



## **O USO DE MODELOS NO ENSINO DA DIVISÃO CELULAR NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

### **THE USE OF MODELS IN THE TEACHING OF CELL DIVISION IN VIEW OF MEANINGFUL LEARNING**

**Cleonice Miguez Dias da Silva Braga<sup>1</sup>**  
**Louise Brandes Moura Ferreira<sup>2</sup>**  
**Maria Luisa de Araújo Gastal<sup>3</sup>**

1. Universidade de Brasília/Mestrado em Ensino de Ciências/ Núcleo de Educação Científica do Instituto de Ciências Biológicas/IB, cleomiguez@yahoo.com.br
2. Universidade de Brasília/Faculdade UnB Planaltina/Licenciatura em Ciências Naturais, louise@unb.br
3. Universidade de Brasília/Núcleo de Educação Científica do Instituto de Ciências Biológicas/IB, gastal@unb.br

#### **Resumo**

As dificuldades na aprendizagem dos processos de divisão celular e de seus pré-requisitos por alunos do Ensino Médio foram os principais motivos para a elaboração deste trabalho. O caráter abstrato dos conceitos e processos, bem como a necessidade de conhecimentos prévios para a compreensão da divisão celular, citados entre as principais razões das dificuldades observadas para sua aprendizagem tem levando muitos pesquisadores a sugerirem a revisão das metodologias e práticas didáticas utilizadas no seu ensino. Ao considerar os resultados dessas pesquisas o presente trabalho tem como objetivo a aplicação e posterior avaliação de uma unidade de ensino baseada no uso de modelos para o ensino dos processos de divisão celular. Sob a perspectiva da teoria da aprendizagem significativa, as possibilidades e dificuldades desta metodologia serão abordadas, especialmente no que concerne à compreensão dos conceitos abstratos envolvidos no ensino dos processos de divisão celular. Ao considerar os resultados dessas pesquisas o presente trabalho tem como objetivo a aplicação e posterior avaliação de uma unidade de ensino baseada no uso de modelos para o ensino dos processos de divisão celular. Sob a perspectiva da teoria da aprendizagem significativa, as possibilidades e dificuldades desta metodologia serão abordadas, especialmente no que concerne à compreensão dos conceitos abstratos envolvidos no ensino dos processos de divisão celular.

**Palavras-chave:** modelos, divisão celular, aprendizagem significativa.

#### **Abstract**

The difficulties many high school students find when learning about the processes of cell division and its prerequisites were the main motivation for this work. The abstract nature of

the concepts and processes in this field of biology, as well as the need for students to have previous knowledge to the understanding of cell division have been highlighted as the main reasons concerning the difficulties learners face with this subject matter, leading many scholars in the field to suggest the revision of teaching methods and practices. As a response to the findings of these pieces of research, this study aims to apply and evaluate a teaching unit based on the use of models to facilitate understanding of the processes of cell division. As far as the theory of meaningful learning is concerned, the possibilities and probable difficulties of this innovative methodology will be discussed, especially regarding the comprehension of the abstract concepts involved in this type of learning.

**Keywords:** cell division, meaningful learning, models

## **INTRODUÇÃO**

Os processos da divisão celular têm grande importância para o conhecimento básico da Biologia, sendo necessários para o entendimento de diversos temas e áreas dessa disciplina. Na literatura acerca do ensino e a aprendizagem da divisão celular são encontradas, com maior frequência, pesquisas relacionadas às dificuldades de se aprender e ensinar os conteúdos de genética, havendo uma escassez de trabalhos que tratem especificamente da divisão celular. As dificuldades dos aprendizes a respeito dos conteúdos da genética são atribuídas ao caráter abstrato de seus conceitos (BUGALLO, 1995). Goldbach e Macedo (2008) agruparam esses obstáculos nos seguintes itens:

- problemas na compreensão, pelos alunos, de conceitos básicos e a localização dos elementos envolvidos com a herança do material genético;
- falta de integração nos manuais e no ensino da temática hereditariedade e afins, como no caso do ensino da meiose e da genética básica;
- excesso de terminologia na genética escolar caracterizada por termos de sonoridade parecida como: cromatina, cromátide e cromossomo, centríolo e centrômero entre outros ;
- dificuldades encontradas pelos alunos na resolução de problemas;
- barreiras ao entendimento do aspecto molecular da genética e insuficiente problematização da concepção atualmente predominante de gene;
- pouca problematização das grandes questões da genética considerando os pressupostos da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Parece-nos, entretanto, que muitas dessas dificuldades já se fazem sentir na aprendizagem dos processos da divisão celular. Tal constatação legítima, portanto, a nosso ver, a realização de pesquisas sobre as metodologias envolvidas neste processo.

