

PROPOSTA DE MODELO DIDÁTICO COMO FACILITADOR DO ENSINO DE GENÉTICA DE POPULAÇÕES NO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UFR/MT

Mauro Osvaldo Medeiros¹

Sueli Maria Alves¹

Marcelo Teiji Kimura²

Elza Amélia de Souza¹

RESUMO: Os modelos didáticos são muito úteis no ensino-aprendizagem de difícil entendimento como é o caso dos conteúdos de genética de populações. O objetivo deste trabalho foi estudar os mecanismos da hereditariedade em nível populacional, levando em conta um modelo didático de uma amostra aleatória de indivíduos de uma população, proporcionando uma interação da genética com a dinâmica populacional, e propiciando aos professores e alunos a utilização de materiais alternativos no ensino da genética de populações. Aplicou-se uma atividade de modelagem e de questões com base em características fenotípicas de uma população de moscas, a estudantes do 4º semestre do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e Naturais, da Universidade Federal do município de Rondonópolis no Estado de Mato Grosso. Conclui-se que, o modelo didático proposto mostrou-se uma forma eficiente para trabalhar conceitos e relações dentro do conteúdo de genética de populações.

Palavras-chaves: Ensino de genética de populações; Aprendizagem; Licenciatura.

PROPOSAL OF A TEACHING MODEL AS A FACILITATOR FOR THE TEACHING OF GENETICS OF POPULATIONS IN THE LICENSING COURSE IN BIOLOGICAL SCIENCES OF UFR / MT

ABSTRACT: Didactic models are very useful in teaching-learning, which is difficult to understand, as is the case with the contents of population genetics. The objective of this work was to study the mechanisms of heredity at the population level, taking into account a didactic model of a random sample of individuals from a population, providing an interaction between genetics and population dynamics, and providing teachers and students with the use of materials alternatives in teaching population genetics. A modeling and questioning activity based on phenotypic characteristics of a population of flies was applied to students of the 4th semester of the Biological Sciences Degree Course at the Institute of Exact and Natural Sciences, at the Federal University of the city of Rondonópolis in the State from Mato Grosso. It is concluded that the proposed didactic model proved to be an efficient way to work on concepts and relationships within the content of population genetics.

Keywords: Teaching of population genetics; Learning; Graduation.

¹Professor Associado do Dep. Biologia ICEN/CUR/UFMT. (*) mauroosvaldo@bol.com.br; sumalves@bol.com.br; souza08@bol.com.br

²Biólogo/UFMT/CUR/UFMT - Rondonópolis, MT. (*) marcelokimura99@gmail.com,

INTRODUÇÃO

A disciplina de Genética de Populações do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Rondonópolis do Estado de Mato Grosso, é um dos ramos matemáticos da Genética que visa estabelecer as relações dos alelos mendelianos dentro de populações de indivíduos.

No entanto, essa área do ensino enfrenta algumas dificuldades, dentre elas estão: despertar o interesse do aluno, fazê-lo entender processos que envolvem conceitos abstratos e descobrir formas de ajudar o aluno a perceber a relação que existe entre os conhecimentos científicos e o cotidiano. É comum que os alunos não tenham uma visão completa do processo. Um dos problemas é a preferência que alguns professores dão a aulas sempre expositivas, nas quais expõem todo o conteúdo e o aluno é um mero espectador. Também há uma cobrança muito grande de exercícios repetitivos que prezam mais a memorização do que o aprendizado.

Neste artigo propõe-se a utilização de modelos didáticos para o ensino de Genética de Populações, pois a visualização da diversidade genética em uma população pode facilitar o processo de ensino e aprendizagem nos diferentes níveis de ensino. Os modelos didáticos são representações, confeccionadas a partir de material concreto, de estruturas ou partes de processos biológicos.

O papel do professor será, então, de desafiar, estimular, ajudar os alunos na construção de uma relação com o objeto de aprendizagem que, em algum nível, atenda a uma necessidade deles, auxiliando-os na tomada de consciência das necessidades apresentadas socialmente a uma formação universitária.

Segundo Moura et al. (2013) o docente de biologia tem permanecido historicamente exposto a uma série de desafios que o forçam a acompanhar as divulgações científicas e tecnológicas. E o maior desafio é a construção coletiva do conhecimento de forma sistematizada e compreensível, o que leva tempo, estudo e dedicação.

Klautau et al. (2009) apontam que os estudantes universitários e os de ensino médio consideram a genética como a disciplina de mais difícil entendimento da área da Ciências Biológicas. E segundo Lorbieski et al. (2010), uma das explicações para o não entendimento do conteúdo de genética é a forma de transmissão do mesmo pelo professor, pois a maioria utiliza o método tradicional (Freire, 1998) aplicando simplesmente aulas expositivas como modalidade didática. Outros recursos didáticos podem auxiliar as explicações feitas em aula para que o estudante possa estudá-las mais e melhor. Dentre alguns recursos, os modelos didáticos representam bons instrumentos pedagógicos.

Os modelos didáticos, assim como outras metodologias alternativas, são formas eficazes de auxiliar no processo de aprendizagem de conteúdos mais complexos e abstratos, tornando o conhecimento mais atrativo e acessível ao aluno, pois permite uma melhor visualização e aproximação dos conceitos utilizados. Sob este ponto de vista, a propriedade da confecção de modelos didáticos na aula pode ser vista como ato para despertar o interesse e estimular o raciocínio e a criatividade diante de uma abstração.

Apesar do interesse dos estudantes por temas ligados à Genética, esses demonstram pouco entendimento sobre os conceitos ensinados, conforme indicam pesquisas no Brasil e na Inglaterra (TRIVELATO, 1988; DRIVER et al., 1998). Assim, o papel do professor no ensino de Genética de Populações é determinante, pois, atua como facilitador da aprendizagem, proporcionando situações e selecionando atividades variadas ao desenvolvimento do aluno, por meio de metodologias adequadas.

Desta forma é necessário que o professor utilize meios didáticos metodológicos de fácil compreensão, para que seus alunos saibam interpretar e compreender todo conhecimento repassado para eles. Nesse sentido, um dos grandes desafios encontrados pelos professores ao

ensinar o conteúdo de genética de populações aos seus alunos é como associar o conteúdo a ser ministrado com a prática de forma a facilitar o processo ensino aprendizagem.

O objetivo deste trabalho foi estudar os mecanismos da hereditariedade em nível populacional, levando em conta um modelo didático de uma amostra aleatória de indivíduos de uma população, proporcionando uma interação da genética com a dinâmica populacional, e propiciando aos professores e alunos a utilização de materiais alternativos no ensino da genética de populações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi uma pesquisa quanti-qualitativa de natureza estruturada, desenvolvido na Universidade Federal do município de Rondonópolis do Estado de Mato Grosso.

Os sujeitos de estudo foram 28 (vinte e oito) alunos do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e Naturais, sendo 36,0% de sexo masculino e 64,0% de sexo feminino, com faixa etária entre 18 e 36 anos.

Para a realização desse estudo foi elaborado uma sequência didática dividida em duas aulas, de 50 minutos/cada.

