



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Faculdade UnB Planaltina

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

O USO DE MODELOS EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DOS PROCESSOS DA DIVISÃO CELULAR

Cleonice Miguez Dias da Silva Braga

Proposta de ação profissional resultante da Dissertação de Mestrado realizada sob orientação da Prof^a. Dr^a. Maria Luiza de Araújo Gastal e co-orientação da Prof^a Dr^a Louise Brandes Moura Ferreira e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências - Área de concentração: Ensino de Biologia, pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília, DF

2010

Sumário

1. APRESENTAÇÃO	3
2. INTRODUÇÃO	5
3. EMBASAMENTO TEÓRICO	6
3.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa.....	6
3.2 Modelos e Modelagem – O Uso de Modelos no Ensino de Ciências.....	7
3.3 Um Modelo para os Cromossomos.....	9
3.4 Modelando Cromossomos Homólogos.....	10
4. A SEQUENCIA DIDÁTICA	11
Aula 1 – Definindo genoma, cromossomos homólogos, genes alelos, células haplóides e células diplóides.....	12
Aula 2 – A Duplicação do DNA: cromossomos simples X cromossomos duplicados	17
Aula 3 – A Divisão Celular: Mitose	20
Aula 4 – A Divisão Celular: Meiose.....	25
REFERÊNCIAS	29
APÊNDICES	
APÊNDICE A – As Fases da Mitose.....	30
APÊNDICE B – A Meiose.....	32

1. APRESENTAÇÃO:

Este guia foi formulado tendo como base os resultados de uma pesquisa que foi desenvolvida durante o ano de 2009 e apresentada como trabalho final do curso de Mestrado Profissional oferecido pela a Universidade de Brasília.

Elaborado para atender às necessidades dos professores de ensino médio e fundamental, e das licenciaturas, o Mestrado Profissional em ensino de Ciências visa contribuir para a melhoria do ensino-aprendizagem de Ciências (Física, Química, Biologia e Matemática), devendo proporcionar uma atualização de conhecimentos de conteúdos e metodologias de ensino para uma melhoria urgente (ou mudança) da prática pedagógica dos professores-estudantes, contribuindo diretamente para a aprendizagem na sala de aula (FREIRE e GERMANO, 2009).

Seguindo os moldes da CAPES, órgão que regulamenta e normatiza as pós-graduações no Brasil, este mestrado tem como trabalho final uma pesquisa profissional, aplicada, descrevendo o desenvolvimento de processos ou produtos de natureza educacional, que visem a melhoria do ensino na área específica, sugerindo-se fortemente que, em forma e conteúdo, este trabalho se constitua em material que possa ser utilizado por outros profissionais (MOREIRA, 2004).

Em consonância, portanto, com o caráter de especificidade e aplicabilidade dos conhecimentos desenvolvidos no Mestrado Profissional, este guia tem como objetivo sugerir ao professor uma seqüência de aulas sobre a divisão celular, tendo como base metodológica a utilização de modelos.

Considerando que a busca por novas metodologias de ensino é guiada por critérios ligados à natureza do conteúdo que se pretende ensinar e às crenças sobre o significado e a forma como se dá a aprendizagem, farei de início algumas importantes considerações a cerca das duas teorias que juntas constituem o referencial teórico deste trabalho: a Teoria sobre

modelos e a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O conhecimento do referencial teórico que embasa uma metodologia de ensino é de suma importância, pois permite estabelecer melhor os seus limites e as suas possibilidades.

2. INTRODUÇÃO

A compreensão dos processos da divisão celular tem grande importância para o conhecimento básico da biologia sendo necessária para o entendimento de diversos temas e áreas dessa disciplina. A aprendizagem deste conteúdo não é, no entanto, simples, pois envolve a compreensão de processos e conceitos abstratos – gene, cromossomo, DNA e fluxo da informação gênica, que por não fazerem parte das experiências do dia-a-dia dos estudantes, tornam o seu ensino um desafio para a grande maioria dos professores de biologia.

Para minimizar tais dificuldades e reduzir o caráter abstrato de muitos conteúdos, o professor dispõe de uma série de recursos como filmes, figuras, desenhos, maquetes, animações entre outras. A maior parte dessas estratégias são amplamente utilizadas para ensinar a divisão celular e, de fato, de forma isolada ou combinada, todas elas têm-se mostrado potentes facilitadores do processo que envolve o entendimento desses fenômenos.

Reconhecendo, pois a importância desses recursos e estratégias como facilitadores da aprendizagem e valorizando o envolvimento do aluno como uma condição importante para tal, este guia propõe uma sequência didática baseada no uso de modelos para o ensino dos processos da divisão celular. As atividades propostas nessa sequência permitem ao aluno modelar cromossomos nas diferentes situações envolvidas nesses processos proporcionando-lhes uma maior interação com o conteúdo.

3. EMBASAMENTO TEÓRICO

3.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa

O princípio norteador da teoria de Ausubel é a idéia de que para que a aprendizagem ocorra é necessário partir de conhecimentos prévios que o aluno já possui. Segundo ele, descobrir o conteúdo e a organização das idéias dos alunos em determinada área particular de conhecimentos que se pretende ensinar, é o primeiro passo em direção ao sucesso da aprendizagem.

Para Ausubel uma informação é aprendida de forma significativa quando se relaciona a outras idéias, conceitos ou proposições relevantes e inclusivos, que estejam suficientemente claros e disponíveis na mente para funcionarem como âncoras. Ausubel denomina as idéias que proporcionam ancoragem de **subordinadores, integradores ou subsunçores**.

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as idéias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal) (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, p.34).

Como relação não arbitrária se entende a existência de uma relação lógica e explícita entre a nova idéia e algum aspecto relevante (**um subsunçor**) existente na estrutura cognitiva do aluno, como, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição. Já a relação substantiva e não-literaI significa que o estudante é capaz de compreender o significado daquilo que se ensinou, e expressar tal conhecimento com palavras e construções diferentes daquelas que lhe foram apresentadas.

Para Ausubel, idéias, conceitos e proposições aprendidas de forma significativa são armazenadas de maneira estável por um longo tempo e podem ser utilizadas pelo aprendiz de forma independente e em contextos e situações diferentes daquelas em que foram primariamente aprendidas.

Uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa diz respeito ao material que se pretende ensinar/aprender. Segundo Ausubel é preciso que este tenha significado lógico e que seja potencialmente significativo para o aluno, ou seja, é preciso que o mesmo possa ser relacionado de forma não substantiva e não arbitrária à ideias correspondentes da sua estrutura cognitiva o que dependerá não só da existência e da estabilidade de subsunçores específicos, como também da sua disponibilidade em estabelecê-las.

