmissão de características, além de apresentarem falta de entendimento de conceitos básicos.

Ao questionarmos sobre *“qual a importância da divisão celular para o organismo vivo?”*, obtivemos apenas uma resposta correta, onde se dizia que permite a formação, crescimento do organismo, além da reprodução. Outros quinze estudantes apresentaram respostas incorretas, enquanto quatro alunos deram respostas consideradas parcialmente corretas, por conter algum princípio real em suas concepções sobre o tema, onde abaixo transcrevemos as tais:

Aluno 3: *“A divisão celular faz com tenhamos mais células no corpo”*.

Aluno 7: *“Sem a divisão celular teríamos apenas uma célula para sempre, o zigoto.”*

Aluno 12: *“Acho que a divisão é importante para a vida, pois com ela (a divisão), o corpo cresce”*.

Aluno 19: *“Dividir é dar mais, assim com a divisão temos células para todas as partes do corpo, pois todas vêm do embrião”*.

Podemos observar que em algumas respostas se apresentam ao menos, princípios básicos do tema, o que demonstra que uma pequena parcela dos estudantes possuía conhecimento prévio acerca de divisão celular, obtidos em revistas, livros e vídeos, haja vista que um grupo de alunos disse ter se envolvido com pesquisas sobre biologia já no ensino fundamental. Vale ressaltar que alguns conteúdos de biologia não se veem no curso de Ciências, o que muitas vezes dificulta a aprendizagem dos estudantes ao chegarem ao ensino médio.

Por último, ao pedirmos que se *“explique resumidamente os conceitos de cromossomo, gene e DNA”*, quase nenhuma resposta se identificou como correta, à exceção de dois alunos que ainda identificaram gene como *“uma porção de DNA”* e DNA como ácido nucleico. Informações essas resgatadas mais uma vez, da leitura prévia do conteúdo. Diversas respostas foram obtidas, explicitando as corriqueiras confusões de termos pelos alunos, em semelhança com o apresentado nos trabalhos de Ayuso & Banet (2002), algumas das quais transcrevemos abaixo:

Aluno 1: *“Gene é uma substância que usa o DNA para a reprodução.”*

Aluno 2: *“Gene e cromossomo são a mesma coisa, só mudam de posição e quantidade nas células, dependendo do DNA, que é um tipo de açúcar.”*

Aluno 3: *“Cromossomos possuem DNA para a manutenção da hereditariedade. Já os genes usam a informação genética guardada no organismo.”*

Quanto às questões do pós-teste, percebemos que os alunos que participaram da aula com modelo didático, respondiam corretamente em mais de 90% dos casos. Por exemplo, para a primeira questão, onde se deviam citar as etapas da mitose, todos os dez alunos escreveram as quatro fases trabalhadas nos modelos, bem como em sete casos apresentaram ainda a interfase, e três deles citaram também as fases S e G da interfase, dados que também citou-se na exposição do conteúdo. No caso da questão 2, *“qual a função dos microtúbulos do fuso e onde se ligam?”*, nove alunos responderam que era mover os cromossomos durante a mitose. A exatidão das repostas se vê devido à construção

do modelo didático, o que rapidamente os faz lembrar-se de dados mais específicos do conteúdo, haja vista que os microtúbulos eram representados também na modelização realizada.

Quanto ao local de ligação, oito alunos responderam centrômeros, um aluno respondeu cinetócoro e ainda outro aluno não respondeu a questão. Com relação à questão 4, “*o que ocorre na telófase?*”, oito alunos citaram a chegada dos cromossomos aos polos do fuso e uma resposta ainda acrescentou a reconstituição da membrana nuclear. Cinco alunos ainda citaram a distensão dos cromossomos em suas respostas. Apenas duas respostas foram tidas como incorretas.

Foi observado que este progresso na exatidão das respostas se deu com a construção do conhecimento a partir do uso dos modelos didáticos, onde os estudantes tem a oportunidade de se envolver de forma ativa e pensante com o tema, de acordo também com os trabalhos de Ferreira et al. (2013). Por esse motivo Colombari & Melo (2006, p. 24) sugerem que os modelos didáticos sejam trabalhados numa abordagem de problematização, em que o aluno usa mais a imaginação, a criatividade e o raciocínio, tornando-se um agente do processo educativo, tendo o professor como facilitador e não como um simples transmissor de conteúdos.