A atividade de investigação foi organizada em dois momentos, da seguinte forma:

Na primeira aula (50 min) foi composta pela parte introdutória (aula teórica) do tema abordado, de maneira que os alunos pudessem se contextualizar, compreender e envolver com o tema relacionado.

Na segunda aula (50 min) foi aplicado um experimento simulado, no qual foi colocado para investigação, uma amostra populacional de moscas (Figura 1) e um questionário em anexo sobre o tema.

Modelo didático proposto

A genética de populações estuda as manifestações da herança no nível populacional. Ela trabalha com modelos, ou seja, representações simplificadas da realidade, usando para isso os elementos que participam do fenômeno (genes, genótipos, fenótipos, gametas, etc.), representados simbolicamente e regras operacionais capazes de traduzir os fenômenos que estão sendo estudados. Estas regras operacionais, em geral, estão sujeitas a princípios matemáticos e estatísticos, de modo que os modelos são chamados de modelos matemáticos.

O modelo didático (Figura 1) foi elaborado após vários estudos, com representações didáticas e fontes de informações, que fossem, para os professores de biologia, de fácil acesso, manipulação, confecção e aplicação, possibilitando a oportunidade de desenvolver consciência crítica, responsabilidade e gosto pela pesquisa, qualidades importantes para a formação de um bom estudante.

A estratégia seguida foi a de coleta de dados em uma pesquisa (Figura 1) analisando as diferenças fenotípicas de uma população de moscas. As informações coletadas foram organizadas em tabelas para se ter um melhor entendimento das diferentes opções de respostas escolhidas pelos alunos.

Com base nos dados obtidos, foi realizada uma análise do perfil genético-populacional da comunidade de moscas, considerando-se a dinâmica populacional postulada pelo teorema do equilíbrio de Hardy-Weinberg (HARDY, 1908; WEINBERG, 1908 apud BEIGUELMAN, 2008).

As questões selecionadas para avaliar os conhecimentos adquiridos pelos alunos sobre o tema em estudo (Figura 1) foram pesquisadas em livros e adaptadas de modo que aceitassem diferentes respostas, possibilitando a formação de conjecturas por parte dos alunos. O fato de estarem sentados em grupos teve como intenção possibilitar a troca de ideias e o refinamento das conjecturas, ou seja, o teste às hipóteses formuladas.

Cada aluno recebeu previamente o material da aula, podendo utilizar os esquemas e resumos da explicação expostos no quadro.

A Figura 1, representa uma reunião de várias famílias de moscas identificadas por dois diferentes fenótipos de asas.

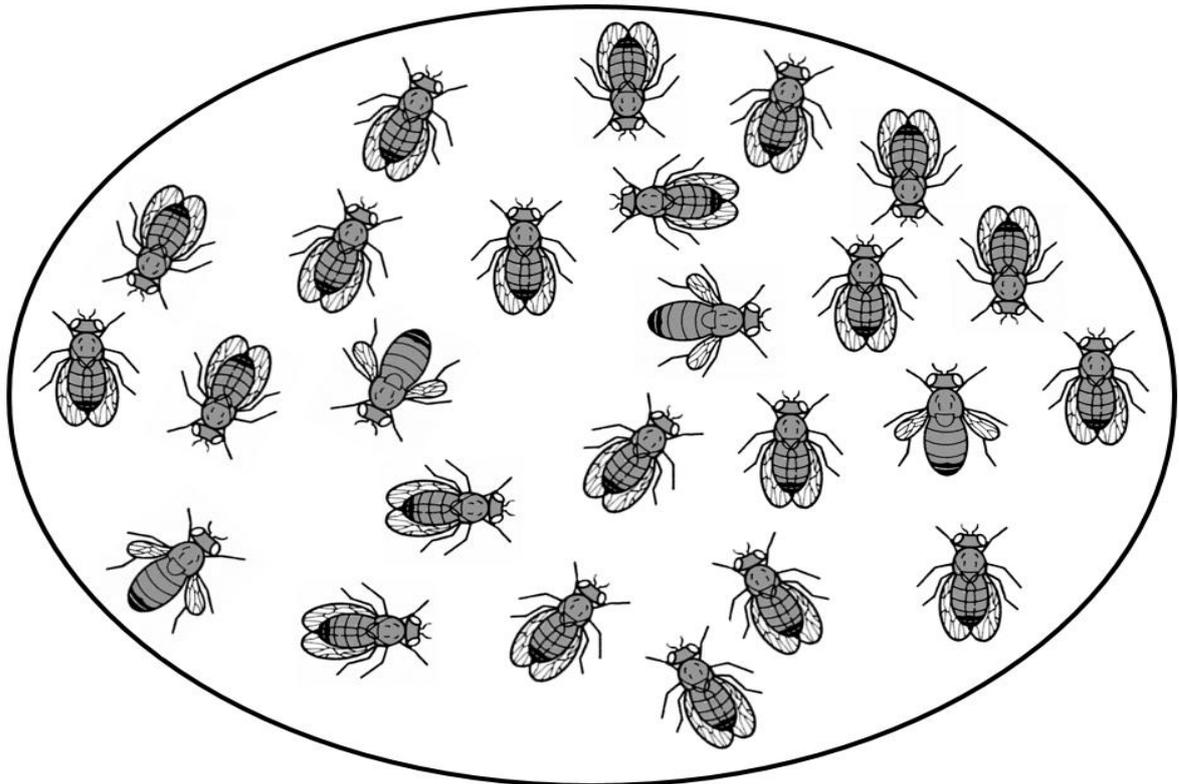


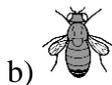
Figura 1. Modelo didático confeccionado com perspectivas de utilização no processo de ensino e aprendizagem de genética de populações, mostrando relação numérica entre moscas com asas normais e moscas com asas curtas ou vestigiais, para o cálculo das frequências fenotípicas, alélicas e genotípicas.

Após analisar a diversidade de moscas com base em características fenotípicas. E de acordo com a sua estrutura populacional que é definida pela frequência dos genes alelos que compõem as suas diferentes classes genotípicas das diferentes famílias, foi solicitado aos alunos que respondessem as seguintes questões:

1. Indique o total de moscas com os seguintes fenótipos:

- a) 
- b) 

2. Indique a frequência de moscas com os seguintes fenótipos:



3. Indique para essa população de moscas, o número total de genes alelos (gene pool) em estudo.

4. Indique para essa população de moscas, a frequência do gene alelo:

- a) recessivos (v)
- b) dominante (V)

5. Indique para essa população de moscas, o total de genes:

- a) recessivos (v)
- b) dominante (V)

6. Indique a frequência de moscas que possuem os seguintes genótipos:

- a) homocigoto dominante VV
- b) heterocigoto Vv
- c) homocigoto recessivo vv

7. Determine o número estimado de moscas que possuem os seguintes genótipos:

- a) homocigoto dominante VV
- b) heterocigoto Vv
- c) homocigoto recessivo vv

Para verificar se a atividade (Figura 1) auxiliou no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos relacionados aos conceitos básicos da genética de populações, foi solicitado aos alunos que organizassem tabelas para se ter um melhor entendimento das opções de respostas escolhidas para as questões aplicadas. E ainda fornecessem uma descrição de como chegaram aos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho proposto foi realizado como atividades complementares as atividades planejadas. Antes da aplicação do recurso didático o conteúdo foi introduzido em uma aula expositiva dialogada. Após a aula teórica, cada aluno recebeu previamente o modelo didático ilustrando uma população de moscas (Figura 1) impresso em uma folha em papel sulfite A4 com um roteiro de questões para execução da atividade, no qual, os discentes poderiam se organizar em grupos ou não.

