

Desenvolvimento e uso de um modelo didático para facilitar a correlação genótipo-fenótipo

Daiana Sonogo Temp¹ e Marlise Ladvocat Bartholomei-Santos²

daianatemp@yahoo.com.br, marliselbs@gmail.com

¹UFMS, Universidade Federal de Santa Maria. PPG-Educação em Ciências- Química da Vida e Saúde

²UFMS, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas
Av. Roraima, 1000 97.105-900 Santa Maria – RS- Brasil

Resumo

O presente artigo apresenta os resultados obtidos em uma pesquisa com alunos do segundo ano do ensino médio em uma escola pública localizada na cidade de Santa Maria, RS, Brasil. O objetivo principal foi verificar se o uso de um modelo didático era uma forma diferencial e eficaz para auxiliar na aprendizagem de conteúdos de genética. A pesquisa utilizou as abordagens qualitativa e quantitativa e foi realizada através da aplicação de pré e pós-testes formados por uma questão aberta e questões de múltipla escolha. Os testes foram formulados com questões que englobavam diferentes conteúdos relacionados à genética. No período entre a aplicação dos testes foi utilizado o modelo didático. A análise do pré-teste mostrou que as principais dúvidas estavam relacionadas à identificação da estrutura cromossômica, genes e DNA; relações entre genótipo e fenótipo; identificação de genealogias e cálculos de probabilidade, conceitos e cariótipo. Após o uso do modelo didático observou-se que o mesmo pode ter sido eficiente com relação aos grupos relacionados às estruturas cromossômicas, interação genótipo e fenótipo e cariótipo, confirmando que o uso de modelos e práticas diferenciais de ensino são ferramentas importantes para a consolidação do aprendizado.

Palavras-chave: genética, ensino, modelo didático, aprendizagem.

Development and utilization of a teaching model to facilitate genotype-phenotype correlation.

Abstract

This article presents the results of a survey of second year students of high school in a public school located in Santa Maria, RS, Brazil. The main objective was to determine whether the use of a didactic model was a differential and effective way to assist in learning the content of genetics. The research used qualitative and quantitative approaches through the application of pre and post testing consisting of an open question and multiple choice questions. The tests were made with different issues that included content related to genetics. The didactic model was used between the application of the two tests. The analysis of the pre-test showed that the main student's difficulties were related to the identification of chromosome structure, genes and DNA; relationship between genotype and phenotype, identification of genealogy and calculations of probability concepts and karyotype. After using the didactic model, the post test showed that it was effective with respect to the issues related to chromosomal structures, genotype, phenotype and karyotype. The use of differential models and practices of teaching are important tools of consolidation of learning.

Keywords: genetics, teaching, didactic model, learning.

Desarrollo y uso de modelo didáctico para facilitar la correlación genótipo- fenótipo

Resumen

Este artículo presenta los resultados de una encuesta de los estudiantes en el segundo año de la escuela secundaria en una escuela pública ubicada en Santa Maria, RS, Brasil. El principal objetivo era determinar si el uso de un modelo didáctico era una forma diferencial y eficaz para ayudar en el aprendizaje del contenido de la genética. La investigación utilizó métodos cualitativos y cuantitativos, y se llevó a cabo mediante la aplicación de pre-y post-test que consiste en una pregunta abierta y preguntas de opción múltiple. Se hicieron pruebas con diferentes contenidos que se

incluyen las cuestiones relacionadas con la genética. En el período comprendido entre la aplicación de las pruebas se utilizó el modelo didáctico. El análisis de la prueba de pre-mostró que las principales cuestiones que se relacionan con la identificación de la estructura de los cromosomas, los genes y el ADN, la relación entre el genotipo y el fenotipo, la identificación de los linajes y los cálculos de los conceptos de probabilidad y cariotipo. Después de usar el modelo didáctico mostró que la misma pudo haber sido eficiente en lo que respecta a los grupos relacionados con las estructuras cromosómicas, genotipo y fenotipo y cariotipo, lo que confirma que el uso de modelos y prácticas educativas diferenciales son herramientas importantes para la consolidación del aprendizaje.

Palabras clave: la genética, la enseñanza, modelo de enseñanza, el aprendizaje.

1. INTRODUÇÃO

A aprendizagem em biologia é um desafio para os professores de diferentes séries dos ensinos fundamental e médio. Entender e relacionar um grande número de conceitos exige dos alunos ampla capacidade de abstração (compreender estruturas complexas e microscópicas como DNA, genes e cromossomos) e entendimento de diferentes conteúdos para chegar a um conceito.

O conteúdo de genética é problematizador porque envolve o saber matemático (cálculos de probabilidade), capacidade de interpretação de textos, conhecimentos químicos e biológicos. Compreender genética implica em possuir um bom conhecimento prévio de divisão celular, noções de probabilidade e relacionar de forma adequada estes conhecimentos ao que vai sendo apresentado (Moreira e Silva, 2001).

Desta forma, é frequente a desmotivação do aluno frente aos novos desafios que enfrentará para aprender o tema por não conseguir realizar estas interações necessárias para o entendimento do mesmo. Diariamente a mídia coloca, ao dispor da população, conteúdos relacionados à genética, porém quando os conceitos não são assimilados de forma correta, pela população em geral, levam ao entendimento errôneo ou equivocado do que está sendo apresentado.