É importante considerar, no entanto, que nem sempre o aluno, sozinho, conseguirá fazer as relações necessárias (e possíveis) entre aquilo que está aprendendo e o que já sabe. Além disso, ele nem sempre satisfará a todos os pré-requisitos necessários para a aprendizagem significativa de um determinado material, sendo a questão motivacional um dos principais fatores envolvidos. Em razão disso, torna-se importante, a elaboração de materiais instrucionais e a adoção de metodologias de ensino que facilitem este aprendizado potencializando o estabelecimento (de forma lógica e não-arbitrária) das mais variadas conexões possíveis entre as novas idéias que estão sendo apresentadas, e entre elas e as idéias que o indivíduo já domina.

3.2 Modelos e Modelagem – O Uso de Modelos no Ensino de Ciências

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 são expressos sob formas de representação complicadas, como no caso de fórmulas matemáticas (JUSTI, 2006).

Segundo Driver, Asoko, Leach, Mortimer e Scott (1999, p.32):

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.

Contudo, tendo como base a teoria da transposição didática que tem como principal referência Yves Chevallard, é importante lembrar que nem todos os saberes do domínio do saber sábio farão parte do cotidiano escolar (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005). Dessa maneira, os modelos científicos são transferidos para os livros e salas de aulas de ciências num formato mais simplificado originando os modelos curriculares. Os modelos representativos da molécula de DNA e das estruturas primária, secundária e terciária das proteínas, assim como o modelo chave-fechadura utilizado para explicar a ação das enzimas, são alguns exemplos específicos da biologia.

Para Gilbert e Boulter modelos são representações de idéias, objetos, eventos ou sistemas, que fazem uso de imagens, analogias e metáforas, para auxiliar o sujeito (aluno ou cientista) a visualizar e compreender algo, que pode se apresentar como difícil de compreender, complexo e abstrato, e/ou em alguma escala perceptivelmente inacessível (KRAPAS, COLINVAUX, QUEIROZ, ALVES, 2000).

O uso de analogias e modelos se deve à aceitação da idéia de que nós só podemos apreender o novo em termos daquilo que já conhecemos. Deste ponto de vista, as explicações são tentativas de compreender um evento ou uma situação não-familiar em termos de coisas com as quais estamos habituados (BORGES, 1997), constituindo-se em si próprias também um modelo. Quando tais explicações têm como objetivo a compreensão de um modelo curricular tem-se estabelecido o chamado modelo pedagógico.

“Há uma infinidade de modelos em uso nas salas de aula de ciências. Estes tem surgido em uma variedade de contextos (na história, na ciência, por parte dos professores) e desempenham diversos papéis no processo de aprendizagem. Estes modelos variam de acordo com o fenômeno que representam, com a percepção de sua utilidade e função, e com a forma como eles são utilizados por professores e alunos.” (BOULTER e BUCKLEY, 2000, p.41).

3.3 Um Modelo para os Cromossomos

Os cromossomos são estruturas celulares de grande importância no processo que envolve a passagem da informação genética e são, nesse sentido, os principais atores no processo da divisão celular. A compreensão da estrutura cromossômica, pré-requisito necessário para o perfeito entendimento dos processos que envolvem a divisão de uma célula, não é, no entanto, tarefa fácil e envolve não só a compreensão da sua composição - sua relação com a molécula de DNA e os genes - mas também de toda a nomenclatura associada.

Na figura 1 temos representado o modelo de um cromossomo que pode ser encontrado em livros didáticos. A correspondência real desse modelo são estruturas microscópicas bem mais complexas que a sua representação, visíveis apenas em células que estão se dividindo. As cromátides representam as moléculas de DNA que compõem os cromossomos nessa fase e as regiões marcadas pelas letras “b” e “A” genes nelas encontrados.

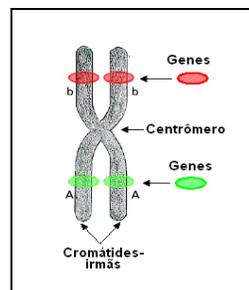


Figura 1 - Modelo de um cromossomo duplicado em livros didáticos (MARCOBUENO.NET)

Para explicar os processos da divisão celular, este guia propõe o uso deste mesmo modelo. No entanto, com o objetivo de proporcionar uma maior participação dos alunos no

processo da modelização, modificamos a sua forma de representação: em vez de um desenho (modelo visual)¹ os cromossomos foram modelados com o auxílio de canudos de refrigerantes sendo convertido, portanto em um modelo concreto² como mostra a figura 2.

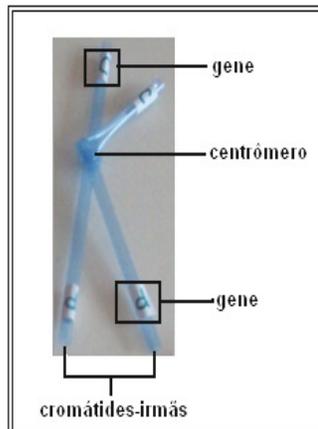


Figura 2 - Modelo concreto de um cromossomo duplicado

3.4 Modelando Cromossomos Homólogos

Cromossomos homólogos possuem estruturalmente o mesmo tamanho, formato e posição de centrômero e são portadores das mesmas informações codificadas em genes que ocupam em ambos a mesma posição. Pares de cromossomos homólogos, no entanto, possuem origens diferentes, sendo um deles paterno e o outro materno.

Todas essas características podem ser representadas utilizando os canudos. Para tanto, podemos representar os cromossomos homólogos organizando pares de canudos que possuam o mesmo tamanho e um nozinho, representando o centrômero, na mesma posição: central para cromossomos metacêntricos ou mais na extremidade para os demais (acrocêntrico, submetacêntrico e telocêntrico). É importante nesta modelagem usar canudos de duas cores diferentes, canudos azuis e canudos vermelhos, por exemplo. No caso, como representado na

¹ Um modelo visual corresponde à uma representação expressa na forma de diagrama, animação, desenho, esquema entre outros (BOULTER e BUCKLEY, 2000).

² Um modelo concreto compreende materiais em 3D que podem ser manipulados pelos alunos e pelo professor (BOULTER e BUCKLEY, 2000).

figura 1, os canudos azuis seriam utilizados na modelagem dos homólogos de origem paterna enquanto os vermelhos representariam os maternos.

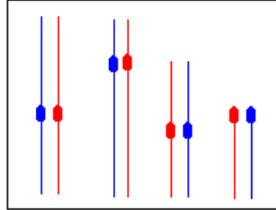


Figura 3 – Representação de pares de cromossomos homólogos.