As questões selecionadas referentes a Figura 1, formaram um dos pilares da sequência didática e teve o objetivo de avaliar os conhecimentos adquiridos pelos alunos sobre o tema em estudo. Elas foram pesquisadas em livros e adaptadas de modo que aceitassem diferentes respostas, possibilitando a formação de conjecturas por parte dos alunos. O fato de estarem sentados em grupos teve como intenção possibilitar a troca de idéias e o refinamento das conjecturas, ou seja, o teste às hipóteses formuladas.

Após a observação e análise da população de moscas (Figura 1), o questionário foi respondido individualmente, com o objetivo de entender as percepções dos alunos referentes à atividade desenvolvida. Com base na intervenção realizada e nos materiais de pesquisa, pode-se fazer diversos apontamentos, que foram analisados e discutidos.

A Estatística foi uma ferramenta matemática muito utilizada, organizando dados e apresentando informações claras e objetivas de genes alelos, classes fenotípicas e classes genotípicas. Através da população de moscas (Figura 1), foram construídas várias tabelas de frequência absoluta e frequência relativa.

Discussão dos resultados das questões

As questões 1 a 7 foram questões subjetivas. E a seguir são demonstradas as respostas consideradas corretas:

Resolução da Questão 1.

Para responder à questão 1, foi organizada a Tabela 1, informando o número de vezes em que as classes fenotípicas de moscas foram identificadas. Observou-se 25 moscas com duas variações fenotípicas, sendo 21 moscas com asas normais e 4 moscas com asas curtas ou vestigiais.

Tabela 1. Frequências de ocorrência de moscas com asas vestigiais em relação ao de moscas com asas normais.

Classes fenotípicas	Número de moscas	Frequências absolutas
Asas normais 	21	21
Asas vestigiais 	4	4
Total	25	25

Nesse contexto, o aluno ao determinar o número de vezes que cada uma das classes fenotípicas das moscas era identificada, estava demonstrando a sua frequência absoluta.

Assim, foi aproveitado para explicar que, a frequência absoluta é sempre representada por números inteiros, sendo normalmente um dado preliminar de uma investigação. Ressaltando-se que a frequência absoluta de uma classe fenotípica corresponde ao número de vezes em que essa classe fenotípica foi observada, não sendo possível uma análise de comparação. Ela sempre será informada na tabela por um número real, e não uma porcentagem.

É importante ressaltar que esta questão, também aproveitada para fazer comentários sobre o significado de diversidade fenotípica com base nas análises das aparências das moscas, o que vai de acordo ao ponto de vista de Zar (1994); Vanzolini (1993), quando ressaltaram que

qualquer atributo ou estado biológico que possa diferir entre os elementos de uma população pode ser chamado de variável.

Esse contexto, conduziu o aluno a ideia do significado de classe fenotípica e sua probabilidade na prática, no momento em que esteve realizando a coleta dos dados.

Resolução da Questão 2.

A Tabela 2, foi organizada para que os dados de frequência absoluta se tornassem significativos. Observa-se à frequência relativa da pesquisa, sendo esta feita através de dados percentuais, definidos como a razão entre a frequência absoluta e o número total de observações.

Portanto, na população pesquisada (Figura 1) teremos dois valores de frequências absolutas para serem transformadas em relativas. O de moscas com asas normais e o de moscas com asas vestigiais ou curtas.

O valor de frequência absoluta de cada classe fenotípica observada, foi dividido pelo número total da frequência absoluta que representa o total de indivíduos que compõe esta mesma população. Portanto, se a frequência absoluta total de indivíduos na amostra populacional é de 25 moscas, o trabalho será o de obter a razão de cada uma de suas classes fenotípicas pelo total de 25.

As porcentagens que foram obtidas representaram a frequência relativa de cada classe fenotípica, fornecendo um panorama mais claro da média de moscas que possuem asas normais ou vestigiais nessa população. Uma dica útil, para saber se está indo no caminho certo, é somar o valor das duas frequências: elas obrigatoriamente quando representadas em fração ou número decimal, deve equivaler a 1. No caso destas estarem representadas em porcentagem a soma é igual a 100%.

Tabela 2. Proporção de ocorrência de moscas com asas vestigiais em relação ao de moscas com asas normais.

Classes fenotípicas	Frequências absolutas	Frequências relativas	%
Asas normais 	21 moscas	0,84	84,0
Asas vestigiais 	4 moscas	0,16	16,0
Total	25 moscas	1,00	100,0

A frequência relativa nos forneceu uma melhor visualização, pois os dados percentuais traduziram melhor a situação comparativa de cada caso. Portanto, a análise nos mostrou que as moscas que apresentaram asas normais possuíam frequência de 21 em 25 ou 21/25 ou 84%, e as moscas que apresentaram asas vestigiais, frequência de 4 em 25 ou 4/25 ou 16%.

Para descobrir a frequência relativa fenotípica de moscas com asas normais na população (Figura 1), foi aplicada a expressão (Figura 2).

$$\text{Frequência relativa do fenótipo } \img alt="fly icon" data-bbox="425 115 475 150" = \frac{\text{Número total com fenótipo } \img alt="fly icon" data-bbox="765 95 815 130}{\text{Números totais com fenótipos } \img alt="fly icon" data-bbox="745 135 795 170" + \img alt="fly icon" data-bbox="825 135 875 170"}$$

Figura 2. Ilustração do método para calcular a frequência relativa de moscas com asas normais.

Dessa forma, para a população (Figura 1), o total em dados de frequência relativa de moscas com ocorrência de asas normais, ficará assim constituída:

$$\img alt="fly icon" data-bbox="205 269 255 309" \text{ Frequência relativa de moscas com asas normais} = \frac{21}{25} = 0,84$$

Assim como foi realizado anteriormente com moscas de asas normais, o cálculo para verificação da frequência relativa fenotípica de moscas com asas curtas ou vestigiais na população (Figura 1), foi aplicada a expressão (Figura 3).

$$\text{Frequência relativa do fenótipo } \img alt="fly icon" data-bbox="425 425 475 460" = \frac{\text{Número total com fenótipo } \img alt="fly icon" data-bbox="765 405 815 440}{\text{Números totais com fenótipos } \img alt="fly icon" data-bbox="745 445 795 480" + \img alt="fly icon" data-bbox="825 445 875 480"}$$

Figura 3. Ilustração do método para calcular a frequência relativa de moscas com asas vestigiais.