## **O ENSINO DA DIVISÃO CELULAR E A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Entendidos como conhecimentos subsunçores, os pré-requisitos possuem grande importância para a construção do conhecimento na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (AUSUBEL, 1980). Os conhecimentos subsunçores dão significado potencial ao conteúdo que é apresentado ao aprendiz – condição primária para que a sua aprendizagem se dê de forma significativa (MOREIRA, 2006, p.19).

Atribuir, portanto, aos processos da divisão celular a condição de conhecimentos subsunçores na perspectiva da TAS, significa buscar incorpora-los à estrutura cognitiva do

aluno de maneira que estes se tornem pontos de ancoragem, capazes de fornecer significado potencial para futuros conteúdos afins, garantindo-lhes assim a possibilidade de posterior aprendizagem significativa.

O caráter subsunçor dos processos da divisão celular para o aprendizado de outros conceitos centrais da Biologia pode ser melhor avaliado ao considerarmos a importância e a amplitude da ocorrência da meiose no mundo vivo. Conhecimentos diversos como a genética, a evolução, a diversidade dos seres vivos e a reprodução, estão entre os muitos conteúdos que de alguma forma buscam ancoragem na aprendizagem significativa dessa forma de divisão celular. Tal processo tem, no entanto, sua aprendizagem prejudicada pela fragmentação do conteúdo promovida, entre outros fatores, pela distribuição curricular dos conteúdos da Biologia ao longo dos três anos do Ensino Médio, pela forma descontextualizada com que ela é abordada nos livros didáticos e pela maneira inadequada que o professor possa ministrar suas aulas. A ação do professor, por sua vez, está diretamente ligada às metodologias utilizadas e ao tipo de discurso por ele proferido.

Todos esses fatores podem oferecer dificuldades tanto para a ocorrência da aprendizagem significativa desses conteúdos, quanto para o estabelecimento de relações cognitivas entre eles.

### **A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DOS PROCESSOS DA DIVISÃO CELULAR**

Embora sejam processos contínuos, a meiose e a mitose são, para efeito de estudos, divididas em fases e subfases que costumam ser apresentadas de maneira detalhada e ricamente ilustrada nos livros. É preciso, no entanto ficar atento aos efeitos que tal formatação tem produzido sobre a aprendizagem e a compreensão desses processos. De fato, parece que para a maioria dos alunos a impressão mais duradoura a respeito da meiose, por exemplo, é a de uma sucessão de quadros com diferentes posições de cromossomos, que culmina com a formação de quatro células que possuem a metade do número de cromossomos da célula mãe. Tal visão é reforçada, inclusive, pela maneira como a meiose é, de forma resumida, definida na maioria dos livros didáticos: tipo de divisão celular em que uma célula dá origem a quatro células com a metade do número de cromossomos da célula original.

Esta forma de definir a meiose, que enfatiza mais o resultado do que o processo em si, dificulta a aprendizagem significativa deste conteúdo e enfraquece o seu caráter de conhecimento subsunçor. Ela limita o estabelecimento de relações cognitivas com outros temas afins levando a uma compreensão fragmentada e pouco significativa dos tópicos envolvidos. A constatação de que os estudantes são capazes de utilizar o quadrado de Punnett sem que nenhuma relação seja estabelecida com a meiose (KNIPPELS, WAARLO e BOERSMA, 2005; WYNNE, STEWART e PASSMORE, 2001) e a forma mecânica e descontextualizada utilizada por muitos na resolução de problemas de genética mendeliana (BANET e AYUSO, 2000) podem ser interpretadas como evidências de que a aprendizagem de alguns conceitos e processos pertinentes à genética não se ancoraram em subsunçores referentes ao conhecimento da meiose. Isto não significa, no entanto, que tais conhecimentos não estejam presentes na estrutura cognitiva do aluno. São, sim, uma evidência de que sua aprendizagem pode não ter ocorrido de forma suficientemente significativa, impossibilitando ao aluno a compreensão biológica do problema e de sua relação com os processos estudados nas aulas de genética.

“Quando os estudantes não entendem a produção de gametas como produto da meiose, o quadrado de Punnett torna-se uma ferramenta biologicamente sem sentido” (KNIPPELS *et al.*, 2005, p.110).