4. A SEQUENCIA DIDÁTICA

Para iniciarmos a seqüência de aulas sugeridas é preciso que o aluno já tenha conhecimentos sobre o ciclo celular e as estruturas que compõem um núcleo interfásico de uma célula eucarionte³: carioteca, cariolinfa, nucléolo, cromatina e cromossomo. Além desses conhecimentos, é necessário também que o aluno tenha compreendido o processo que envolve a duplicação das moléculas de DNA, e a relação que existe entre cromossomo, DNA e gene.

³ É importante lembrar que a mitose e a meiose são eventos característicos apenas em células eucarióticas. A divisão das células procarióticas não envolve a ocorrência desses processos.

Aula 1 – Definindo genoma, cromossomos homólogos, genes alelos, células haplóides e células diplóides

Trabalhar os conceitos de genoma, cromossomos homólogos, células haplóides e diplóides, é uma das primeiras preocupações do professor quando inicia o ensino da divisão celular. Considerando a Teoria de Ausubel, a justificativa para tal preocupação, é a condição de subsunçores que estes conceitos possuem, sendo necessários aos alunos para que estes compreendam de forma significativa a dinâmica e o significado biológico dos processos da divisão celular.

A transposição didática de alguns destes conceitos, no entanto, não acontece de maneira consensual. É o caso, por exemplo, do conceito de genoma. Para alguns autores o genoma corresponde à quantidade total de DNA existente em uma célula independentemente da sua ploidia. Já para outros, como neste trabalho, tal conceito faz referência apenas à quantidade total de DNA contida em uma célula haplóide. Dessa forma, genoma será aqui entendido como: **um conjunto de cromossomos diferentes que reúne todas as informações básicas de uma espécie.**

No início dessa atividade, os canudos serão apresentados aos alunos como modelos de cromossomos. Considerando, no entanto, que os modelos apresentam falhas quando comparados à estrutura original que pretendem representar, a professora antes de iniciar a atividade, deve relembrar o conceito de cromossomo⁴ deixando claro que o canudo que está sendo usado estaria de fato representando apenas a molécula de DNA presente nessa estrutura.

Esta aula tem os seus procedimentos divididos em duas partes que, dependendo das características da turma, do funcionamento da escola e das opções didáticas do professor, poderão ou não ser ministradas juntas em uma única aula de 50 minutos. Considerando, mais

⁴ Estrutura composta por uma molécula de DNA associada à proteínas histônicas e não histônicas. (HICKMAN,ROBERTS e LARSON)

uma vez todas essas variáveis, tal atividade poderá ainda ser desenvolvida em grupos, individualmente ou de forma demonstrativa.

Parte I: Trabalhando os conceitos de genoma, células haplóides e diplóides e cromossomos homólogos

Objetivos	Material
1. Promover a compreensão do conceito de genoma.	• 8 canudos (4 azuis e 4 vermelhos) por aluno, dupla ou grupo de alunos • Giz e quadro-negro.
2. Identificar os gametas como células haplóides.	
3. Relacionar o fenômeno da fecundação com a ploidia da célula resultante.	
4. Compreender o conceito de cromossomos homólogos	

Tabela 1 – Lista dos objetivos a serem alcançados e dos materiais utilizados na parte I da aula 1.

Procedimentos:

1. A professora deverá entregar para cada aluno(a), par ou grupo de alunos 4 canudos de cor azul ou vermelha. É importante informá-los que os canudos azuis serão utilizados para representar os cromossomos de origem paterna e os vermelhos os de origem materna, e que estes são transferidos de uma geração para outra pelo espermatozóide e pelo óvulo respectivamente.
2. De forma demonstrativa a professora utilizará os canudos para modelar cromossomos metacêntrico, submetacêntrico, acrocêntrico e telocêntrico. Tal classificação tem como critério a posição do centrômero que será representado, como indica a figura 4, por um nó frouxo no corpo do canudo.



Figura 4 - Tipos de cromossomos

Ao representar cada um dos cromossomos citados a professora deverá, então, pedir aos alunos que façam o mesmo explicando a eles que, além das diferentes posições do

centrômero, os cromossomos podem também ter tamanhos diferenciados. No entanto, é importante apontar que, mesmo que possuam fisicamente as mesmas características, cromossomos diferentes, carregam em seu DNA informações, ou seja, genes diferentes.

3. Utilizando os modelos (Figura 5), o professor, juntamente com os seus alunos, poderá modelar com diferentes quantidades de cromossomos, núcleos de células haplóides e, com isso, trabalhar a definição de genoma e caracterizar os gametas.

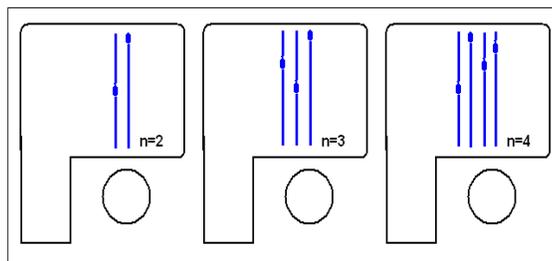


Figura 5 - Núcleos haplóides modelados pelos alunos.

4. Dando continuidade à atividade, os alunos deverão receber um novo conjunto de 4 canudos (azuis se os que foram entregues na atividade anterior eram vermelhos ou vermelhos em caso inverso) e serão orientados a utilizá-los para modelar 4 novos cromossomos iguais aos anteriores formando pares. A discussão dessa modelagem como os alunos tem como objetivo introduzir a definição de cromossomos homólogos.

5. Conversando sobre a reprodução sexuada os alunos serão então estimulados a modelar o fenômeno da fecundação (figura 6B). Nesta atividade, núcleos haplóides modelados com canudos azuis representarão espermatozóides, e os modelados com canudos vermelhos representarão óvulos (figura 6A). Na discussão dos resultados obtidos poderão ser trabalhados os conceitos de célula diplóide e cromossomos homólogos (Figura 6C).

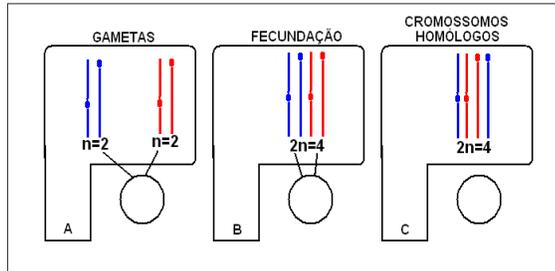


Figura 6A - Núcleo de células haplóides (gametas), 6B - Núcleo da célula diplóide resultante da fecundação, 6C - Modelagem dos cromossomos homólogos presentes da célula diplóide considerada.