Dessa forma, a população (Figura 1), o total em dados de frequência relativa de moscas com ocorrência de asas vestigiais, ficará assim constituída:

$$\img alt="fly icon" data-bbox="193 588 243 628" \text{ Frequência relativa de moscas com asas vestigiais} = \frac{4}{25} = 0,16$$

Como apresentado na Tabela 2, examinando-se todas as 25 moscas da população e comparando-as pelo formato das asas. Observamos a ocorrência de 84,0% das moscas com asas normais e 16,0% com com asas vestigiais ou curtas.

$$\img alt="fly icon" data-bbox="265 720 325 770" \begin{array}{l} 100\% : 25 \text{ moscas} \\ X : 21 \text{ moscas} \end{array} \quad X = \frac{2100}{25} \quad X = 84\%$$

$$\img alt="fly icon" data-bbox="265 810 325 855" \begin{array}{l} 100\% : 25 \text{ moscas} \\ X : 4 \text{ moscas} \end{array} \quad X = \frac{400}{25} \quad X = 16\%$$

Resolução da Questão 3.

A Tabela 3, foi organizada para responder à questão 3. Sendo possível demonstrar que das 25 moscas que compõem a população (Figura 1) temos um total estimado de 50 genes alelos relacionados as duas características morfológicas de asas, sendo 42 genes alelos em população de 21 moscas com asas normais e 8 genes alelos em população de 4 moscas com asas vestigiais.

Tabela 3. Frequências de ocorrência das classes fenotípicas de moscas e número estimado de alelos.

Classes fenotípicas	Frequências absolutas	Nº estimado de genes alelos
Asas normais 	21 moscas	42 genes
Asas vestigiais 	4 moscas	8 genes
Nº total	25 moscas	50 genes

Para descobrir o número total de genes alelos na população (Figura 1), foi aplicado o método (Figura 4).

$$\text{Número total de genes alelos} = 2 (\text{Número total do fenótipo }  + )$$

Figura 4. Ilustração do método utilizado para calcular o número total de genes alelos.

Dessa forma, para a população (Figura 1), o número total em dados absolutos de genes alelos, ficará assim constituída:

$$\text{Número total de genes alelos} = 2 (21 \text{ fenótipos }  + 4 \text{ fenótipos } )$$

$$\text{Número total de genes alelos} = 2 (21 + 4)$$

$$\text{Número total de genes alelos} = 2 (25 \text{ moscas})$$

$$\text{Número total de genes alelos} = 50 \text{ genes alelos}$$

Como apresentado na Tabela 3, das 25 moscas pesquisadas, 21 foram classificadas como moscas com asas normais e 4 com asas vestigiais ou curtas. O pool genético relacionado as características morfológicas das asas, será constituído por 50 genes alelos.

Resolução da Questão 4.

Para responder à questão 4, foi organizada a Tabela 4. Os alelos (V) dominante e (v) recessivo, foram estudados como estimativas matemáticas, como prevê a Teoria de Hardy-

Weimberg (HARDY, 1908; WEINBERG, 1908 apud BEIGUELMAN, 2008). A frequência relativa do gene dominante **V**, que determina a presença de moscas com características morfológicas de asas normais, foi estimado em 60,0%, e a frequência relativa do gene recessivo **v** que determina moscas com características morfológicas de asas vestigiais ou curtas, foi estimado em 40,0%.

Tabela 4. Proporção de ocorrência do alelo recessivo v em relação ao alelo dominante V.

Genes alelos	Frequências relativas	%
Dominante V	0,6	60,0
Recessivo v	0,4	40,0
Total	1,0	100,0

Para descobrir as frequências relativas alélicas dos genes alelos **V** e **v**, na população (Figura 1), recorreremos ao seguinte artifício de cálculo:

Primeiro, como ocorre dominância de um alelo sobre outro ($V > v$) o cálculo deve iniciar pelo grupo de moscas no qual se conhece com certeza o genótipo pelo fenótipo.

Segundo, calculou-se a proporção desse genótipo conhecido em toda a população. O valor obtido referiu-se à frequência relativa do genótipo **vv**.

Terceiro, para se determinar a frequência alélica **v**, foi extraída a raiz quadrada do valor anteriormente obtido. E assim, para descobrir a frequência relativa do gene recessivo **v** na população (Figura 1), aplicou-se a expressão (Figura 5).

$$\text{Frequência relativa do gene } v = \sqrt{\frac{\text{Número total com fenótipo } \img alt="fly with vestigial wings" data-bbox="745 510 795 545}}{\text{Números totais com fenótipos } \img alt="fly with normal wings" data-bbox="730 555 765 590"} + \img alt="fly with vestigial wings" data-bbox="805 555 845 590}}$$

Figura 5. Ilustração do método utilizado para calcular a frequência relativa do gene recessivo v.

Observar que a frequência relativa do gene **v** foi calculada (Figura 5) extraindo-se a raiz quadrada do resultado da proporção entre o número total de moscas que tem o fenótipo asas vestigiais pelo número total de indivíduos na população. Assim, para população (Figura 1), o resultado possível da frequência do gene recessivo **v**, será:

$$\text{Frequência relativa do gene } v = \sqrt{\frac{4 \text{ fenótipos } \img alt="fly with vestigial wings" data-bbox="685 745 740 780}}{21 \text{ fenótipos } \img alt="fly with normal wings" data-bbox="600 790 650 830"} + 4 \text{ fenótipos } \img alt="fly with vestigial wings" data-bbox="790 790 845 830}}$$

$$\text{Frequência relativa do gene } v = \sqrt{\frac{4}{21 + 4}} = \sqrt{\frac{4}{25}} = \sqrt{0,16} = 0,4$$

Convém ilustrar que a soma das frequências alélicas num mesmo locus é igual a 1. E que cada alelo possui a sua frequência entre 0 e 1. Portanto, como foi encontrado que o valor da frequência relativa do alelo *v* é igual a 0,4. Dessa forma ficou evidente que para descobrir o valor da frequência relativa de gene dominante **V** na população (Figura 1), aplicou-se a expressão (Figura 6).

$$\text{Frequência relativa do gene } V = 1 - \text{Frequência relativa do gene } v$$

Figura 6. Ilustração do método utilizado para calcular a frequência relativa do gene alelo V.

Assim, para população (Figura 1) se **V** e *v* são os dois alelos em questão, o resultado possível do gene dominante **V**, será:

Dessa forma, a população (Figura 1), o total em dados de frequência relativa de ocorrência de genes dominantes (**V**), ficará assim constituída:

$$\text{Frequência relativa do gene } V = 1 - 0,4 = 0,6$$

As informações apresentadas na Tabela 4, que classifica a frequência relativa para o gene recessivo *v* em 0,4 ou 40,0% e para o gene dominante **V** em 0,6 ou 60,0%, estão de acordo com o estudo proposto por Hardy (1908) e Weinberg (1908) que estipula que a soma das frequências relativas alélicas (**V** + *v*) é igual a 1 quando representadas em fração ou número decimal e no caso destas estarem representadas em percentagem a soma é igual a 100%.

Resolução da Questão 5.