Uma compreensão pobre a respeito da mitose e suas implicações pode também estar na origem da concepção prévia que vários alunos manifestam a respeito da informação genética das células de um mesmo organismo, mesmo depois de já terem estudado genética. A falsa crença de que a informação varia nos diferentes tipos celulares em função do trabalho por eles desempenhado (BANET e AYUSO, 2000) revela, mais uma vez, a forma desconexa como esses alunos são apresentados a estes conteúdos.

A abordagem da divisão celular tem como pré-requisito uma compreensão clara das estruturas que caracterizam o núcleo das células eucariontes e envolve a compreensão de muitos conceitos que, devido ao seu caráter abstrato, são motivo de angústia para muitos alunos. Alguns conceitos como genoma e gene não são caracterizados da mesma forma pelos diferentes livros didáticos e tampouco encontram um consenso entre os professores da área.

A compreensão clara e diferenciada do que vem a ser cromossomo, DNA e gene, bem como de uma série de fenômenos e nomenclaturas pertinentes, são exemplos de conhecimentos cuja ausência dificulta a compreensão dos processos de divisão celular e que, conseqüentemente, se fazem presentes entre as dificuldades relacionadas ao ensino de genética (LEWIS e WOOD-ROBISON, 2000; KNIPPELS, *et al.*, 2005; PAULA, 2007; BANET e AYUSO, 2000). Conforme Bugallo (1995) tais dificuldades, responsáveis pelo caráter abstrato atribuído a esta disciplina, levaram a um debate acerca da pertinência de sua inclusão nos currículos destinados ao antigo ensino secundário, hoje denominado ensino médio.

Os argumentos contrários a sua inclusão tinham como base estudos piagetianos que julgavam que os alunos do ensino médio não apresentavam maturidade cognitiva adequada para a compreensão dos conceitos de genética. Para aqueles, no entanto, que defendiam sua inclusão, as dificuldades cognitivas apontadas, ainda que reais, poderiam ser minimizadas por meio da aplicação de metodologias e práticas didáticas especialmente pensadas para o seu ensino. Essa preocupação é registrada na maioria dos trabalhos produzidos atualmente nessa área (BANET; AYUSO, 2002; KNIPPELS, *et al.*, 2005; PAULA, 2007).

Um levantamento da produção nacional de pesquisas sobre a temática apresentadas nos espaços de socialização da Área de Ensino de Ciências e Biologia (EPEB, EREBIO/ENEBIO e ENPEC), realizada por Goldbach e Macedo (2008), revela que 43% dos trabalhos apresentados tinham como objetivo a proposição de atividades didáticas que buscam melhoras nas metodologias de ensino de genética. A respeito desses trabalhos tais autoras comentam:

(...) A busca de inúmeras atividades didáticas diversificadas que visam a associação entre DNA e cromossomos, partindo de sua origem, localização e destino (diferenciando células somáticas e germinativas) e o dinamismo presente no núcleo das mesmas, durante seu funcionamento e divisão (cromatina e empacotamento em cromossomos), é fundamental para o estabelecimento dos “conhecimentos basilares”, necessários para o estudo. As confusões terminológicas podem ser minimizadas quando o processo de ensino-aprendizagem é realizado passo a passo, focalizando mais os processos que as estruturas, e quando enriquecidos com materiais

de apoio visuais e concretos (fotografias, filmes, animações virtuais, modelos, aulas práticas, estudos dirigidos com situações-problemas etc). (GOLDBACH e MACEDO, 2008, p.12)

Corroborando com os resultados dessas pesquisas, muitos dos materiais de apoio e metodologias nelas relacionadas são utilizadas, no Ensino Médio, para minimizar as dificuldades e reduzir o caráter abstrato de diferentes conteúdos. A maior parte dessas é amplamente utilizada para ensinar a divisão celular e, de forma isolada ou combinada, todas elas têm-se mostrado potentes facilitadores dos processos que envolvem o entendimento desses fenômenos, reafirmando a importância cada vez maior de se buscar novas formas de se ensinar tais conteúdos.

### **O USO DE MODELOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

A busca de novas metodologias de ensino é guiada por critérios ligados à natureza do conteúdo que se pretende ensinar e às crenças sobre o significado e à forma como se dá a aprendizagem.

Segundo Driver, Asoko, Leach, Mortimer e Scott, (1999) o conhecimento científico é simbólico por natureza e socialmente negociado. A visão simbólica parte do pressuposto de que os objetos da ciência não são os fenômenos da natureza, mas construções desenvolvidas pela comunidade científica para interpretá-la. Já o caráter socialmente negociado desse conhecimento resulta na necessidade de que este seja validado e acordado dentro da comunidade científica, para só então tornar-se parte da forma não problemática de ver as coisas, aceita no seio dessa comunidade.