Um estudo em São José do Rio Preto (São Paulo, Brasil) com 586 pessoas na faixa etária de 18-81 anos mostrou dados preocupantes com relação ao conhecimento sobre genética: 40,5% afirmaram não saber o que é genética, 48,2% desconheciam o que era um organismo transgênico e menos de 30% soube citar uma doença de origem genética (Andrade *et al.*, 2004).

Em outra pesquisa, alunos do ensino médio tiveram dúvidas com relação à presença de informação genética em alguns grupos de seres vivos. Entre os pesquisados, apenas 20,34% responderam que os vegetais apresentam genes e somente 8,47% assinalaram que os vírus são portadores de material genético. Ainda, quando perguntados onde o DNA está localizado a grande maioria respondeu que somente nas células sexuais (Justina e Ripel, 2003). Estes dados mostram que os alunos ainda não conseguem relacionar informação genética como uma característica inerente aos seres vivos e presente em todas as células, não apenas nos gametas.

2. APRENDIZAGEM EM GENÉTICA

O ensino e a aprendizagem na área de genética em turmas do ensino médio têm sido dificultados pelo alto nível de abstração desta ciência e pelo pouco uso de recursos didáticos que facilitem o mesmo, levando ao desinteresse e a desmotivação, dificultando a contextualização e

compreensão dos diversos temas de genética (Barbosa, 2008; Moreira e Silva, 2001; Castelão e Amabis, 2008). Os alunos têm dificuldade na aprendizagem, também, porque os conceitos não fazem parte do seu mundo concreto, sendo difícil compreender estruturas tão abstratas e complexas como genes, genótipo, síntese de proteínas, entre outros. Embora as questões referentes ao DNA tenham sido rapidamente incorporadas ao currículo do ensino médio, os estudantes parecem confusos em relação aos conceitos envolvidos (Giordan e Vecchi, 1996).

Em uma pesquisa realizada com alunos do ensino médio, Loreto e Sepel (2003) encontraram que pequena parcela dos alunos apresentava um conhecimento mais acadêmico (relacionavam genes-DNA-cromossomos com o corpo humano) sobre DNA, sendo que a maioria destes respondeu que não comeriam alimentos que contenham DNA. Os autores enfatizam que há uma grande diferença entre ter o conhecimento (memorização) e saber aplicá-lo (aprendizagem significativa).

Para alcançar um maior número de alunos, as mensagens precisam ser transmitidas através de diferentes formas. Deve-se considerar que todo tipo de aprendizagem que exige relação com lógica e matemática precisa que o aluno tenha a inteligência lógico-matemática bem desenvolvida, caso contrário, apresentará dificuldades de compreensão que poderão ser diminuídas com o uso de recursos diferenciados para que ocorra o aprendizado, como recursos visuais e auditivos (Gardner, 1995).

Porém, o ensino permanece sendo desenvolvido pela simples transmissão do conhecimento, distanciado das propostas didáticas apresentadas como ideais, nas quais o aluno deve ser exposto a práticas didáticas diferenciais de aprendizagem e participando na construção do conhecimento.

Então, para que a construção do aprendizado ocorra, torna-se necessário contextualizar o conteúdo, realizar aulas práticas, melhorar a didática dos professores, investir no preparo do aluno e usar recursos facilitadores de aprendizagem, como os modelos didáticos e jogos.

A aprendizagem significativa (Ausubel, 1980) ocorrerá quando a situação de ensino for capaz de promover a ancoragem de novos conceitos com outros presentes na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, o conhecimento não se torna mecânico, pois o aprendizado é armazenado na estrutura cognitiva podendo ser utilizado quando necessário. A prática de atividades que visam auxiliar na aprendizagem de diferentes conteúdos em biologia é considerada essencial como facilitadora no processo de ensino-aprendizagem, pois estimula e considera os diferentes tipos de aprendizagem apresentadas pelos alunos (Gagné, 1976).

3. MODELOS DIDÁTICOS

O uso de modelos didáticos e outras atividades lúdicas, como ferramentas essenciais e eficientes na facilitação do aprendizado nas diferentes áreas da biologia, já foi apontado por diferentes autores (Gardner, 1995; Blumke, 2002; Waterman, 1998; Brito *et al.*, 2005; Miranda, 2001). Estes estimulam o aluno e facilitam a aprendizagem de conceitos subsunçores (conceitos âncoras) o que promove a aprendizagem significativa (Ausubel, 1980). Com o uso destes o aluno sente-se estimulado e tem condições de desenvolver, normalmente, o processo de construção do conhecimento com sucesso, portanto, ocorre aprendizagem.

Os conceitos de genética precisam ser compreendidos e interrelacionados entre si, além da necessidade de serem relacionados a conhecimentos de outras áreas, como a matemática ou a bioquímica. Para facilitar este processo o professor deve auxiliar através do uso de metodologias diferenciadas, como os modelos didáticos que despertam a atenção dos estudantes e são uma ferramenta eficiente para que o conhecimento seja construído.

Assim, o uso de modelos e jogos é visto não como uma simples montagem e um conjunto de resultados, mas como um momento de trabalho, reflexão, análise, questionamento, interpretação, troca de ideias, tomada de decisões e conclusões (Brito *et al.*, 2005).