Parte II – Cromossomos homólogos e genes alelos

Objetivos	Material																				
1. Compreender o conceito de cromossomos homólogos e genes alelos	<ul style="list-style-type: none"> Dois canudos: um de cor azul e outro vermelho. Etiquetas com letras maiúsculas e minúsculas impressas <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Combinações</th> <th colspan="4">Genes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>A</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>A</td> <td>a</td> <td>B</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>a</td> <td>a</td> <td>b</td> <td>b</td> </tr> </tbody> </table>	Combinações	Genes				1	A	A	B	B	2	A	a	B	b	3	a	a	b	b
Combinações		Genes																			
1	A	A	B	B																	
2	A	a	B	b																	
3	a	a	b	b																	
2. Compreender a relação estrutural que existe entre cromossomo, DNA e genes.	<ul style="list-style-type: none"> Giz e quadro-negro 																				

Tabela 2 – Lista dos objetivos a serem alcançados e dos materiais utilizados na parte II da aula 1.

Procedimentos:

- Entregar para cada aluno(a), par ou grupo de alunos um canudo vermelho e um canudo azul⁵ e pedir-lhes que os utilizem para modelar um par de cromossomos homólogos.
- Entregar para os alunos um conjunto de etiquetas com uma das combinações de letras abaixo:

Combinações	Genes			
1	A	A	B	B
2	A	a	B	b
3	a	a	b	b

- Ao entregar as etiquetas, o professor deverá explicar aos seus alunos que as letrinhas nelas impressas representam genes que deveriam estar presentes nos cromossomos que eles

⁵ Se as duas partes dessa unidade forem desenvolvidas na mesma aula, este item torna-se dispensável e os alunos poderão utilizar um par de cromossomos homólogos modelados na parte I.

acabaram de modelar. Os alunos deverão, então, ser orientados a colar as etiquetas (genes) nos modelos (canudos) simulando a localização de um gene em um cromossomo.

4. Os resultados da modelagem deverão ser compartilhados pela turma seguindo a dinâmica escolhida pelo professor, de maneira que, na discussão correspondente, seja trabalhado o conceito de genes alelos considerando o locus dos mesmos em cromossomos homólogos e a possibilidade da homozigose ou da heterozigose.

É importante lembrar que se os alunos estão modelando o mesmo cromossomo, por exemplo, o cromossomo número 1 da espécie humana, os alelos de um mesmo gene devem ocupar a mesma posição nos modelos de todos. Considerando tal questão, o professor poderá adotar um dos dois procedimentos abaixo:

- a. deixar que seus alunos fixem livremente as etiquetas nos cromossomos modelados;
- b. determinar pontos no modelo onde os alunos deverão fixar as etiquetas que representam o mesmo par de genes alelos.

No primeiro caso, se os alunos não questionarem a modelagem, será importante promover uma discussão direcionada de modo que eles percebam o erro e, de preferência proponham a forma correta para proceder uma nova modelagem. No segundo caso, o professor poderá promover a mesma discussão partindo do seguinte questionamento: “Por que eu pedi que todos colassem as etiquetas que representam o mesmo par de genes alelos no mesmo lugar”?

Aula 2 – A Duplicação do DNA: cromossomos simples X cromossomos duplicados

A duplicação do material genético é condição inicial para que uma célula possa se dividir, no entanto, é importante deixar claro para os alunos que a duplicação do material genético não implica na duplicação do número de cromossomos de uma célula⁶. De fato, a duplicação é um evento próprio das moléculas de DNA que compõem individualmente cada um dos cromossomos, que, ao final passarão a possuir em vez de uma, duas moléculas de DNA idênticas e serão denominados **cromossomos duplicados**. Cada uma das moléculas de DNA de um mesmo cromossomo duplicado recebe o nome de **cromátide-irmã**. Cada cromátide-irmã individualmente considerada corresponde, ao final da divisão, descartadas as possibilidades de mutações, a cromossomos idênticos (mitose) ou não (meiose), e irão compor o conjunto de cromossomos de cada uma das células filhas formadas.

Objetivos	Material																				
1. Identificar e compreender a formação das cromátides-irmãs relacionando-as ao processo da duplicação do DNA.	<ul style="list-style-type: none">• Canudos azuis e vermelhos.• Giz e quadro-negro.• Etiquetas com letras maiúsculas e minúsculas impressas. <table border="1"><thead><tr><th>Combinações</th><th colspan="4">Genes</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>A</td><td>A</td><td>B</td><td>B</td></tr><tr><td>2</td><td>A</td><td>a</td><td>B</td><td>b</td></tr><tr><td>3</td><td>a</td><td>a</td><td>b</td><td>b</td></tr></tbody></table>	Combinações	Genes				1	A	A	B	B	2	A	a	B	b	3	a	a	b	b
Combinações		Genes																			
1		A	A	B	B																
2	A	a	B	b																	
3	a	a	b	b																	
2. Compreender que a duplicação do DNA não altera a ploidia da célula.																					
3. Compreender a composição genética das cromátides-irmãs e das cromátides-homólogas.																					

Tabela 3 – Lista dos objetivos a serem alcançados e dos materiais utilizados na aula 2

Procedimentos

1. Para esta atividade cada aluno(a), par ou grupo de alunos receberá(ão) 4 canudos: 2 azuis e dois vermelhos. Um dos canudos entregue já estará previamente modelado com a região do centrômero marcada e com etiquetas fixadas determinando a presença e o local de dois genes

⁶ A contagem diferenciada de moléculas de DNA e dos cromossomos de uma célula em divisão é particularmente importante para o aluno compreender a ocorrência da 2ª divisão da meiose, pois, em borá o genoma já tenha sido reduzido, os cromossomos ainda encontram-se duplicados.

que poderão ser “A” e “B”, “A” e “b”, “a” e “B” ou ainda “a” e “b”. Este cromossomo⁷ previamente modelado (figura 7) servirá então de guia para a modelagem que se seguirá

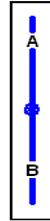


Figura 7 – Cromossomo modelado

2. Inicialmente o professor deverá relembrar junto com os seus alunos como ocorre a duplicação da molécula de DNA e a importância deste fenômeno. Considerando, pois, que o canudo utilizado na modelagem de um cromossomo representa a molécula de DNA que o compõe, para representar um cromossomo após a duplicação dessa molécula o professor utilizará dois canudos da mesma cor unindo um ao outro pela região do centrômero, ou seja, pelo laço do nó feito em um deles como mostra a figura 8.