Como resultado desse processo, o mundo simbólico da ciência é hoje povoado por entidades como átomos, elétrons, íons, campos e fluxos, genes e cromossomos; ele é organizado por idéias como a da evolução e inclui procedimentos de medida e experimentos (DRIVER et. al, 1999, p.32).

Entre os esforços intelectuais empreendidos pelos cientistas para a elaboração de teorias e conceitos está a capacidade de modelar atividades e situações que lhes possibilitem interpretar e explicar os fenômenos. As teorias e conceitos assim construídos são então traduzidos pelos cientistas em modelos expressos, que, uma vez aceitos pela comunidade científica, passarão a ocupar o status de modelos consensuais ou modelos científicos. Tais modelos, no entanto, são frequentemente complexos ou expressos sob formas de representação complicadas, como no caso de fórmulas matemáticas (JUSTI, 2006) dificultando-lhes a atribuição de significado e diminuindo, segundo a TAS, as chances da ocorrência da aprendizagem significativa.

Nessa perspectiva, para Driver e colegas (1999), aprender ciência envolve ser iniciado nas idéias e práticas da comunidade científica, de forma a torná-las significativas no nível individual. O uso de modelos como metodologia de aprendizagem aproxima-se bastante de tal possibilidade.

Utilizado pelos cientistas como uma importante ferramenta do pensamento para entender o mundo, um modelo pode ser visto como um novo mundo construído para representar fatos/eventos/objetos/processos

que acontecem no nosso mundo ou num mundo imaginário. (SAMPAIO, 2000, p.1).

O uso de modelos pedagógicos como metodologia de ensino permite tornar concreto o conteúdo de conceitos abstratos, dar movimento a processos que não nos são possíveis observar no mundo empírico ou a olho nu, simular e prever situações futuras, entre outras. Tais possibilidades são especialmente importantes para tornar potencialmente significativos conteúdos de caráter abstrato, encorajando a sua aprendizagem significativa.

Há uma infinidade de modelos em uso nas salas de aula de ciências. Este tem surgido em uma variedade de contextos (na história, na ciência, por parte dos professores) e desempenham diversos papéis no processo de aprendizagem. (BOULTER; BUCKLEY, 2000, p.41).

### **UM MODELO PARA A APRENDIZAGEM DOS PROCESSOS DE DIVISÃO CELULAR.**

Para explicar de forma significativa os processos da divisão celular, elaboramos um modelo para representar os cromossomos de uma célula em divisão utilizando, para tanto, canudos de refrigerante. As características físicas deste material, tamanho e flexibilidade, permitem ao aluno simular o comportamento e o movimento dos cromossomos durante as diferentes fases da mitose e da meiose, facilitando a compreensão de todo o processo.

Para explicar melhor a natureza do modelo elaborado e o seu potencial de aplicação, recorreremos à tipologia construída por Boulter e Buckley (2000). Nesta tipologia, são consideradas duas categorias de classificação: o modo de representação do modelo e os atributos dessa representação.

Segundo as autoras, o modo de representação descreve o suporte em que o modelo é aplicado: a fala, a escrita, objetos concretos, animações entre outras. Considerando que os modelos frequentemente exigem múltiplos modos de representação para transmitir a informação sobre o fenômeno, modos mistos foram formulados para todas as categorias. Já os atributos da representação levam em consideração se os modelos são estáticos ou dinâmicos e se possuem ou não um resultado previsível, sendo para tanto determinadas respectivamente duas categorias: modelos determinísticos e estatísticos. Um último atributo determina, por fim, se o modelo é relacionado qualitativa ou quantitativamente ao fenômeno. Essas categorias foram organizadas em uma tabela de duas dimensões, de forma a facilitar a tarefa de classificação dos modelos.

MODOS DE REPRESENTAÇÃO	
SIMPLES	MISTOS
Concreto: modelos materiais em 3D.	Concreto misto: modelos concretos com componentes visuais, verbais, e/ou numéricos.
Verbal: modelos que são ouvidos ou lidos, na forma de descrição, explicação, narrativa, argumento, analógico e metáfora.	Verbal misto: texto com componentes visuais ou numéricos adicionados.
Visual: modelos que são vistas, por exemplo: diagramas, animações, algumas simulações, vídeos.	Visual mista: visual com componentes verbais e / ou numéricos
Matemática: modelos que são fórmulas, equações, e algumas simulações.	Matemática mista: equações e fórmulas com explicações verbais

Gestual: modelos que são movimentos do corpo ou as suas partes.	Gestual mistas: representações com explicações verbais.
---	---

Tabela 1. Tipologias dos modelos, segundo Boulter e Buckley (2000).