Os alunos diferem entre si no seu conjunto de habilidades para a compreensão das várias disciplinas, sendo que alguns apresentam facilidade e outros dificuldade para a aprendizagem dos conteúdos de genética. Então, é papel da escola e do professor respeitar estas diferenças e proporcionar aos alunos diferentes oportunidades didáticas que facilitem a aprendizagem.

A criança e mesmo o jovem apresentam uma resistência à escola e ao ensino porque, acima de tudo, a escola não é lúdica, não é prazerosa. Encontra-se nos parâmetros curriculares nacionais do ensino médio (Brasil, 1999) que a escola e o professor devem ter o objetivo de promover no aluno o gosto pelo conhecimento.

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar se o uso de um modelo didático, de baixo custo e fácil confecção, pode ser utilizado como um modelo didático que auxilia na promoção da aprendizagem de diferentes conteúdos de genética e suas interrelações.

4. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa utilizaram-se as abordagens qualitativa e quantitativa (Ludke & André, 1986).

Participaram da pesquisa 73 alunos, de três diferentes turmas, matriculados no segundo ano do ensino médio no ano de 2010, turno manhã em uma escola pública localizada na cidade de Santa Maria, RS, Brasil. Dos participantes, 26 eram do sexo masculino e 47 do sexo feminino, 52 alunos estavam na faixa etária de 14 a 16 anos e 21 alunos na faixa de 17 a 18 anos. Com relação à reprovação, 13 alunos estavam cursando, novamente, o segundo ano do ensino médio.

Referente aos critérios éticos, os sujeitos e seus responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido garantindo o sigilo das informações e o seu anonimato, conforme orientações da resolução 196/96 do

Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde. A pesquisa teve início após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria (CAAE 0148.0.243.000-10).

A pesquisa foi realizada em três fases, entre os meses de setembro e novembro de 2010. Em um primeiro momento foi realizada a aplicação do pré-teste (Tabela 1) aos alunos participantes. O pré-teste era composto por 10 questões, uma discursiva e nove objetivas, que exploravam conceitos relacionados à genética. Esta etapa ocorreu após a professora regente das turmas ter ministrado o conteúdo em sala de aula.

Questão	Assunto abordado
01	Cinco palavras lembradas espontaneamente sobre genética
02	Identificação de conceitos relacionados à genética
03	Identificação do cariótipo humano
04	Dominância e recessividade
05	Herança autossômica recessiva apresentada em genealogia
06	Cálculo de probabilidade
07	Relação entre genótipo, meio e fenótipo
08	Ação do ambiente como fator de alteração do fenótipo
09	Conceitos básicos: homocigoto, heterocigoto, recessivo
10	Regras de probabilidade

Tabela 1: Assuntos de genética abordados nas questões componentes do pré-teste.

Na segunda fase houve a utilização do modelo didático com os alunos. Este modelo foi desenvolvido com base na avaliação dos resultados do pré-teste, onde surgiram cinco categorias como representantes das maiores dificuldades apresentadas pelos estudantes. As categorias foram elaboradas extraindo-se expressões-chave, agrupadas de acordo com a similaridade das respostas. No terceiro momento ocorreu a aplicação do pós-teste (Tabela 2), composto por 5 questões objetivas que tratavam dos temas encontrados como os mais difíceis pelos alunos.

O período de tempo decorrido entre a aplicação do modelo didático e do pós-teste foi de 33 dias. O tempo disponível para a execução dos testes e do modelo didático foi de 45 minutos para cada tarefa.

Questão	Assunto abordado
01	Genealogia e cálculos de probabilidade
02	Relação entre cromossomo, gene e DNA (conceito)
03	Conceitos relacionados à genética e ação dos genes
04	Relação entre genótipo, meio e fenótipo
05	Relação entre gene, cromossomo e DNA (imagem)

Tabela 2: Assuntos de genética abordados nas questões componente do pós-teste.

4.1 Descrição do modelo didático

Após a análise dos dados do pré-teste, cinco pontos principais foram apontados como as principais dificuldades, com relação à genética, apresentadas pelos alunos: identificação de genes, cromossomos e dupla hélice; cromossomos presentes aos pares nas células diploides e identificação sexual; interação genótipo + meio

= fenótipo; montagem e identificação de genealogias e probabilidade e conceitos.

Com base nestes dados desenvolveu-se o modelo didático composto por 47 cromossomos, desenhados de forma simplificada, com 10 cm de altura, confeccionados em E.V.A. (etil vinil acetato) amarelo e preto. No lado amarelo 22 cromossomos apresentavam a letra *A* e 22 cromossomos a letra *a* (representando genes alelos em um cromossomo), dois cromossomos tinham a letra *X* e um cromossomo a letra *Y* (representando os cromossomos sexuais) (Figura 1). Para complementar o modelo foi montado um pôster composto por diferentes figuras que buscavam exemplificar os temas propostos a serem trabalhados.

As figuras presentes no pôster serviram como uma fonte para auxiliar na abordagem dos temas que não foram contemplados com o uso do modelo. As figuras foram utilizadas para trabalhar diferentes temas como: estrutura cromossômica, cariótipo humano, relação entre genes, proteínas, meio ambiente e fenótipo.