A Tabela 5 foi organizada para responder à questão 5. Sabendo-se a frequência relativa dos genes alelos **V** e *v*, foi possível extrair número total de genes dominantes (**V**) e de genes recessivos (*v*). Observou-se que dos 50 genes alelos que compõem a população (Figura 1), 30 genes foram estimados como de genes dominantes (**V**) determinantes de características morfológicas asas normais e 20 genes estimados como recessivos (*v*) determinantes características morfológicas asas vestigiais ou curtas.

Tabela 5. Proporção de ocorrência e número estimado do alelo dominante V em relação ao alelo recessivo v.

Genes alelos	Frequências relativas	Nº total estimado
Dominante V	0,6	30
Recessivo <i>v</i>	0,4	20
Total	1,0	50

Para obter-se o número total estimado de genes recessivos (*v*) nesta população, é necessário aplicar a expressão (Figura 7).

$$\text{Número total de genes } v = \text{N}^\circ \text{ total de genes da população} \times \text{frequência do gene } v$$

Figura 7. Ilustração do método utilizado para calcular o total de genes recessivos v .

Dessa forma, para a população (Figura 1), o número total em dados absolutos de genes recessivos (v), ficará assim constituída:

$$\text{Número total de genes } v = 50 \text{ genes} \times 0,4 = 20 \text{ genes recessivos } v$$

Assim como foi realizado anteriormente para descobrir o número total de genes dominantes (V) na população (Figura 1), foi aplicada a expressão (Figura 8).

$$\text{Número total de genes } V = \text{N}^\circ \text{ total de genes da população} \times \text{frequência do gene } V$$

Figura 8. Ilustração do método utilizado para calcular o total de genes dominantes V .

Dessa forma, para a população (Figura 1), número total em dados absolutos de genes dominantes (V), ficará assim constituída:

$$\text{Número total de genes } V = 50 \text{ genes} \times 0,6 = 30 \text{ genes dominantes } V$$

Como apresentado na Tabela 5, dos 50 genes alelos estimados, 30 genes foram classificados como genes dominantes V e 20 genes como recessivos v .

Resolução da Questão 6.

A Tabela 6 foi organizada para responder à questão 6. Sabendo-se a frequência relativa dos genes alelos V e v (Tabela 5), foi possível determinar as frequências relativas das classes genotípicas VV , Vv e vv . Observou-se que das três variações genotípicas, 48,0% eram heterozigotas (Vv), 36,0% homozigotas dominantes (VV) e 16,0% recessivas (vv).

Observou-se também, que a soma das frequências relativas das classes genotípicas, quando representadas em fração ou número decimal, é igual a 1 e no caso destas estarem representadas em porcentagem a soma é igual a 100%.

Tabela 6. Proporção de ocorrência entre as classes genotípicas das moscas.

Classes genotípicas	Frequências relativas	%
VV	0,36	36,0
Vv	0,48	48,0
vv	0,16	16,0
Total	1,00	100,0

Como cada mosca da população (Figura 1) é diploide, tem dois alelos para cada característica morfológica, as frequências relativas dos três genótipos VV , Vv e vv podem ser calculadas com base na expansão binomial das frequências alélicas $(V + v)^2$, obtendo-se as estimativas matemáticas dos genótipos, como se segue: $(V^2 + 2Vv + v^2)$. Onde V^2 é a frequência

esperada do genótipo homocigoto dominante (VV); $2Vv$ é a frequência esperada do genótipo heterocigoto (Vv) e v^2 é a frequência esperada do genótipo homocigoto recessivo (vv).

Diante disso, para descobrir a frequência relativa com base no genótipo homocigoto dominante VV, é necessário aplicar a expressão (Figura 9).

$$\text{Frequência relativa do genótipo VV} = (\text{Frequência relativa do gene V})^2$$

Figura 9. Ilustração do método utilizado para calcular a frequência relativa do genótipo homocigoto dominante VV.

Nesse caso (Figura 9), tem-se que a probabilidade de um espermatozoide portador do alelo V fertilizar um óvulo com o alelo V é, $V \times V = V^2$. Dessa forma, a população (Figura 1), o total em dados de frequência relativa de moscas com a ocorrência do genótipo homocigoto dominante (VV), ficará assim constituída:

$$\text{Frequência relativa do genótipo VV} = (0,6)^2 = 0,36$$

Para descobrir a frequência relativa do genótipo heterocigoto Vv, foi aplicado a expressão (Figura 10).

$$\text{Frequência relativa do genótipo Vv} = 2 (\text{Frequência relativa do gene V} \times \text{v})$$

Figura 10. Ilustração do método utilizado para calcular a frequência relativa do genótipo heterocigoto Vv.

Nesse caso (Figura 10), tem-se que a probabilidade de um espermatozoide portador do alelo V fertilizar um óvulo com o alelo v é $V \times v = Vv$. E a probabilidade de um espermatozoide portador do alelo v fertilizar um óvulo com o alelo V é $v \times V = vV = Vv$. Portanto, a única informação que precisamos para calcular as frequências relativas esperadas de indivíduos heterocigotos é ($2Vv$). Dessa forma, para a população (Figura 1), o total em dados de frequência relativa de moscas com a ocorrência de genótipo heterocigoto (Vv), ficará assim constituída:

$$\text{Frequência relativa do genótipo Vv} = 2 (0,6 \times 0,4) = 0,48$$

Segundo Nei & Roychoudhury (1974); Nei (1987) a quantidade de heterocigotos ($2Vv$) esperada no modelo de Hardy-Weinberg, para um dado locus, é uma medida de variação genética bastante utilizada na investigação da variação genética populacional.

Para descobrir a frequência relativa do genótipo homocigoto recessivo (vv), foi aplicado a expressão (Figura 11)

$$\text{Frequência relativa do genótipo vv} = (\text{Frequência relativa do gene v})^2$$

Figura 11. Ilustração do método utilizado para calcular a frequência relativa do genótipo homocigoto recessivo vv.

Nesse caso (Figura 11), tem-se que a probabilidade de um espermatozoide portador do alelo v fertilizar um óvulo com o alelo v é, $v \times v = v^2$. Dessa forma, para a população (Figura 1), o total em dados de frequência relativa de moscas com a ocorrência de genótipo homocigoto recessivo (vv), ficará assim constituída:

$$\text{Frequência relativa do genótipo } vv = (0,4)^2 = 0,16$$

Como apresentado na Tabela 6, das três classes genotípicas de moscas encontradas, 48,0% foram classificadas como heterozigotos (Vv), 36,0% homozigotos dominantes (VV) e 16% era homozigotos recessivos (vv).

Resolução da Questão 7.

Para responder à questão 7, foi organizada a Tabela 7. Sabendo-se a frequência relativa das três classes genotípicas de moscas. Observou-se que das 25 moscas que compõe a população (Figura 1), 12 foram estimadas como de genótipo heterozigoto (Vv), 9 de genótipo homozigoto dominante (VV) e 4 de genótipo homozigoto recessivo (vv).

Tabela 7. Proporção de ocorrência e número estimado de cada classe genotípica de moscas.