Boulter e Buckley afirmam: “se um modelo é simples ou misto, estatístico ou determinista, quantitativo ou qualitativo não é necessariamente em função do tipo do modelo, mas das decisões tomadas na construção dele” (BOULTER; BUCKLEY, 2000, p.54). As possibilidades de classificação oferecidas pela tipologia adotada nos permitem atribuir diferentes classificações ao modelo proposto. Diante das formas de apresentação do modelo e da possibilidade de sua manipulação tanto pelo professor como pelo aluno, em termos representacionais, nós o classificamos como **concreto misto**. Quanto aos atributos, no entanto, tal classificação irá variar em função das diferentes formas de uso que são sugeridas na unidade de ensino proposta neste trabalho, podendo refletir em comportamentos **estático ou dinâmico, determinístico ou estatístico**.

### OBJETIVO GERAL

O objetivo da aplicação desta unidade será o de avaliar uma sequência didática baseada no uso de modelos para o ensino dos processos de divisão celular.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Facilitar para o aluno o entendimento dos conceitos abstratos.
- Facilitar aos alunos perceber e expor melhor as suas dúvidas.
- Melhorar a qualidade da comunicação durante o processo de ensino-aprendizagem, aumentando a frequência e a qualidade das perguntas feitas pelos alunos.

### DESENHO METODOLÓGICO

Quanto às características da população e do sítio, farão parte desta pesquisa duas turmas da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública de Samambaia, Brasília, DF. O material será aplicado pela Professora regente em uma das turmas, sendo a outra mantida como grupo controle. Uma unidade de ensino é composta por uma sequência de 5 aulas e será desenvolvida em quatro semanas, com duas aulas semanais de 50 minutos cada. Neste total de aulas está sendo considerada a aplicação dos instrumentos de avaliação. Os conteúdos pedagógicos que serão trabalhados referem-se aos processos de divisão celular: mitose e meiose e conceitos correlatos.

A dinâmica de sala de aula incluirá o trabalho com modelos de cromossomos, utilizando canudos de refrigerantes, e constará de atividades diferentes conforme os objetivos específicos de cada aula. As aulas e suas respectivas atividades serão detalhadas e propostas como sugestão em um guia que pretendemos produzir como auxílio para o professor. Salientamos, em respeito aos princípios éticos de não dano e consentimento livre e esclarecido para a pesquisa com seres humanos (BRASIL, 2007), que essa pesquisa obteve aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade de Brasília, instância subordinada à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Ministério da Saúde. Todos os participantes terão seus nomes substituídos por pseudônimos e seus dados serão mantidos confidenciais.

Quanto à amostragem, coleta de dados e análise, três instrumentos de coleta serão usados na pesquisa: a aplicação de um pré-teste e um pós-teste, que consistirá de um

questionário aberto parcialmente baseado no aplicado por Lewis e colegas (2000) com perguntas que avaliarão conhecimentos prévios dos alunos sobre células, material genético e herança. Esse instrumento será distribuído a todos os participantes da pesquisa no primeiro e último dias da unidade. Serão eliminados os dados dos participantes que, por algum motivo, deixarem de fazer ou a primeira ou a segunda tomada. O segundo instrumento consistirá da video-gravação de aulas específicas na turma pesquisada e na turma de controle. O terceiro instrumento de coleta será uma entrevista individual semi-estruturada com os integrantes do grupo de foco que será selecionado por amostragem aleatória simples (WISEMAN, 1999), ao final da unidade de ensino. Tal entrevista terá como objetivo buscar evidências de aprendizagem significativa envolvendo o aluno na resolução de questões que dependam de abstrações a respeito do conteúdo ensinado. As entrevistas serão gravadas e transcritas posteriormente.

Para a análise de dados dos elementos quantitativos da pesquisa serão eleitas categorias com objetivo de avaliar e comparar o envolvimento dos alunos dos dois grupos tendo como foco os seguintes pontos: a participação/motivação dos alunos e como os conceitos de divisão celular são aprendidos pelos alunos com o uso do modelo.