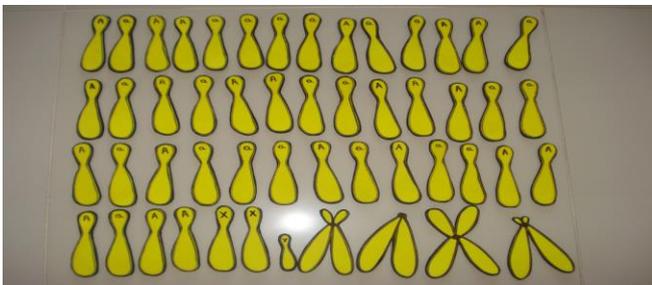


Figura 1: Modelo didático desenvolvido e aplicado após a análise dos resultados do pré-teste.

4.1.1 Utilização do modelo didático

O uso do modelo didático e do pôster foi dividido em três partes:

1. Aleatoriamente, cada aluno retirou, de dentro de uma caixa, um par de cromossomos que apresentavam as letras *A* ou *a*. Os alunos deveriam identificar o genótipo (homozigoto dominante *AA*, heterozigoto *Aa* ou homozigoto recessivo *aa*) e o fenótipo que seria expresso (normal ou albino). Após a identificação do genótipo e fenótipo eles deveriam escolher, dentro de outra caixa, a figura representante do fenótipo: pessoa com pigmentação normal ou albina.

Nesta primeira fase trabalharam-se conceitos como a diferença entre genótipo e fenótipo, os genes localizados nos cromossomos, recessividade, dominância, alelo, homozigoto, heterozigoto, cromossomos homólogos, relação genótipo-fenótipo.

2. Utilizando o material que os alunos tinham recebido, foi pedido que os mesmos levantassem e ficassem lado a lado com um cromossomo em cada mão. A professora regente participou desta etapa demonstrando os cromossomos sexuais *X* e *Y*. Assim, ficou demonstrado o cariótipo humano composto por 44 cromossomos autossomos e dois sexuais (a professora trocou um dos cromossomos *X* pelo *Y* para poder representar os dois cariótipos). Com este modelo, pode-se representar os cariótipos masculino e feminino, além de trabalhar conceitos como cromossomos homólogos, cromossomos aos pares (um herdado do

genitor paterno e outro do genitor materno), heranças relacionadas ao sexo, heranças autossômicas.

3. Uso do pôster: as figuras foram utilizadas para complementar a explicação dos temas. As seguintes figuras constavam no pôster: representação de cromossomos metafásicos, dupla hélice, genes como segmentos de DNA, cromossomos simples e duplicados (com duas cromátides-irmãs), cromossomos homólogos e cariótipo humano, além de uma figura mostrando a interação entre genótipo e meio resultando em um determinado fenótipo.

4.2 Procedimentos de análise dos testes

A análise foi realizada através da comparação das respostas corretas e incorretas apresentadas no pré e pós-teste, além da categorização das respostas apresentadas na questão aberta.

Para facilitar a análise, as questões objetivas do pré e pós-testes foram separadas em cinco grupos divididos em: 1- identificação de genes, cromossomos e dupla hélice, grupo 2- cromossomos presentes aos pares em células diploides e identificação sexual; grupo 3- interação genótipo + meio = fenótipo; grupo 4- montagem, identificação de genealogias e probabilidade e grupo 5- conceitos.

As respostas da questão número 1, do tipo aberta, do pré-teste foram categorizadas nos seguintes grupos: 1- conteúdo; categoria 2- nível celular; categoria 3- conceitos; categoria 4- parentesco; categoria 5- história; categoria 6- ação; categoria 7- adjetivos; e categoria 8- utilidade.

5. RESULTADOS

A maioria dos alunos participantes deste estudo (63 de um total de 73) não estudou conteúdos relacionados à genética no ensino fundamental. Com relação aos que já tinham visto algum conteúdo, os temas apontados foram probabilidade, hereditariedade, genótipo, fenótipo, gene, DNA, RNA, dominância, cruzamentos, grupos sanguíneos e genoma.

Ao serem perguntados sobre atividades diferenciais utilizadas pelos professores para trabalhar o conteúdo de genética, seis alunos, entre 73, citaram atividades como o uso de cartazes, massa de modelar e retroprojektor.

5.1 Categorização da resposta aberta (pré-teste)

Na questão aberta os alunos deveriam escrever as primeiras cinco palavras que lhes viessem à mente relacionada à genética. As respostas estão demonstradas na tabela 3 e foram divididas em oito categorias: categoria 1- conteúdo; categoria 2- nível celular; categoria 3- conceitos; categoria 4- parentesco; categoria 5- história; categoria 6- ação; categoria 7- adjetivos; e categoria 8- utilidade.

A categoria nível celular foi a mais citada, sendo que a palavra gene foi lembrada por 29 alunos, demonstrando que eles associam o termo ao conteúdo, devido ao seu uso frequente durante as aulas de genética. Da mesma forma, na categoria conceitos os termos genótipo e fenótipo foram os mais citados, pois são palavras utilizadas continuamente durante as aulas.

Nas categorias parentesco e conteúdo observou-se uma maior heterogeneidade de palavras, a maioria delas apresentando baixa frequência. Com relação à categoria conteúdo a palavra mais citada foi diíbrido. Acredita-se

que este fato esteja relacionado ao conteúdo que os alunos estavam estudando no momento do pré-teste, pois os mesmos estavam resolvendo exercícios que envolviam a herança de mais de uma característica simultaneamente.