Por outro lado, os dez alunos do grupo controle, que participaram apenas da aula expositiva, seguindo à resolução do pós-teste, apresentaram respostas em sua maioria incorretas. Muitas das informações foram logo esquecidas, o que resulta em parte pela falta de atenção dos alunos em trechos da aula e ainda à dificuldade de compreensão de alguns termos e processos. De acordo com a tabela 3 podemos observar o delineamento dessas respostas, que indica que uma aula puramente expositiva, em genética e biologia molecular, muitas vezes não permite uma melhor fixação de conceitos. Isto se assemelha ao obtido nos trabalhos de Orlando et al. (2009), que observaram uma nítida melhoria na capacidade assimilativa do conteúdo pelos estudantes que participaram de uma aula teórica seguida por confecção de modelos.

Tabela 3 - Respostas apresentadas no pós-teste para o grupo controle

Questões	Respostas corretas	Respostas parcialmente corretas	Respostas incorretas	Não respondidas
1	2	8	-	-
2	1	1	4	4
3	-	1	3	6
4	1	2	5	2
5	1	1	5	3

A forma como o conteúdo de Genética é abordado em sala de aula, sem ligação com o cotidiando do aluno, leva-nos a buscar alternativas didáticas que contribuam para o processo de ensino-aprendizagem, diante das dificuldades expressas pelos professores em ensinar esta área do conhecimento. Desse modo, vemos que esta prática fornece aos alunos a compreensão dos elementos básicos da mitose, permitindo a criação de relação entre as estruturas que participam deste processo. A partir dos modelos confeccionados pelos próprios discentes, são apresentadas clara e dinamicamente as peculiaridades básicas entre cada uma das fases da divisão mitótica.

Considerações finais

Os alunos possuem muitas dificuldades em compreender os conteúdos de genética e biologia molecular, dada a abstração requerida para tal compreensão. Os modelos didáticos, assim como outras metodologias alternativas, são formas eficazes de auxiliar no processo de aprendizagem de conteúdos mais complexos e abstratos, tornando o conhecimento mais atrativo e acessível ao aluno, pois permite uma melhor visualização e aproximação dos conceitos utilizados.

Sob este ponto de vista, a propriedade da confecção de modelos didáticos na aula pode ser vista como ato para despertar o interesse e estimular o raciocínio e a criatividade diante de uma abstração.

Organizações escolares e docentes devem estar aptos a buscar e utilizar novas estratégias de ensino, a fim de que os estudantes sejam capazes de relacionar-se com os conteúdos curriculares de forma envolvente e crítica, construindo concepções adequadas para o desenvolvimento de opiniões acerca do que lhe rodeia. Alargando o espectro de conhecimento e aperfeiçoando a estrutura cognitiva ao longo dos anos escolares, os ambientes de ensino não serão apenas centros de reprodução alienada e repetitiva – rompendo o modelo mecanicista e inflexível de ensino - mas sim locais de construção eficaz e consciente do conhecimento, permitindo a promoção da alfabetização científica.

Novas pesquisas devem proporcionar mais aprofundamento no debate relacionado ao uso de novas estratégias de ensino, bem como para uma constante reflexão dos docentes quanto à sua prática pedagógica, motivando a renovação do ambiente de ensino e aprendizagem.

Referências

- Amorim, A. C. R. (1997). O ensino de biologia e as relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade: o que dizem os professores e os currículos do ensino médio?. 198 p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- Ayuso, G. E., & Banet, E. (2002) Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(20), 133-157.
- Braga, C. M. D. S., Ferreira, L. B. M., & Gastal, M. L. A. (2009). *O uso de modelos no ensino da divisão celular na perspectiva da aprendizagem significativa*. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - SC, Florianópolis: 2009. Atas... Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências.
- Bahar, M., Johnstone, A. H., & Hansell, M. H. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84-86.
- Brandão, R. L., & Acedo, M. D. P. (2000). *Modelos didáticos em genética: a regulação da expressão do operon de lactose em bactérias*. In: 46º Congresso Nacional de Genética – SP, São Paulo: 2000. Resumo... São Paulo: Genetics and Molecular Biology; (23) 3, p. 179.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica - Semtec. (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC.
- Castelão, T. B., & Amabis, J. M. (2008). *Motivação e ensino de genética: um enfoque atribucional sobre a escolha da área, prática docente e aprendizagem*. In: 54º Congresso Brasileiro de Genética-BA, Salvador. Anais... Salvador, p. 5.