### **CARACTERÍSTICAS DO SÍTIO DE PESQUISA E DIFICULDADES ASSOCIADAS**

Localizada na região administrativa de Samambaia a aproximadamente 20 km de Brasília, a escola classe onde a pesquisa será realizada é uma instituição pública voltada para a formação de alunos do Ensino Médio. A mesma é equipada com biblioteca, laboratórios, quadra de esportes coberta e salas ambiente com recursos de áudio e vídeo, esta escola atende aproximadamente 2400 alunos distribuídos em três turnos com características bem diferenciadas.

Com um número menor de alunos, o turno da noite tem como característica principal a grande diversidade de sua clientela, sendo comum encontrar em uma mesma sala de aula alunos de diversas idades. As diferenças na capacidade e na disponibilidade para a aprendizagem advindas dessa diversidade aliadas ao fato da maioria destes estudantes trabalharem durante o dia, desacreditam uma ação didática homogênea por parte dos professores e tornam essa amostra um importante campo para o desenvolvimento dessa pesquisa. Com o objetivo então de avaliar uma proposta metodológica de ensino por nós desenvolvida, foram convidados a participar como participantes neste trabalho, os alunos da 1ª série de duas turmas do curso noturno da escola, chamadas aqui de A e B.

Por decisão metodológica, para distinguir os resultados da ação promovida da influência de outros fatores, na coleta de dados quantitativos, foram considerados dois grupos: o grupo experimental ao qual seria aplicada a metodologia e um segundo grupo, o grupo de controle, comparável àquele que está sendo submetido às ações previstas pela pesquisa, e que durante o mesmo período, deveria normalmente sofrer as mesmas influências. Depois da aplicação dos pré-testes, a decisão de qual das turmas consideradas corresponderia a um grupo ou ao outro, se daria através de um sorteio ou qualquer outro método aleatório que garantisse chances iguais a ambas as turmas participantes. Situações diversas vividas em campo impediram, no entanto, o andamento simultâneo das aulas nas turmas consideradas. Episódios repentinos de falta de energia ocorridos na escola, a realização de atividades extraclasse e saídas de campo planejadas por outros professores, promoveram um atraso significativo do conteúdo desenvolvido na turma B, impedindo a realização simultânea dos pré-testes e diminuindo, por conseguinte, a credibilidade na comparação dos grupos. Considerando, no entanto, a similaridade das turmas, revelada na

análise da amostra, decidimos, de início, não alterar o desenho metodológico pretendido e, com o objetivo de manter o cronograma de atividades previsto para o desenvolvimento dessa pesquisa, elegemos a turma A como grupo experimental e a turma B como grupo controle assumindo datas diferentes para a aplicação dos pré-testes em cada turma, mesmo que isso enfraqueça a validade da comparação final entre os grupos.

### **O PRÉ-TESTE - OS QUESTIONÁRIOS**

Para levantar as ideias dos estudantes e avaliar-lhes o desempenho antes e após a aplicação da sequência didática determinamos como estratégia, a aplicação de dois questionários elaborados a partir daqueles que foram aplicados por Lewis e colegas (2000). O questionário 1 teve como objetivo avaliar o conhecimento dos alunos sobre: DNA, núcleo, cromossomos, alelos e informação genética. Estes temas, abordados em aulas anteriores pela professora regente, foram considerados por essa pesquisa como conhecimentos subsunçores necessários para a aprendizagem significativa da divisão celular. Já o questionário 2 foi aplicado com objetivo de conhecer as idéias dos estudantes acerca dos processos pelos quais a informação genética é transferida de uma célula para outra e entre as gerações, antes deles terem um conhecimento sistematizado a respeito da divisão celular.

### **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Considerando as dificuldades relatadas e as decisões metodológicas tomadas frente as mesmas, serão apresentados neste artigo, apenas os resultados do pré-teste aplicado aos 19 alunos presentes da turma A.

#### **INSTRUMENTO: QUESTIONÁRIO 1: Cromossomo x DNA x Gene – a organização e a localização do material genético**

A análise das respostas deste questionário corroboram os resultados das pesquisas que constam da revisão bibliográfica deste trabalho, e evidenciam a dificuldade que os alunos têm em compreender não só a natureza do material genético, mas também a sua organização e a sua localização dentro da célula.

Dos 19 alunos que fizeram o teste, apenas 8 reconheceram o núcleo como uma estrutura celular e somente 6 alunos localizaram os cromossomos em seu interior. Tal constatação traz preocupações quanto à possibilidade de aprender significativamente a divisão celular uma vez que os seus alvos de estudo são justamente o núcleo e os cromossomos.