Na categoria história a palavra mais citada foi Mendel, personagem importante na história da genética, por ter sido o primeiro a postular as leis da hereditariedade.

O conteúdo de genética é geralmente considerado pelos alunos como difícil, ruim, sem utilidade e complicado. Durante as aulas tradicionais, percebe-se a impaciência de muitos e a dificuldade em compreender e relacionar o que está sendo pedido pelo professor. Na categoria ação a palavra mais citada foi gostar, porém numa baixa frequência.

Na categoria adjetivos a palavra mais lembrada foi difícil.

A última categoria, utilidade, apontou o termo vida como a associação mais lembrada.

Categoria	Palavras	Número de citações
Conteúdo	Diíbridismo	21
	Características	11
	Sangue, biologia, doenças, monohibridismo, cabelo, cálculo, sementes, Aa	< 5
Nível celular	Genes	29
	DNA	17
	cromossomos	16
	RNA, molécula, célula	< 5
Conceitos	fenótipo	26
	Genótipo	22
	dominante, híbrido, heterozigoto	7
	recessivo, homozigoto	6
Parentesco	pai, mãe	5
	reprodução, genealogia, humanos, filhos, gametas, família, cruzamentos, crianças, clone, irmão, feto, gravidez, homem, mulher óvulo	< 5
História	Mendel	8
	Ervilhas	3
Ação	estudo, gostar, concentração, odiar, raciocínio, atenção	2
Adjetivos	Difícil	10
	legal, complicado	5
	fácil, interessante, profundo, diferente, ruim, detalhista, importante, chata, útil, novidade, divertida	< 5
Utilidade	vida, pesquisa, laboratório	< 5

Tabela 3: Palavras citadas na questão 1 do pré-teste e suas frequências.

5.2 Resultados da comparação entre pré e pós-teste

Como forma de facilitar a visualização e análise dos dados, as questões apresentadas aos alunos nos testes (excetuando-se a questão 1 do pré-teste, analisada separadamente) foram divididas em cinco grupos, de acordo com o tema: Grupo 1- identificação de genes, cromossomos e dupla hélice, grupo 2- cromossomos presentes aos pares em células diploides e identificação sexual; grupo 3- interação genótipo + meio = fenótipo;

grupo 4- montagem, identificação de genealogias e probabilidade e grupo 5- conceitos.

O uso do modelo didático, desenvolvido com base nos resultados do pré-teste, se mostrou eficaz em relação aos grupos 1, 2 e 3 e ineficiente em relação aos grupos 4 e 5.

Os resultados comparativos do pré e pós-teste estão apresentados na tabela 4.

Com relação ao grupo 1 (identificação de genes, cromossomos e dupla hélice) pode-se observar que ocorreu um aumento de 18,9% de respostas corretas ao serem confrontados os dados do pré e pós-teste. De forma inversa, decresceu em 27,1% o número de alunos que respondeu, de forma errônea, no pré-teste, as questões relativas ao grupo.

Da mesma forma, o grupo 2 (cromossomos presentes aos pares em células diploides e identificação sexual) também apresentou aumento no número de respostas corretas. Percebeu-se, durante a análise do pré-teste, que os alunos apresentavam dificuldade em compreender que as células diploides apresentam os cromossomos aos pares (cromossomos homólogos), sendo um de origem materna e o outro de origem paterna. Com relação aos cromossomos sexuais, os alunos não apresentaram muita dificuldade na compreensão e identificação do sexo masculino e feminino.

O modelo didático utilizou, para facilitar a aprendizagem dos conceitos do grupo 2 (cromossomos presentes aos pares em células diploides e identificação sexual), a montagem dos cariótipos masculino e feminino, com os cromossomos em E.V.A., assim, os alunos puderam visualizar, mais claramente, os conceitos ao qual o modelo se propunha a auxiliar na aprendizagem.

Os resultados obtidos no grupo 3 (interação genótipo + meio = fenótipo) mostraram que o uso do modelo e do pôster foi eficiente na compreensão e aprendizagem dos conceitos de genótipo e fenótipo. Durante a análise do pré-teste verificou-se que os alunos apresentaram erros conceituais e dificuldade na compreensão deste grupo de questões.

Após a utilização do modelo proposto ocorreu aumento de 16,4% de respostas corretas. Durante a aula este foi o momento onde ocorreu maior participação dos alunos.

Com relação aos grupos 4 (montagem, identificação de genealogia e probabilidade) e 5 (conceitos) o uso do modelo didático não foi suficiente para a facilitação da aprendizagem.

G r u p o	Tema	Pré-teste (%)			Pós-teste (%)		
		Cor retas	Em bran co	Incor retas	Cor retas	Em bran co	Incor retas
1	Identificação de genes, cromossomos e dupla hélice	28,7	2,3	69,0	47,6	10,5	41,9
2	Cromossomos aos pares, identificação sexual	36,9	11,0	52,1	47,2	9,4	43,4
3	Interação	44,	9,0	47,0	60,4	7,5	32,1

	genótipo + meio = fenótipo	0					
4	Montagem, identificação de genealogias e probabilidade	33,8	25,7	40,5	22,6	18,9	58,5
5	Conceitos	64,8	7,2	28,0	28,3	54,8	16,9

Tabela 4: Resultado da comparação das respostas do pré e pós- teste realizados antes e após o uso do modelo didático desenvolvido.