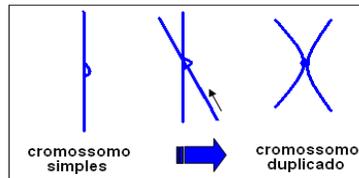


Figura 8 - Modelagem de um cromossomo duplicado

3. Após a modelagem serão então apresentadas as nomenclaturas pertinentes identificando o novo modelo como um cromossomo duplicado e cada uma das moléculas de DNA (canudos) que o compõe de cromátides-irmãs.

4. Após a demonstração feita pelo professor os alunos deverão então proceder a sua modelagem, tendo como guia para determinar a posição dos centrômeros e dos alelos, o cromossomo previamente modelado que lhes foi entregue com os demais canudos.

Durante a atividade os alunos deverão determinar os tipos de genes que deverão estar presentes em cada uma das moléculas de DNA dos modelos construídos e, se necessário, o professor deverá ajudá-los a identificar como idênticos (desconsiderando a ocorrência de

⁷ Aqui poderão ser utilizados os cromossomos que foram modelados pelos alunos na aula anterior.

possíveis mutações) os conteúdos genéticos das cromátides-irmãs e a possibilidade de diferenças quando são consideradas as cromátides-homólogas (Figura 9).

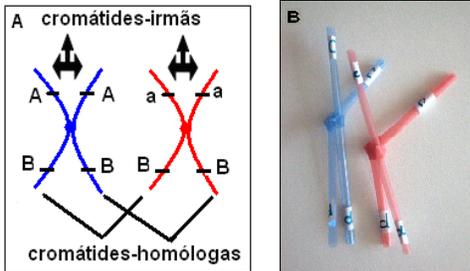


Figura 9A - Identificando os genes componentes das cromátides-irmãs e das cromátides-homólogas, 9B – Exemplo da modelagem feita com os canudos.

Aula 3 – A Divisão Celular: Mitose

A atividade desenvolvida nesta aula é de grande importância, pois a compreensão da mitose facilitará a aprendizagem posterior da meiose.

A modelagem desse fenômeno tem como objetivo simular cada uma das suas etapas dando movimento à sequência estática que caracteriza a sucessão de desenhos representativos encontrados nos livros didáticos.

Objetivos	Material
1. Compreender a dinâmica que envolve o processo da mitose caracterizando cada uma de suas fases.	<ul style="list-style-type: none">• 8 Canudos: 4 azuis e 4 vermelhos.• Giz e quadro-negro• Folha branca, ou preparada segundo o modelo sugerido (ver apêndice – A)
2. Evidenciar que as células-filhas originadas por esse tipo de divisão são geneticamente idênticas.	

Tabela 4 – Lista dos objetivos a serem alcançados e dos materiais utilizados na aula 3

Procedimentos:

1. Os alunos deverão trabalhar em duplas colocando suas carteiras juntas, uma de frente para a outra, (figura 10) formando uma única superfície sobre a qual a atividade se dará.

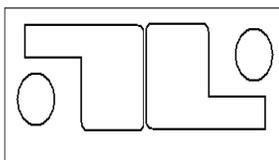


Figura 10 - Posição das carteiras para a realização da atividade proposta.

2. Depois de organizados, serão entregues a cada dupla 8 canudos, 4 de cor azul e 4 vermelhos e, para cada um dos seus componentes, a ficha sugerida no material.

3. Para iniciar a modelagem, o professor deve pedir aos alunos que separem um conjunto de canudos que represente o núcleo de uma célula $2n=4$, observando para tanto, que os canudos da mesma cor compõem um mesmo genoma (Figura 11)

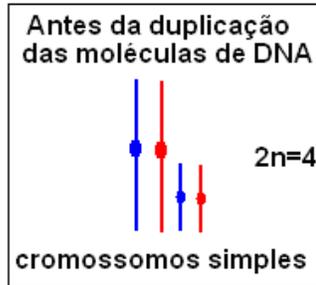


Figura 11 - Cromossomos interfásicos antes da duplicação

4. Lembrando os alunos que uma célula **que vai entrar em divisão** deve ter o seu DNA duplicado o professor pedirá aos seus alunos que utilizem os canudos restantes para modelar o resultado desse fenômeno que seria, no caso, cromossomos duplicados (Figura 12).

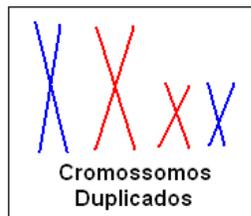


Figura 12 - Cromossomos duplicados

OBS: É importante aqui lembrá-los que a duplicação é um fenômeno das moléculas de DNA que compõem os cromossomos e que, portanto, embora a quantidade dessa substância duplique o mesmo não acontece com a quantidade de cromossomos e conseqüentemente com o genoma que continua sendo o mesmo, no caso: $2n=4$.

5. Por meio de um desenho pronto ou usando o quadro para fazê-lo, o professor deve representar uma célula no início da divisão. Esta representação deverá mostrar a célula com o núcleo ainda íntegro, os cromossomos descondensados, os centríolos já duplicados e o início da formação do fuso (Figura 13). Ao explicar o desenho o professor deverá avisar aos alunos que as fibras do fuso não serão representadas na modelagem que irão iniciar. Depois das explicações pertinentes os alunos deverão copiar o desenho feito pelo professor no círculo nº. 1 da folha que lhes foi entregue no início da atividade.

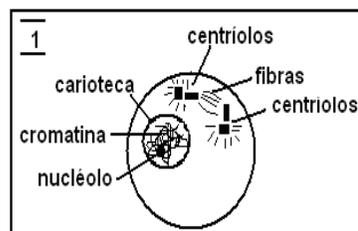


Figura 13 – Desenho da célula no início da prófase

6. Simulando a Prófase: por meio de um desenho pronto ou usando o quadro para fazê-lo, o professor deverá explicar a seus alunos os principais eventos da prófase. Depois das explicações pertinentes, para simular a distribuição dos cromossomos no citoplasma da célula, os alunos deverão ser orientados a organizar os modelos sobre o tampo da mesa (célula) um ao lado do outro de forma aleatória e não pareada (Figura 14A). Depois de moldada tal situação, o professor deverá apresentar ou fazer um desenho correspondente no quadro (Figura 13B) e pedir, depois de compará-los à modelagem feita, que alunos o copiem no círculo nº 2 da ficha.