Ao avaliar o conhecimento sobre a importância das estruturas citadas no questionário (núcleo, cromossomo, DNA e gene), 6 alunos identificaram o DNA como portador das informações genéticas, mas apenas 3 atribuíram essa mesma função ao núcleo e 1 ao cromossomo, indicando a dificuldade que os alunos tem em conectar funcionalmente estas estruturas. Tal dificuldade ficou ainda mais explícita, quando observamos que 5 alunos que responderam a esse item do questionário identificaram o DNA como um componente do cromossomo. Quanto ao gene, parece mais fácil, pelo menos para esse grupo, compreender como este se relaciona ao DNA, uma vez que 10 alunos o identificaram como um pedaço dessa molécula. No entanto apenas metade deles os reconheceu como unidades portadoras da informação genética.

O entendimento das relações de tamanho que existe entre as estruturas avaliadas neste questionário é fundamental para o estabelecimento de uma relação lógica de pertinência entre elas, interferindo não só no entendimento que os alunos possuem acerca

da localização do material genético, mas também da relação existente entre seus componentes. A falta dessa compreensão, evidenciada nos resultados de mais da metade dos alunos que resolveram a segunda parte deste teste, pode justificar alguns erros cometidos como: localizar o DNA no gene (2 alunos), localizar o cromossomo no DNA ou no gene (2 alunos), considerar que o gene é feito de cromossomo (1 aluno) e que o cromossomo (1 aluno) ou até mesmo o gene (1 aluno) é feito de célula.

Por fim, com a aplicação deste teste, pudemos também perceber que algumas das informações que estes alunos têm a respeito da função e da importância de algumas destas estruturas, tem como base o conhecimento do dia a dia. Nesse sentido, e em especial quanto à importância do DNA, 3 alunos citaram a possibilidade de descobrir doenças enquanto 1 aluno relacionou a sua importância à possibilidade de transmiti-las. Em todos estes casos, porém, não é possível ter certeza de que os mesmos estão fazendo referência à doenças genéticas, até porque, 1 desses indivíduos localizou o DNA no sangue. Ainda como importância do DNA, 2 alunos citaram o exame de paternidade, sendo que 1 deles localizou o gene no sangue.

### **INSTRUMENTO: QUESTIONÁRIO 2: Reprodução e Herança.**

Na primeira parte deste questionário procuramos descobrir as ideias que os alunos possuíam a respeito da quantidade de cromossomos existente em um gameta e também sobre os resultados da fecundação. A análise dos resultados revelou que 9 alunos não responderam as questões dessa parte do questionário e 5 erraram todos os itens respondidos. Dois alunos acertaram a primeira questão demonstrando compreender que os gametas possuem a mesma quantidade de cromossomo, mas erraram o item sobre a fecundação. Por fim, mesmo sem ter acertado nenhum dos itens respondidos, a análise das justificativas oferecidas para os mesmos, permitiu-nos perceber que 2 alunos compreendem os mecanismos da fecundação e a igualdade numérica dos cromossomos dos gametas envolvidos.

Como resultado da análise da segunda parte do questionário cujas questões versavam sobre a quantidade e a diversidade da informação genética das células somáticas e dos gametas de um mesmo indivíduo, identificamos 6 alunos que não responderam a nenhuma das questões propostas. Nos 13 questionários respondidos pudemos observar que, apesar dos alunos não possuírem um conhecimento sistematizado sobre a mitose, mais da metade deles, num total de 8 alunos, consideraram que todas as células somáticas de um indivíduo possuem o mesmo número de cromossomos, no entanto, 7 deles incluíram os espermatozoides nesse mesmo raciocínio, sugerindo que diferente da mitose, a meiose é um tipo de divisão que não encontra o mesmo respaldo no raciocínio dos mesmos.

Quanto à informação genética, a ideia da conservação da informação que caracteriza a mitose, não apareceu na mesma proporção dos resultados anteriores, e apenas 2 estudantes deste grupo escolheram a opção que afirmava que todas as células de um mesmo organismo possuem as mesmas informações genéticas. Porém, desconhecendo o fenômeno e os resultados da meiose, 1 desses alunos incluiu os espermatozoides no mesmo raciocínio, enquanto o outro não soube o que responder a cerca dos mesmos. Quanto as respostas dos demais estudantes, considerando, para tanto, somente as células somáticas, 3 alunos consideraram que células iguais possuem a mesma informação, enquanto que para outros 3 alunos as informações genéticas são diferentes em todas as células do organismo inclusive nas de um mesmo tecido. Já quanto à informação genética dos gametas, apenas 1 aluno considerou que os espermatozoides são geneticamente diferentes, 3 desconsideraram

tal variabilidade e 1 não soube o que responder. Um último aluno deste grupo considerou que os espermatozoides diferem entre si pelo número de cromossomos e pela informação genética que carregam. Sua resposta, no entanto contradiz o seu raciocínio inicial que nos levou a incluí-lo no grupo de 7 alunos que consideraram que todas as células de um mesmo indivíduo, inclusive os gametas, representados neste teste pelos espermatozoides, possuem a mesma quantidade de cromossomos.