6. DISCUSSÃO

O entendimento dos conteúdos relacionados à genética exige dos professores e alunos empenho e motivação para que os mesmos sejam compreendidos de forma significativa. É consenso que o aprender e ensinar genética requer estudo e o desenvolvimento de habilidades de associação, bem como interpretação de textos e resolução de cálculos. Estas interrelações tornam o conteúdo mais complexo para a aprendizagem e isto fica evidenciado nas respostas espontâneas de vários alunos deste estudo quando solicitados a citar cinco palavras que lhes viessem à mente sobre genética. Difícil, chata, detalhista, ruim, complicado, odiar, raciocínio e concentração são algumas das expressões utilizadas que mostram a dificuldade e a aversão que alguns alunos apresentam sobre o tema. Devido à importância da genética para a alfabetização científica dos alunos, fica evidente e indiscutível a necessidade da melhoria das técnicas de ensino de genética (Giacioia, 2006).

Mendel é considerado o pai de genética, seus experimentos com ervilhas foram a base para a compreensão desta área da biologia, porém apenas oito alunos lembraram de citá-lo na pergunta aberta do pré-teste. Entre as possíveis alterações positivas nas aulas de biologia, pode-se citar a inserção da história da ciência como um fator que desperta nos estudantes a curiosidade e o desenvolvimento do espírito científico e mostra que a ciência não é resultado do trabalho de uma única pessoa. O pesquisador se baseia em conhecimentos já apresentados por outros pesquisadores da área, apresenta concepções sobre o tema, corretas ou não, necessitando testar seus experimentos ou hipóteses que, muitas vezes, podem estar incorretas. O professor, por exemplo, ao relatar a história de Mendel, mostra ao aluno que aquele conhecimento foi escrito e divulgado por uma pessoa que estudou, pesquisou e testou suas experiências.

Conhecer a história, os passos, erros e acertos que ocorreram até se chegar a um conhecimento faz com que os estudantes vejam os cientistas como pessoas normais, passíveis de erro. Também colabora para que os alunos deixem a visão de que o conhecimento científico é inquestionável, mostra a relação entre a ciência e a sociedade, a percepção da ciência como atividade humana, a falibilidade dos cientistas, entre outros (Prestes e Caldeira, 2009).

O entendimento sobre a relação entre genes, cromossomos e DNA (grupo 1) aparece como um fator de dificuldade para os alunos participantes da pesquisa no pré-teste (tabela 4). Resultado semelhante foi encontrado por

Marrero e Maestrelli (2001) com 250 alunos da área da saúde da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), Brasil, onde os alunos definiam corretamente os termos DNA, cromossomos e genes, porém 16% destes alunos não conseguiram fazer a relação entre estes conceitos. Estes resultados demonstram que a aprendizagem mecânica está presente nos diferentes níveis educacionais, devendo os professores e a escola, como um todo, refletir e agir na busca de alternativas que promovam a aprendizagem de forma significativa pelos estudantes. Com a aplicação do modelo didático desenvolvido neste estudo, a compreensão destas interações melhorou, conforme visualizado no pós-teste. Se levarmos em conta o pouco tempo que foi disponibilizado para a utilização do modelo (45 minutos), podemos considerar o aumento na proporção de respostas corretas (20% a mais) significativo.

Em relação aos temas do grupo 2 (cromossomos aos pares, identificação sexual; tabela 4) também houve um aumento na proporção de respostas corretas, o que indica que os alunos, em geral, melhoraram sua compreensão sobre cromossomos com a utilização do modelo.

Um estudo com alunos concluintes do ensino médio verificou que estes sabem que os gametas possuem cromossomos e genes, reconhecem os cromossomos em um desenho esquemático da célula, porém, muitos não compreendem que todas as células apresentam informação genética (Silveira e Amabis, 2003).

O tema do grupo 3 (interação genótipo + meio = fenótipo), foi abordado de duas formas diferentes no pré-teste. Uma delas cobrava a memorização de conceitos aprendidos nos livros didáticos e a outra exigia o conhecimento do conteúdo e a aplicabilidade de forma contextualizada através da análise de imagens onde o aluno deveria diferenciar genótipo, fenótipo e sua interação. A análise das respostas mostrou que, muitas vezes, o mesmo aluno acertava a primeira questão e errava a segunda. Este resultado mostra a ocorrência da aprendizagem mecânica em detrimento de uma aprendizagem mais significativa para o estudante. Para Scheid e Ferrari (2006) este é o resultado de um ensino descontextualizado baseado na memorização. Sobreira e Rocha (2009) coletaram dados com 80 alunos do ensino médio, sendo que a maioria considera o estudo da genética como útil para a sua vida, porém metade não saberia aplicar o que estuda ou ao menos aprender os temas trabalhados. Assim, mesmo cursando ou após cursar o ensino médio ou superior, os alunos continuam com concepções errôneas ou equivocadas com relação à genética e sua relação com a vida diária.