Classes genotípicas	Frequências relativas	Nº total estimado
VV	0,36	9
Vv	0,48	12
vv	0,16	4
Total	1,00	25

Para descobrir como foi estimado o número total de moscas com genótipos homozigotos dominantes (VV) na população (Figura1), foi aplicado a expressão (Figura 12).

$$\text{Nº estimado de genótipos VV} = \text{Nº total de moscas na população} \times \text{frequência do genótipo VV}$$

Figura 12. Ilustração do método utilizado para calcular o número total estimado de moscas com genótipo homozigoto dominante VV.

Dessa forma, para a população (Figura 1), o número total em dados absolutos de genótipos (VV), ficará assim constituída:

$$\text{Nº estimado de genótipos VV} = 25 \text{ moscas} \times 0,36 = 9 \text{ moscas homozigotas dominantes VV}$$

Para descobrir como foi estimado o número total de moscas com genótipos heterozigotos Vv na população (Figura1), foi aplicado a expressão (Figura 13).

$$\text{Nº estimado de genótipos Vv} = \text{Nº total de moscas na população} \times \text{frequência do genótipo Vv}$$

Figura 13. Ilustração do método utilizado para calcular o número total estimado de moscas com genótipo heterozigoto Vv.

Dessa forma, para a população (Figura 1), o número total em dados absolutos de genótipos (Vv), ficará assim constituída:

$$\text{Nº estimado de genótipos Vv} = 25 \text{ moscas} \times 0,48 = 12 \text{ moscas heterozigotas Vv}$$

Para descobrir o número total estimado de genótipos homozigotos recessivos vv na população (Figura1), foi aplicado a expressão (Figura 14).

$$\text{N}^{\circ} \text{ estimado de genótipos } vv = \text{N}^{\circ} \text{ total de moscas na população } \times \text{ frequência do genótipo } vv$$

Figura 14. Ilustração do método utilizado para calcular o número total estimado de moscas com genótipo homocigoto recessivo vv.

Dessa forma, para a população (Figura 1), o número total em dados absolutos de genótipos (vv), ficará assim constituída:

$$\text{N}^{\circ} \text{ estimado de genótipos } vv = 25 \text{ moscas } \times 0,16 = 4 \text{ moscas homocigotas recessivas } vv$$

Como apresentado na Tabela 7, a população (Figura1) ficou constituída por três classes genotípicas, sendo estimados 9 moscas com genótipos homocigotos dominantes (VV), 12 com genótipos heterocigotos (Vv) e 4 com genótipos homocigotos recessivos (vv).

A metodologia utilizada no desenvolvimento da atividade proposta (Figura 1), revelou que os alunos são movidos pela curiosidade e pelo desejo de conhecer e aprender. No decorrer da atividade, muitas dúvidas foram discutidas e elucidadas, demonstrando um indicativo de nível de entusiasmo e motivação em relação as atividades que foram propostas. Sendo assim, esse recurso didático pode ser utilizado como alternativa para facilitar o aprendizado dos conteúdos de genética de populações.

Assim, diante das respostas positivas dadas pelos alunos em relação as questões de 1 a 7, comprovamos a importância da utilização de alternativas que venham a facilitar o processo de ensino e aprendizagem de genética de populações. Para os alunos essa metodologia utilizada, além de facilitar a compreensão de conhecimentos estatísticos como de frequência absoluta e frequência relativa, foram recursos que tornaram os assuntos abordados na sala de aula mais atraentes e que atuaram como facilitadores da compreensão dos mecanismos da hereditariedade em nível populacional, levando em conta uma amostra aleatória de indivíduos de uma população.

O modelo didático proposto, também serviu como um momento de interação para os alunos, onde eles compartilharam conhecimentos, trabalharam em grupo e buscaram soluções para o cumprimento da tarefa, todos deram sua contribuição para a resolução de todos os questionamentos.

Assim sendo, do nosso ponto de vista o modelo didático (Figura 1) foi importante, pois facilitou a aprendizagem, instigou os alunos ao trabalho em grupo na construção coletiva do conhecimento e a união entre a teoria e a prática. De acordo com Krasilchik (2008) para o aluno, uma disciplina pode ser atraente ou insignificante, e essa perspectiva depende somente da forma como é ensinada.

Portanto, é fundamental para os professores de genética de populações a busca por formas diferenciadas de ensino, que despertem no aluno a curiosidade e o entusiasmo necessário para compreender os conteúdos, bem como a satisfação de realizar as atividades propostas. Utilizando metodologias que além de permitir a interação entre a teoria e a prática, busque minimizar as dificuldades existentes, proporcionando assim uma aprendizagem mais eficaz (SOUSA, 2012).

Atualmente a educação se encontra em transformação. O modelo atual de ensino, onde os alunos normalmente são dependentes da orientação do professor, e geralmente não são utilizadas metodologias diferenciadas e variadas, demonstrando que o processo ensino-aprendizagem não está alcançando seus objetivos. O uso de diferentes metodologias vem proporcionando alternativas de aprendizagem e vem contribuindo para um processo ensino-aprendizagem mais significativo e que pode despertar mais interesse dos alunos nas aulas. De acordo com isso, Masseto (2007) afirmou que novas técnicas desenvolvem a curiosidade dos

alunos e os instigam a buscarem, por iniciativa própria, as informações de que precisam para resolver problemas ou explicar fenômenos que fazem parte de sua vida.

Segundo os autores Setúval & Bejarano (2009); Karasawa & Gonçalves (2011); Bastos & Faria (2011); Almeida (2013); Corpe & Mota (2014); Ferreira (2015) modelo didático é um recurso lúdico bastante importante, sendo uma forma de facilitar o processo de ensino e de aprendizagem, tendo por função proporcionar o conhecimento de maneira dinâmica e efetiva através do uso de cores, formas e texturas, tornando o ensino mais prazeroso e agradável.

De acordo com Barradas et al. (2002) um modelo didático corresponde a qualquer sistema figurativo que reproduz a realidade de forma esquematizada e concreta, tornando-a mais compreensível ao aluno. Representa a construção, uma estrutura que pode ser utilizada como referência, uma imagem que permite materializar a ideia ou conceito tornando-o dessa forma assimilável

Considerando também, que a finalidade desse modelo didático (Figura 1) foi o de fornecer uma ponte entre o ensino e a aprendizagem da genética de populações e a matemática, o resultado verificado foi surpreendente.

Bassanezi (2006) relatou que é importante desenvolver metodologias menos alienadas, para isso a disciplina deve estar comprometida com a realidade dos alunos e mais próxima a ela assim, para uma compreensão mais satisfatória da Matemática, faz-se necessária à sua interdisciplinaridade com outras áreas do conhecimento humano, que são disciplinas que estão mais próximas do cotidiano dos alunos, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais eficaz.

Pietrocola (2004) citou que lidar com a imaginação acarreta emoções que permanecem vivas em nossa mente e aprender através de uma experiência material ou imaginativa é atividade prazerosa, pois engaja-se não somente a razão, mas também as emoções.