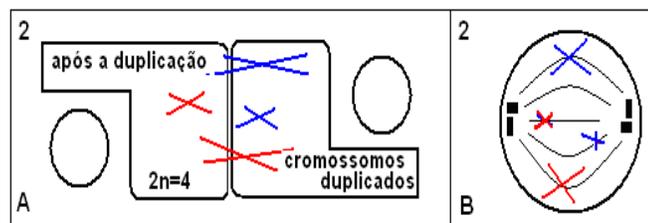


Figura 14A - Modelagem da prófase com canudos, 14B - Desenho representativo

7. Simulando a Metáfase: para simular a metáfase o professor deverá pedir aos alunos que arrastem os modelos (canudos) para o centro da mesa (formação da placa equatorial) tomando como referência a linha formada pela união das duas mesas (Figura 15A). Ao final os alunos deverão ser orientados a desenhar a nova situação no círculo 3. Por fim o professor fará o desenho correspondente no quadro (Figura 15B) para comparação e possíveis correções.

É importante comentar que esta é a fase na qual os cromossomos encontram-se no seu mais alto nível de compactação, sendo por isso ideal para a identificação do cariótipo do indivíduo.

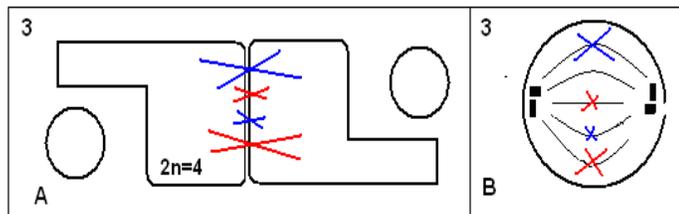


Figura 15A - Modelagem da metáfase com canudos, 15B - Desenho representativo

8. Simulando a Anáfase: com os cromossomos organizados no meio da mesa, e, considerando que cada membro da dupla represente cada um dos pares de centríolos da célula em divisão, os alunos deverão ser desafiados a dividir os cromossomos entre si de forma que ao final, cada um deles possua a mesma quantidade e tipos.

É esperado que os alunos puxem os canudos que representam as cromátides irmãs de cada um dos pares de cromossomos homólogos em direção as suas respectivas carteiras que, ao final, separadas, representarão cada uma das células-filhas formadas (Figura 16A).

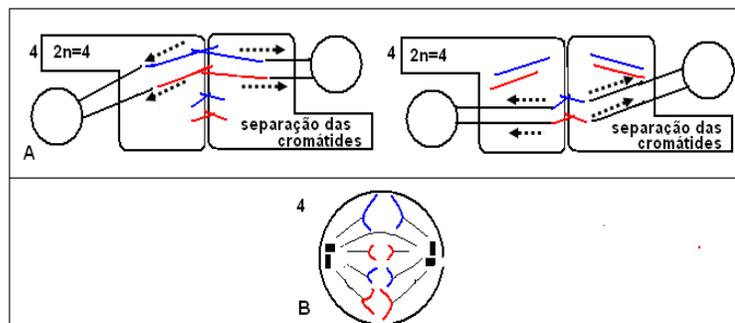


Figura 16A - Modelagem da anáfase com canudos, 16B - Desenho representativo

Após a modelagem o professor deverá fazer o desenho correspondente (figura 16B) no quadro e, depois de compará-los, pedir aos alunos que o copiem no círculo nº 4 da ficha.

9. Simulando a Telófase e a Citocinese: ao final quando as cromátides-irmãs estiverem separadas (Figura 17A) as duplas serão orientadas a afastar um pouco suas carteiras para simbolizar o final da divisão e a conseqüente formação das células-filhas (Figura 17C). Depois de moldada tal situação, desenho correspondente deverá ser feito no quadro e, depois

de compará-los, os alunos deverão copiá-los, respectivamente nos círculo nº 5, 6 e 7 (Figuras 17B e 17D) da ficha.

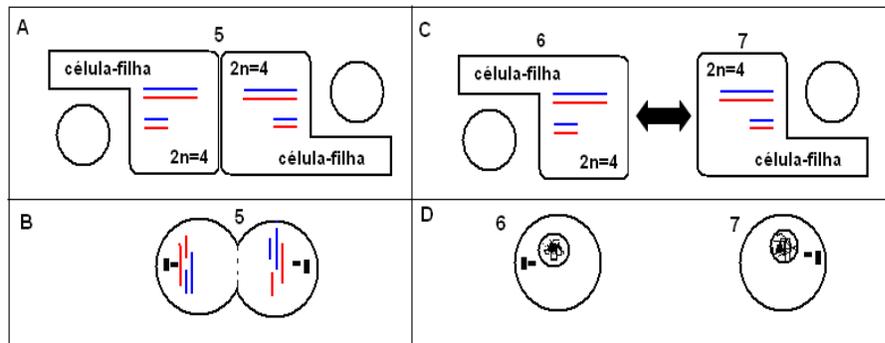


Figura 17A - Modelagem da telófase com canudos, 17B - Desenho representativo, 17C - Modelagem da citocinese, 17D - Desenho representativo.

Terminada a atividade de modelagem o professor deve chamar a atenção dos alunos para a igualdade das células formadas, e considerando tal característica, iniciar um debate sobre as funções da mitose nos seres pluri e unicelulares.

Trabalhos sobre o ensino de genética têm evidenciado que os alunos, mesmo compreendendo o processo da mitose, não relacionam esse tipo de divisão celular à passagem das informações genéticas de célula para célula dentro de um mesmo organismo. Identificar as funções da mitose considerando para tanto o processo de cicatrização e desenvolvimento embrionário pode ser uma boa forma de resolver este problema.

Ao final dessa aula o professor pode sugerir que cada aluno leve a sua folha para casa, para que, com o auxílio do livro didático adotado, façam uma lista dos principais eventos que caracterizam cada uma das fases da divisão celular que foi simulada.

Aula 4 – A Divisão Celular: Meiose

Considerando a modelagem da mitose e de todos os eventos associados como pré-requisitos adquiridos nas aulas anteriores, nesta atividade os alunos serão orientados a proceder à divisão de uma célula $2n=4$ de maneira que as células-filhas formadas sejam haplóides ($n=2$).

Objetivos	Material
1. Identificar a redução do genoma como a principal característica da meiose.	<ul style="list-style-type: none">• 8 canudos por grupo (4 azuis e 4 vermelhos).• 1 folha em branco com informações gerais sobre a divisão celular (ver apêndice – B)• Canetas ou lápis de cores azul e vermelha.
2. Relacionar os fenômenos responsáveis pelo caráter reducional desse tipo de divisão.	
3. Comparar as fases da meiose I com as da meiose II.	