Em relação ao grupo 4 (montagem, identificação de genealogias e probabilidade; tabela 4) o modelo didático não se mostrou eficiente, talvez pela necessidade de inter-relação entre diferentes conteúdos. As aulas de genética estão alicerçadas em um modelo de transmissão de conhecimento, onde o professor mostra uma possível combinação de letras e cálculos de probabilidade não havendo a preocupação com que o aluno compreenda a natureza das estruturas às quais está sendo exposto e a necessidade de relacionar disciplinas diferentes, como a biologia e a matemática. Muitas vezes estudantes, e mesmo professores, se deparam com a difícil tarefa de compreender e correlacionar diferentes conceitos, oriundos de áreas distintas, para chegar à resposta correta pedida em

um determinado exercício. A utilização de métodos de ensino alternativos e lúdicos pode facilitar a construção dessas correlações.

Na categoria conceitos (grupo 5; tabela 4) pode-se verificar que os alunos tinham aprendido, de forma mecânica, o conteúdo já estudado, pois as respostas eram praticamente iguais entre eles e iguais às presentes nos livros didáticos. A dificuldade na compreensão dos conceitos é mostrada em alguns estudos. Na Europa estudantes na faixa etária de 13-18 anos apresentaram ideias confusas sobre temas na área da genética, projeto genoma, clonagem, DNA, etc. (Ferreira e Justi, 2005). A partir do momento que se reconhecem as dificuldades em trabalhar alguns conceitos do conteúdo de biologia com os alunos do ensino médio, é importante lançar mão de ferramentas alternativas que auxiliem na construção do conhecimento (Krasilchik, 2004), pois praticamente todos os alunos escrevem ou falam algo sobre genética, porém a terminologia científica é confundida, mostrando que não ocorreu aprendizagem significativa (Giordan e Vecchi, 1996).

É possível que o pouco tempo disponível para aplicação do modelo tenha influenciado nos resultados encontrados para os temas dos grupos 4 e 5. Entretanto, também é necessário repensar e desenvolver outro tipo de modelo para contemplar de forma mais abrangente os temas relativos a estes dois grupos. Deve-se buscar uma nova forma de tornar esta aprendizagem significativa para o estudante, pois os temas, as relações entre conteúdos e disciplinas, a metodologia, enfim, as aprendizagens oferecidas são, muitas vezes, incoerentes, desatualizadas, fragmentadas e seletivas (Boneti, 2006). A falta de interconexão entre conteúdos que se complementam como a divisão celular e outros conceitos de genética, faz com que os estudantes cheguem ao ensino superior sem as noções adequadas sobre esses assuntos (Dentillo, 2009) mostrando que não ocorreu aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa em genética está relacionada a diferentes fatores como o uso de metodologias diferenciadas, a capacidade de abstrair e relacionar conteúdos e, não menos importante, a disponibilidade do aluno em querer aprender.

7. CONCLUSÃO

Observou-se que os estudantes apresentam dificuldade em compreender muitos conteúdos relacionados à genética. Este fato está relacionado à existência de diversas inter-relações entre conteúdos e disciplinas, o que, normalmente, não é trabalhado em sala de aula, como por exemplo, a estreita interação entre os processos de síntese de proteínas e expressão do fenótipo bem como a aplicação das regras de probabilidade.

O uso de metodologias alternativas, como os modelos didáticos, são formas eficazes para auxiliar a aprendizagem quando os conteúdos são abstratos e exigem que alunos e professores possuam capacidade de abstração e imaginação. A análise dos dados coletados no pré-teste e no pós-teste realizados antes e após a aplicação do modelo, respectivamente, mostrou que a utilização de um modelo didático simples e barato pode ter sido eficiente para auxiliar na aprendizagem de alguns temas básicos relacionados ao conteúdo de genética. Deve ser enfatizado que o pré-teste foi aplicado após a professora regente da

disciplina ter ministrado a parte do conteúdo de genética referente aos questionamentos.

Desta forma, o modelo utilizado pode ter auxiliado na aprendizagem de alguns temas por proporcionar uma dinâmica diferente onde os alunos puderam observar, trocar informações e discutir sobre conceitos que, muitas vezes, são aprendidos mecanicamente, sem ocorrer uma aprendizagem significativa.

Durante a aplicação do modelo foi possível observar o entusiasmo e interesse dos alunos, o que contribuiu para a desmistificação da genética como uma disciplina “chata” e “difícil”.

A aprendizagem significativa de genética está ligada aos conceitos subsunçores, como genes, cromossomos e DNA, que são importantes para o entendimento da biologia como um todo. Compreender, conseguir relacionar e abstrair estes conceitos é um passo decisivo para a aprendizagem de divisão celular, mutação, herança de características, terapia gênica, entre outros.

Com o uso do modelo didático proposto os alunos puderam visualizar, de forma diferencial, a relação entre estes termos. Muitas vezes este conteúdo é trabalhado, apenas, decorando o conceito base (significado) e a função dentro do contexto em estudo, não realizando a interrelação necessária para que o entendimento ocorra de forma que o aluno consiga interligar e visualizar estas estruturas na célula e relacionar esta aprendizagem com outros conceitos estudados ou àqueles que, continuamente, são vinculados pelos meios de informação.

Nesse contexto, surgem questões com relação ao ensino de genética: por que os professores, de uma forma geral, não utilizam os modelos didáticos que facilitam o aprendizado em genética presentes em revistas especializadas? Como podemos tornar o ensino e aprendizagem de genética mais significativo e atraente para o aluno?

A partir da percepção de que, mesmo após o uso do modelo didático proposto, os alunos continuaram com dificuldade de aprendizagem em alguns pontos, como identificação de genealogias e probabilidade, novas metodologias estão sendo preparadas para serem utilizadas em sala de aula.