- Cid, M., & Neto, A. J. (2005). *Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética*. In: VII Congresso sobre Investigación em La didáctica de las ciencias-Espanha, Barcelona, 2005. Anais... Barcelona: Institut de Ciències de L'Educació de La Universitat Autònoma de Barcelona., n. extra, p. 1-5. Disponível em: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp270difapr.pdf> Acesso em: 15 de mar. 2015
- Chinnici, J. P., Neth S. Z., & Sherman, L. R. (2006). Using chromosomal socks to demonstrate ploidy in mitosis and meiosis. *The American Biology Teacher*, 68(2), 106-109.
- Colombari, M. R. B., & Melo, S. R. (2006). Como trabalhar temas de ciências de forma dinâmica e construtivista: uma experiência. *Revista ARQUIVOS DO MUDI*, Maringá, 10(3), 23-28.
- Delizoicov, D., Angotti, J. A., & Pernambuco, M. M. (2002). *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez.
- Duncan, R. G., & Reiser, B. J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: students' understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 938-959.
- Duso, L., Clement, L., Pereira, P. B., & Filho, J. P. A. (2013). Modelização: Uma Possibilidade no Ensino de Biologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(2), 29-44. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129528214003>>. Acesso em: 20 de mai. 2015.
- Fabício, M. F. L. (2005). Obstáculos à compreensão das Leis de Mendel por alunos de Biologia na Educação Básica e na Licenciatura. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.
- Ferreira, P. F. M., & Justi, R. S. (2008). Modelagem e o “fazer ciência”. *Química Nova na Escola*, 28, 32-36.
- Ferreira, P. M. P., Moura, M. R., Costa, N. D. J., Silva, J. N., Peron, A. P., Abreu, M. C., & Pacheco, A. C. L. (2013). Avaliação da importância de modelos no ensino de biologia através da aplicação de um modelo demonstrativo da junção intercelular desmossomo. *Rev. Brasileira de Biociências*, 11(4), 388 - 394.
- Gehlen, S. T., Maldaner, O. A., & Delizoicov, D. (2012). Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a educação em ciência. *Ciência e Educação*, Bauru, 18(1), 1-22.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modeling: routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, Netherlands, 2, 115 – 130.
- Giordan, A., & Vecchi, G. (1996). *A origem do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científico*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Islas, S. M., & Pesa, M. A. (2001). Futuros docentes y futuros investigadores se expresan sobre el modelado en física. *Rev. Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, 23(3), 319 – 328.
- Karagoz, M., & Cakir, M. (2011). Problem Solving in Genetics: Conceptual and Procedural Difficulties. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 11(3), 1668 – 1674.
- Lima, A. A. (2007). O uso de modelos no ensino de química: uma investigação acerca dos saberes construídos durante a formação inicial de professores de Química da UFRN. 2007. 264 f. Tese de Doutorado (Pós-graduação em Educação). Centro de Ciências Sociais e Aplicadas, Natal.

- Luo, P. (2012). Creating a Double-Spring Model to Teach Chromosome Movement during Mitosis & Meiosis. *The American Biology Teacher*, 74(4), 266-269.
- Mickle, J. E. (1990). A model for teaching mitosis and meiosis. *The American Biology Teacher*, 52(8), 500-503.
- Vilhena, N. Q., Pontes, A. N., Pereira, A. S. S., Barbosa, C. V. O., & Costa, V. M. (2010). *Modelos Didático-Pedagógicos: Estratégias Inovadoras para o Ensino de Biologia*. Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia – PA, Belém: 2010. Anais... Belém: UEPA, p. 1-13.
- Orlando, T. C., Lima, R. A., Silva, A. M., Fuzissaki, C. N., Ramos, C. L., Machado, D., Fernandes, F. F., Lorenzi, J. C. C., Lima, M. A., Gardim, S., Barbosa, V. C., & Tréz, T. A. (2009). Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas. *Rev. Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, 1, 1-17.
- PAIVA, A. L. B., & MARTINS, C. M. C. (2005). Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 7, 1-20. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/99/148>> Acesso em 02 de junh. de 2014.
- Salim, D. C.; Akimoto, A. K., Ribeiro, G. B. L., Pedrosa, M. A. F., Klautau- Guimarães, M. N. & Oliveira, S. F. (2007). O Baralho como Ferramenta no Ensino de Genética. *Genética na escola*, 2(1), 6-9.
- Topçu, M. S.; Şahin-Pekmez, E. (2009). Turkish Middle School Students' Difficulties in Learning Genetics Concepts. *Journal of Turkish Science Education*, 6(2), 55-62.