Apenas um indivíduo do grupo inicial como comentamos anteriormente, considerou que a quantidade de cromossomos dos gametas não é a mesma encontrada nas demais células do organismo, porém, respostas anteriores a questões específicas sobre gametas, deixaram claro que ele não sabe que tal diferença corresponde à metade do número de cromossomos das demais. Ainda para este mesmo aluno, a informação genética carregada pelos espermatozoides difere das demais e entre eles.

Por fim, 4 dos treze alunos que responderam ao questionário optaram por respostas contraditórias que não nos permitiram classificá-los em nenhuma linha de raciocínio.

## **RESULTADOS ESPERADOS /CONCLUSÃO**

Esperamos que a utilização da sequência didática e dos modelos propostos proporcione um aumento na quantidade e na qualidade da participação dos alunos, o que supostamente poderia ser interpretado também como um aumento na motivação para a aprendizagem do conteúdo. Dadas as dificuldades descobertas nos pré-testes e ao potencial que os modelos possuem em facilitar a aprendizagem de conteúdos abstratos, amplamente relatado nas pesquisas que constam da revisão bibliográfica deste trabalho, esperamos também encontrar, entre os alunos que utilizarem o material, evidências de que a aprendizagem do conteúdo trabalhado se deu de forma significativa.

## **REFERÊNCIAS**

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. (1980). Psicologia educacional, Rio de Janeiro, Interamericana. Tradução de Eva Nick et. al. Do original Educational psychology, New York, Holt, Rinehart and Winston, 1978.

BANET, E.; AYUSO, G.E. (2000). Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about de location of inheritance information. *Science Education*, 84(3): 313-351.

BANET, E.; AYUSO, G.E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Ivestigación Didáctica*, 20(1):133-157.

BOULTER, C.J; BUCKLEY, B.C. Constructing a Typology of Models for Science Education. In: John K. Gilbert, Carolyn J. Boulter *Developing Models in Science Education*, Springer, 2000. Cap. 3, p 41-57.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução CNS nº. 196/96. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/comissao/conep/resolucao.html>>. Acesso em: 10 maio 2007.

BUGALLO, R. A. La Didáctica de La Genética: revision bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 1995, 13(3), 379-385.

DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. e SCOTT, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*, 9, p. 31-40,1999.

GOLDBACH, T.; MACEDO, A. G. A.. Produção científica e saberes escolares na área de ensino de genética: olhares e tendências. In: *VII Jornadas Latino-Americanas de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias*, 2008, Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.necso.ufrj.br/esocite2008/trabalhos/36294.doc>> acesso em: 15 de maio 2009.

JUSTI, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciências*, 24 (2), 173-184.

KNIPPELS, M. C. P. J.; WAARLO, A. J.; BOERSMA K. T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39(3): 108-112.

LEWIS, J., WOOD-ROBISON, C. (2000). Genes, Chromosomes, cell division and inheritance-do students see any relationship?. *International Journal of Science Education*, 22(2): 177-195.

MOREIRA, M.A. *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação e sala de aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

PAULA; S.R. *Ensino e aprendizagem dos processos de divisão celular no ensino fundamental*. 2007. 113f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Genética e Biologia Evolutiva. São Paulo. 2007.

SAMPAIO, F. F. Modelagem Dinâmica Computacional e o Processo de Ensino Aprendizagem: algumas questões para reflexão. *Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.*, Rio Grande, Volume Especial - Versão Eletrônica dos Anais do III Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem, 2000. Disponível em <http://www.c5.cl/tise98/html/trabajos/modelag/index.htm>> acesso em 13 de maio 2009.

WISEMAN, Douglas C. *Research strategies for education*. Albany, NY: Wadsworth, 1999.

WYNNE, C.; STEWART, J.; PASSMORE, C. High school students' use of meiosis when solving genetics problems. *International Journal of Science Education.*, V 23, Nº. 5, 501-515, 2001