Assim, o aluno/ cidadão poderá interagir na sociedade e decidir, com base em argumentos corretos, qual a melhor decisão para ele mesmo.

8. REFERÊNCIAS

Andrade, F.C.M.; Correa, R.C. e V.C.F., Silva (2004). Avaliação do conhecimento da população sobre genética e algumas das suas implicações. In: *50º Congresso Brasileiro de Genética*. Congresso Brasileiro de Genética. Ribeirão Preto, 2004. p. 17. Cd-room.

Ausubel, D. P.; Novak, J. e Hanesian, H. *Psicologia educacional*. Tradução: Eva Nick. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda, 1980.

Barbosa, M.V. (2008). Oficinas práticas de genética molecular para estudantes do ensino fundamental e médio no município de Garanhuns. In *54º Congresso Brasileiro de Genética*, p.2 Salvador. Disponível em

<http://web2.sbg.org.br/congress/sbg2008/pdfs2008/EN.pdf>
acesso em 31 de março de 2011 às 17h e 35 min.

Blumke, R. A. (2002). *A experimentação no ensino de física*. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Departamento de Física, Estatística e Matemática. Ijuí.

Boneti, L.W. (2006). *Educação, Exclusão e Cidadania*. 3. ed. Rio Grande do Sul:Unijuí.

Brito, S.R.; Santos, T.L.T.; Silva, A.S.; Costa, K. e E. L. Favero (2005). Apoio Automatizado à mediação da aprendizagem baseada em experimentos. *Renote*. 3, 2, novembro, 2005. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/renote/nov2005/artigosrenote>. Acesso em: 14/11/09, 16:31.

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*, p.5 Salvador.

Dentillo, D.B. (2009). Divisão celular: representação com massa de modelar. *Genética na escola*. 1, 1, 33-36.

Ferreira, P. e R. da S. Justi (2005). A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: Uma análise crítica. *Ensaio: Pesquisa em educação em ciências*, 6, 1. 1415-2150.

Gagné, R. (1976). *Como se realiza a aprendizagem*. Rio de Janeiro: Editora S.A.

Gardner, H.(1995). *Inteligências Múltiplas: a teoria na prática*. POA: Artes Médicas.

Giacóia, L. R. D. Conhecimento básico de genética: concluintes do ensino médio e graduandos de ciências biológicas. *Dissertação de mestrado*. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. Bauru / SP, 2006. Disponível em <http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/DetalhaDocumentoAction.do?idDocumento=3> acesso dia 02 de abril de 2011 às 21h e 31 min.

Giordan, A. e G. de Vecchi (1996). *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. Porto Alegre: Artes Médicas. 2 ed.

Justina, L.A.D. e J.L. Rippel (2003). Ensino de Genética: Representações da Ciência da Hereditariedade no Nível Médio. In: *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2003, Bauru. Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru: ABRAPEC.

Krasilchik, M. (2004). *Prática de Ensino de Biologia*. 4 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo.

Loreto, E.L.S. e Sepel, L.M.N (2003). A escola na era do DNA e da Genética. *Ciência e Ambiente*, v. 26, p.149-156, 2003.

Ludke, A. e E.D.A. Menga (1986). *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.

Marrero, A.R. e S.R.P. Maestrelli (2001). Qual a relação que existe entre DNA, cromossomos e genes? In: *47º Congresso Brasileiro de Genética*. Águas de Lindóia, São Paulo.

Ministério da Educação Brasil. (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Brasília.

Miranda, S. (2001). No fascínio do jogo, a alegria de aprender. *Ciência Hoje*, 28, 168, 64-66.

Moreira, M.C.A. e E.P. Silva (2001). Concepções prévias. Uma revisão de alguns resultados sobre genética e evolução. *Encontro Regional de Ensino de Biologia*, Niterói.

Prestes, M.E.B. e A.M. de A. Caldeira (2009). A importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia e história da biologia*. 4; 1-16.

Scheid, N.M.J. e N. Ferrari (2006). A história da ciência como aliada no ensino de genética. *Genética na escola*. 1, 2, 17-18.

Silveira, R.V.M. e J.M. Amabis (2003). Como os estudantes do Ensino Médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético? In: *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2003, Bauru. Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru: ABRAPEC.

Sobreira, J.M. e M.F. Rocha (2009). Motivando e atualizando temas genéticos no ensino médio de escolas públicas. *Resumos do 55º Congresso Brasileiro de Genética*. 30 de agosto a 02 de setembro de 2009.

Waterman, M.A. (2001). *Caso investigativo como estratégia de estudo para a aprendizagem de Biologia*. Julho, 2001. Disponível em: <http://www.lite.fae.unicamp.br/papet/2005/el767a_1s2005/Caso_Investigativo.doc>. Trad. Alandeom W. de Oliveira. Acesso em: 14/11/09, 15:13. Biologia, 2001.

Daiana Sonego Temp

Doutoranda do PPG Educação em Ciências pela UFSM, Mestre em Educação em Ciências- Química da Vida e Saúde pela UFSM, possui Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria (2001) e Especialização em Interdisciplinaridade na Educação Básica pela Facinter (2004). Atualmente é professora no ensino fundamental e médio das redes pública e privada em Santa Maria- RS.