Sampaio & Silva (2012) citou que a biomatemática é utilizada para resolver e aproximar soluções de alguns problemas de biologia utilizando métodos e modelos matemáticos, para formular, estudar e desvendar as dificuldades biológicas. Assim, vem crescendo a relação dessas duas ciências de forma interdisciplinar, e mostrando que para que se possa entender a genética de populações, o aluno deve ter conhecimentos em matemática, pois ela será utilizada em cálculos genéticos como a probabilidade de alguns eventos que venha a acontecer, crescimento de populações, porcentagens, entre outros.

Mendonça & Santos (2011); Medeiros & Rodrigues (2012); Duso (2012); Klauberg (2015); Meira et al. (2015) observaram que os benefícios da utilização dos modelos didáticos são amplamente reconhecidos e que diversos autores apontaram a contribuição dessa metodologia na facilitação do aprendizado e que esse tipo de recurso pode ser capaz de unir teoria e prática, fazendo da aula um momento não só de aprendizagem, mas também como de interação, participação e criatividade.

Para Guimarães et al. (2006) os modelos didáticos são construções teóricas que nos possibilitam uma aproximação mais sistemática do objeto de estudo e, dessa forma, da sua compreensão.

Segundo os autores Souza et al. (2008) em algumas escolas, poderemos nos deparar com escassez de material para a realização de aulas práticas. E em meio a essas dificuldades, teremos que utilizar materiais de baixo custo. Observando que, com a utilização desses materiais foi possível desenvolver aulas mais atraentes e motivadoras.

No entanto apesar da eficiência e contribuição para o ensino, esse recurso ainda é muito pouco utilizado pelos professores. Dentre as causas, o estudo realizado por Sousa (2015) cita a falta de material disponível na escola, a carga horária insuficiente para a confecção do recurso didático, a desmotivação em executar atividades deste tipo, como também por não haver cooperação dos alunos na confecção dos materiais, dentre outros fatores.

Em conjunto, o resultado exposto nas tabelas de 1 a 7 e as respostas obtidas e relatadas nas questões de 1 a 7, sugerem que a utilização do modelo didático como atividade (Figura 1) possibilitou maior interação entre o conhecimento do professor e dos alunos. Ainda serviu como atividade de reforço e fixação de conteúdos de genética de populações previamente desenvolvidos nas aulas e avaliação do aprendizado. Ao unir o conhecimento científico ao modelo didático (Figura 1), a aula se tornou mais atraente, com mais participação dos alunos e maior capacidade de prender a atenção dos alunos para os conteúdos de genética de populações que foram trabalhados.

De acordo com isso, Masseto (2007) afirmou que: “Novas técnicas desenvolvem a curiosidade dos alunos e os instigam a buscarem, por iniciativa própria, as informações de que precisam para resolver problemas ou explicar fenômenos que fazem parte de sua vida profissional”.

Utilizar diferentes técnicas faz com que os alunos desenvolvam sua curiosidade e busquem as informações necessárias para responder a determinadas questões e resolver os problemas a eles submetidos. A diferenciação e a variedade de técnicas quebram a rotina das aulas e assim os alunos se sentem mais animados em frequentá-las. Além disso, facilitam a participação e incentivam as atividades dinâmicas durante o período das aulas, levando os aprendizes a saírem da situação passiva de espectadores da ação individual do professor (MASSETO, 2007).

Na utilização do modelo didático (Figura 1) o aluno se deparou com situações que não demonstram claramente o conteúdo da genética que está envolvido. Assim, os alunos puderam resolver os questionamentos à que foram submetidos de formas diferentes. Não houve uma fórmula a seguir, mas sim, várias que poderiam resolver um mesmo questionamento. Segundo Skovsmose (2007), a maneira como um aluno irá resolver os problemas propostos tem relação direta com suas experiências prévias e seus interesses. Os alunos demoram a perceber a relação da genética com situações reais do dia-a-dia. Nesse sentido, a aplicação de diferentes procedimentos didáticos pode favorecer a elaboração de conhecimentos implícitos, que podem ser inseridos para responder questões e resolver problemas (BORGES, 1999).

Concordamos com Silva et. al. (2012) que afirmaram que os conceitos abordados no ensino de genética são, geralmente, de difícil assimilação, sendo necessárias práticas que auxiliem no aprendizado dos alunos. Dessa forma, métodos inovadores de ensino que envolvam arte, modelos e jogos mostram-se promissores para serem aplicados durante a prática pedagógica. “A utilização de variados recursos didáticos é uma importante ferramenta para facilitar a aprendizagem e superar lacunas deixadas pelo ensino tradicional”. Sendo que consideramos como recurso didático todo material utilizado como auxílio no ensino aprendizagem do conteúdo proposto para ser aplicado, pelo professor, aos seus alunos (SOUZA, 2007).

Segundo Giordan e Vecchi (1996, apud PUCCI et al., 2011) “os modelos são elementos facilitadores que os educadores podem utilizar para ajudar a vencer os obstáculos que se apresentam no difícil caminho da conceitualização”.

Considerando o exposto acima pelos autores, pressupõe-se que a inserção de um modelo didático em uma estratégia metodológica para o ensino de genética de populações, poderá auxiliar no processo de ensino e aprendizagem dos processos inerentes a aleatoriedade das combinações entre os genes alelos. E por permitir que o pensamento aconteça livremente, a visualização dá autonomia ao aluno, tornando significativas as ideias e conceitos da genética de populações, sendo desta forma um poderoso instrumento de ensino para alcançar a compreensão e inspirar novas descobertas.

Podemos observar pela análise dos livros didáticos que a abordagem dos conteúdos da genética de populações não é feita de forma que produza sentido para o aluno. Além disso, a análise dos itens de avaliação de larga escala ilustra a dificuldade dos alunos com conceitos da

estatística, que são fundamentais para o ensino da genética de populações. Acreditamos que a nossa sequência didática, que utilizou a abordagem visual para ensinar conceitos fundamentais probabilístico e estatístico sobre as inter-relações entre os parâmetros hereditários de interesse e as variações dos genes alelos observados, possibilitará a diversidade de resolução de um mesmo problema, auxiliando e estimulando o aluno na criação de sua própria técnica, eliminando fórmulas e regras sem sentido.

Enfim, esperamos que este trabalho contribua para os conhecimentos sobre os temas e que, além disso, possa contribuir para a sensibilização dos professores do ensino de biologia da necessidade de trabalhar com situações problemas que envolvam a genética de populações.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que a utilização do modelo didático simulando uma população de moscas em equilíbrio de Hardy-Weinberg, foi uma ferramenta eficaz, visto que os alunos ficaram motivados, procurando resolver as questões. Não sendo verificadas questões sem resoluções.

Foram registradas muitas respostas espontâneas, desvinculadas de conceitos pré-definidos em livros didáticos. Dessa forma foi verificado um aumento significativo de conhecimento ao longo das atividades, para as sete questões formuladas

Isso mostrou a propriedade do modelo didático utilizado em despertar o interesse e estimular o raciocínio e a criatividade ao resolver as questões propostas.