Tabela 5 – Lista dos objetivos a serem alcançados e dos materiais utilizados na aula 4

Procedimentos:

1. Os alunos devem formar grupos com 4 componentes colocando suas carteiras juntas, uma de frente para a outra (Figura 18), formando uma única superfície sobre a qual a atividade será desenvolvida.

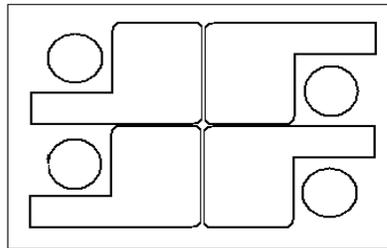


Figura 18 - Organização dos alunos para a atividade.

2. Depois de organizados, serão entregues a cada dupla de alunos oito canudos, quatro de cor azul e quatro vermelhos (Figura 19). Cada componente receberá uma folha de papel ofício em branco para anotações.

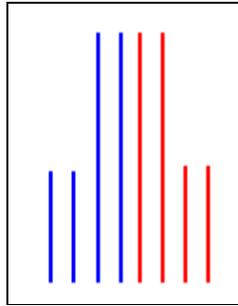


Figura 19 - Canudos utilizados na atividade.

3. Considerando as características do núcleo celular de uma célula em divisão como pré-requisitos adquiridos nas modelagens anteriores, o professor deverá pedir a seus alunos que, utilizando os canudos dados, modelem o núcleo de uma célula $2n=4$ que se encontra no início da prófase. É esperado que os alunos identifiquem com sucesso os cromossomos homólogos e os dupliquem conforme a figura 20.

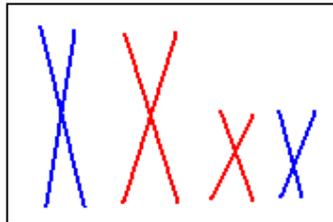


Figura 20 - Modelos de cromossomos duplicados.

OBS: Este é um bom momento para recordar e fixar os conceitos e informações passadas nas atividades anteriores.

4. Para iniciar a modelagem o professor deve pedir aos alunos que simulem sobre a superfície formada pela união das 4 carteiras a fase final da prófase, ou seja, sem a carioteca e com os cromossomos presos às fibras do fuso que serão, neste caso, como na modelagem da mitose, imaginárias. Para simular esta fase, os alunos irão seguir o padrão evidenciado na mitose realizada anteriormente, e, portanto, não irão representar os cromossomos homólogos pareados. No entanto, como o nosso interesse aqui, não é compreender o crossing-over e nem tampouco as condições necessárias para a sua ocorrência, tal representação (Figura 21) não será, no momento importante podendo ser, nesta atividade, deixada de lado.

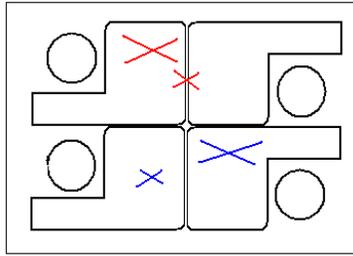


Figura 21 - Modelagem da prófase I

5. Para simular a metáfase o professor deverá pedir aos alunos que arrastem os modelos (canudos) para o centro da mesa (formação da placa equatorial) tomando como referência a linha formada pela união das duas mesas (Figura 22) .

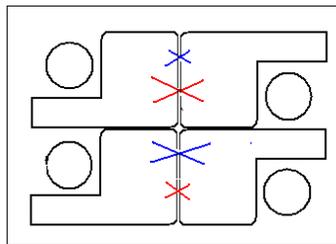


Figura 22 - Modelagem da metáfase I

6. Prosseguindo o professor deverá desafiar os seus alunos a promover a divisão da célula em questão, de maneira que as células-filhas originadas sejam haplóides, ou seja, possuam apenas um único genoma. Para tanto, os alunos deverão respeitar os eventos biológicos discriminados abaixo que deverão constar da folha que foi entregue a cada aluno (ver apêndice - B), juntamente com o material necessário para a modelagem.

- a) uma célula, ao se dividir, origina **apenas 2 células-filhas**;
- b) a duplicação do DNA só ocorre **uma única vez na intérfase**;
- c) **uma célula só pode se dividir se seus cromossomos estiverem duplicados**;
- d) as células-filhas formadas ao final do processo **devem ser haplóides e seus cromossomos devem ser simples**.

Ao terminar a simulação os resultados deverão ser apresentados ao professor em forma de esquema. Não será necessário representar todas as fases da divisão, apenas o resultado final.

Resultados Esperados:

Em geral, os esquemas representados na figura 23, são apresentados por diferentes grupos

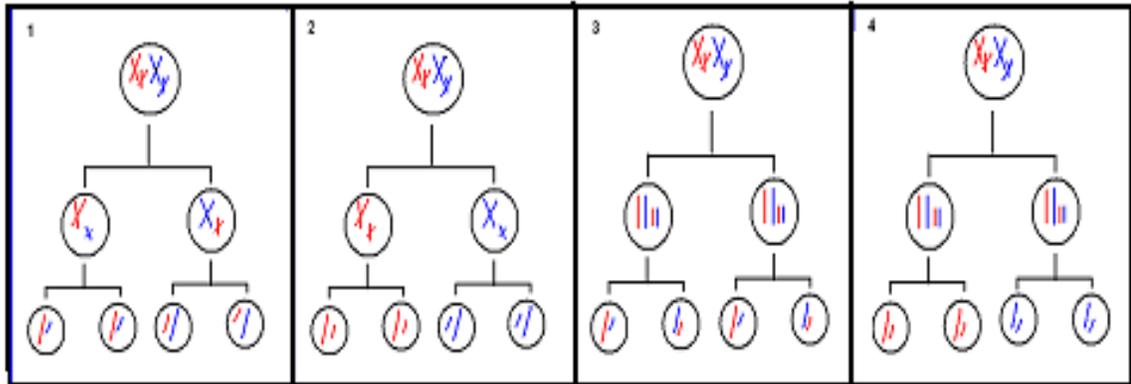


Figura 23 – Esquemas dos alunos para explicar como se processa a meiose

Os dois primeiros esquemas poderão ser apresentados pelos grupos que observarem as características biológicas desse tipo de divisão expressas na ficha entregue no início da atividade. As diferentes possibilidades apresentadas nos esquemas 1 e 2, levam em consideração a separação aleatória dos cromossomos homólogos. Esperamos, pois, que os componentes desses grupos tenham compreendido o processo justificando a necessidade das duas divisões e evidenciando a formação das quatro células como uma consequência e não como um dos objetivos da meiose.

Já os esquemas 3 ou 4 poderão ser apresentados pelos grupos que por alguma razão (falta de atenção, pouco interesse ou má compreensão do processo), não contemplaram, em seu raciocínio, os eventos biológicos que deveriam ter sido observados. No entanto, nesses dois esquemas ficam evidentes não só o erro cometido como também o raciocínio que o originou tornando mais claro o entendimento do processo por aqueles que sozinhos não conseguiram encontrá-lo.

7. Determinados e corrigidos os erros, é momento de detalhar os fenômenos que caracterizam este tipo de divisão. Esta etapa poderá ser feita em uma discussão em sala de aula ou em forma de exercícios.

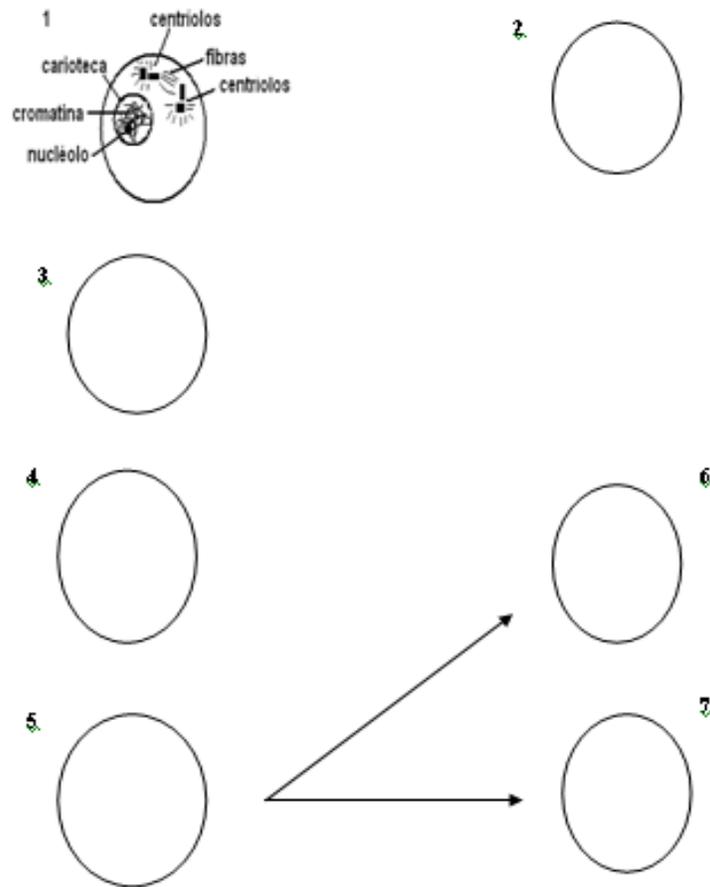
REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H.(1980). Psicologia educacional, Rio de Janeiro, Interamericana. Tradução de Eva Nick etal. Do original Educational psychology, New York, Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- BORGES, A. T.. Um estudo de modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 2, n.3, p. 207-226, 1997.
- 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. Cap.3, p 41-57, 2000
- BROCKINGTON, G. PIETROCOLA, M.. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? *Investigações em Ensino de Ciências – V10(3)*, pp. 387-404, 2005
- 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.
- FREIRE, M. L. F.; GERMANO, M. G.. Mestrados profissionalizantes em ensino de ciências: algumas considerações sobre o processo seletivo. *Scientia Plena*, v. 5, p. 044401, 2009.
- GIACÓIA, L. R. D., Conhecimento Básico de Genética: Concluintes do Ensino Médio e Graduandos de Ciências Biológicas. 2006. 88f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006.
- GILBERT, J.K. e BOULTER, C.J.. Learning Science Through Models and Modelling. In B. Frazer and K. Tobin (eds), *The International Handbook of Science Education* p.53-66. Dordrecht: Kluwer,1998
- HICKMAN Jr., C.P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A.. Princípios Integrados de Zoologia, 11ª ed.Ed. Guanabara-Koogan, RJ, 2004
- JUSTI, R.. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.24 n.2, p.173-184, 2006
- KRAPAS, S.; QUEIROZ, G.; COLINVAUX, D. e FRANCO, C.. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 2, n. 3, 1997.
- MOREIRA, M. A.. O mestrado (profissional) em ensino. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, n.1, julho, 2004.

APÊNDICE A – As Fases da Mitose

Escola _____
Aluno(a) _____ Turma: _____

FASES DA MITOSE



APÊNDICE B – A Meiose

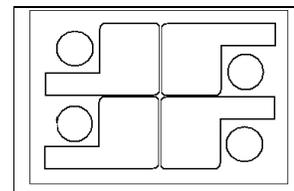
ESCOLA _____

ALUNO (A) : _____ TURMA: _____

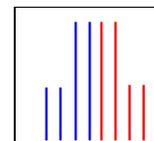
A Divisão Celular: Compreendendo o caráter reducional da meiose

Para realizarmos a atividade de hoje siga, atentamente, os passos determinados nos itens abaixo.

1. Forme um grupo com 4 componentes colocando suas carteiras juntas, uma de frente para a outra (como na figura ao lado), formando uma única superfície sobre a qual a atividade se dará.



2. Além dessa folha, seu grupo receberá 8 canudos, 4 de cor azul e 4 vermelhos.



3. Utilizando os canudos modelem o núcleo de uma célula $2n=4$ que se encontra no início da prófase.

4. Utilizando os canudos, que agora representam cromossomos de uma célula em divisão, simulem sobre a superfície formada pela união das 4 carteiras, a prófase, ou seja, sem a carioteca e com os cromossomos presos às fibras do fuso que serão, neste caso, como na modelagem da mitose, imaginárias.

5. Simulem a divisão desta célula, representada pelas 4 carteiras juntas, de maneira que as células-filhas originadas sejam haplóides, ou seja, possuam apenas um único genoma (um único conjunto de cromossomos). Para tanto observe os eventos biológicos característicos da divisão e que deverão, por isso, serem respeitados:

- a) uma célula, ao se dividir, origina **apenas 2 células-filhas**;
- b) a duplicação do DNA ocorre **uma única vez na intérfase**;
- c) **uma célula só pode se dividir se os seus cromossomos estiverem duplicados**.
- d) as células-filhas formadas ao final do processo **devem ser haplóides e seus cromossomos devem ser simples**.

6. A divisão celular se dá em quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase, no entanto, não será necessário representar todas as fases da divisão, apenas o resultado final, que deverá ser apresentado ao seu professor em forma de esquema.