O modelo didático também possibilitou a socialização, promovendo o trabalho em grupo. Dessa forma, exercitou a habilidade dos alunos em respeitar as diferentes opiniões e tomar decisões para o preenchimento das tabelas.

Observou-se que os alunos gostaram da experiência e que conseguiram aprender e compreender o princípio de Hardy-Weinberg, como também os fatores evolutivos, além de reforçar o conteúdo da transmissão das características.

Assim, o uso do modelo proposto se mostrou uma metodologia eficiente para trabalhar conceitos e relações dentro do conteúdo de genética de populações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L. Reação em cadeia da polimerase (pcr) do laboratório à sala de aula. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) Universidade Federal do Piauí, Parnaíba, 2013.
- BARRADAS, C. M.; RIPPEL, J. L.; JUSTINA, L. A. D. O uso de modelos didáticos como facilitador do ensino de Genética. In XII Semana de Biologia, Cascavel, 2002.
- BASSANEZI, R. C. Ensino-aprendizagem com modelagem Matemática: uma nova estratégia. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2006.
- BASTOS, K. M. de; FARIA, J. C. N. M. Aplicação de modelos didáticos para abordagem da célula animal e vegetal, um estudo de caso. Enciclopédia Biosfera, Centro científico conhecer, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 1867-1877, out/nov. 2011.
- BEIGUELMAN, Bernardo Genética de populações humanas. Ribeirão Preto: SBG, 2008. 235p.
- BORGES, A. T. Como evoluem os modelos mentais. Ensaio. v. 1, 1999.
- CORPE, F. P.; MOTA, E. F. Utilização de modelos didáticos no ensino-aprendizado em imunologia. Revista da SBEnBio, Niterói, v. 7, p. 2070-2080, out. 2014.
- DRIVER, R. et al. Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. Enseñanza de las Ciencias. Barcelona, v. 16, n. 1, p. 43-61, 1998.
- DUSO, L. O uso de modelos no ensino de biologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICAS DE ENSINO, 16, 2012, Campinas. Anais... São Paulo: ENDIPE, 2012. p. 1-10.
- FERREIRA, S. F. Desenvolvimento do jogo didático intitulado “a fantástica fábrica de proteínas”. 2015. 33 f. Monografia (Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio) - Universidade Federal do Paraná, Apucarana, 2015.
- FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1998.
- GUIMARÃES, E. M.; FERREIRA, L. B. M. O uso de modelos na formação de professores de Ciências. 2º ENCONTRO REGIONAL SUL DE ENSINO DE BIOLOGIA, 3ª JORNADA DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UFSC. **Anais**. Florianópolis, 2 a 4 de novembro de 2006.
- HARDY G. H. Mendelian proportions in a mixed population. Science 28:49-50. 1908.
- KARASAWA, M. M. G.; GONÇALVES, T. M. Modelos didáticos aplicados ao ensino da estrutura da molécula de DNA e RNA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 57. 2011, Águas de Lindóia. Resumos... São Paulo: SBG, 2011. p. 21.

KLAUBERG, S. D. W. O Lúdico no Ensino da biologia uso de um modelo didático para ensino da divisão celular mitótica. 2015. 21 f. Monografia (Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio) - Universidade Federal do Paraná, Nova Londrina, 2015.

KLAUTAU, N.; AURORA, A.; DULCE, D.; SILVIENE, S.; HELENA, H.; CORREIA, A. Relação entre herança genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p. 2267-2270, 2009.

KRASILCHICK, M. Prática de ensino de biologia. 4º Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

LORBIESKI, R. et al. O jogo da meiose e das segregações cromossômicas e alélicas. In: Genética na escola, v.5, n. 1, p. 25-33, 2010.

MASSETO, M. T. Ensino de Engenharia: Técnicas para Otimização das Aulas. Avercamp Editora, São Paulo, 2007.

MEDEIROS, K. C. R. Análise da eficiência do uso de um modelo didático para o ensino de citogenética. Estudos, Goiânia, v. 39, n. 3, 2012, p. 311-319, jul/set. 2012.

MEIRA, M. S. et al. Intervenção com modelos didáticos no processo de ensino aprendizagem do desenvolvimento embrionário humano: uma contribuição para a formação de licenciados em ciências biológicas. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37, n. 2, 2015, p. 301- 311, maio/ago. 2015.

MENDONÇA, C. O.; SANTOS, M. W. O. dos. Modelos didáticos para o ensino de ciências e biologia: aparelho reprodutor feminino da fecundação a nidação. In: V COLÓQUIO INTERNACIONAL “EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE”, 5. São Cristovão, 2011. Anais... Sergipe, 2011.

MOURA, J. Biologia/Genética: o ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e flexão. 2013

NEI M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genetics 89:583-590. 1978.

NEI M., ROYCHOUDHURY A. K. Sampling variances of heterozygosity and genetic distance. Genetics 76:379-390. 1974.

PIETROCOLA, M. Curiosidade e Imaginação – Os caminhos do conhecimento nas ciências, nas artes e no ensino. In CARVALHO, Ana Maria Pessoa, (org). Ensino de Ciências unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

SAMPAIO, C. F.; SILVA. A. G. Uma Introdução a Biomatemática: A importância da Transdisciplinaridade entre Biologia e Matemática. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL “EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE”. 4. 2012, Sergipe. Anais...Sergipe: UFSE, 2012.

SETÚVAL, F. A. R.; BEJARANO, N. R. R. Os modelos didáticos com conteúdo de genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de ciências e biologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7. 2009, Florianópolis. Anais... Santa Catarina: ENPEC, 2009.

SILVA, M. A. S.; SOARES, I. R.; ALVES, F. C.; SANTOS, M. N. S. Utilização de recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de ciências naturais em turmas de 8º e 9º anos de uma escola pública de Teresina no Piauí. VII CONNEPI, 2012.

SKOVSMOSE, Educação crítica: incerteza, matemática, responsabilidade. Tradução de Maria Aparecida Viggiani Bicudo. São Paulo: Ed. Cortez, 2007.

SOUZA, D. C.; ANDRADE, G. L. P.; NASCIMENTO JUNIOR, A. F. Produção de material didático-pedagógico alternativo para o ensino do conceito pirâmide ecológica: um subsídio a educação científica e ambiental. In: Fórum Ambiental da Alta Paulista. 4. 2008, São Paulo. Anais... São Paulo: ANAP, 2008. Cd-ro

SOUZA, A. Primeira lei de Mendel: jogos didáticos, uma proposta para favorecer a aprendizagem. In: O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense/Secretaria do Estado de Educação. Paraná, v. 1, 2012.

SOUZA, J. M. T. Importância da utilização de recursos didático-pedagógicos no ensino de genética em escolas públicas no município de Parnaíba - Pi. 2015. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) Universidade Federal do Piauí, Parnaíba, 2015.

TRIVELATO, S. L. F. O ensino de Genética em uma escola de segundo grau. 1987. 355 f, il. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

VANZOLINI, P.E. Métodos estatísticos elementares em sistemática zoológica. Hucitec, São Paulo 130p. 1993.

WEINBERG W. Ueber den Nachweis der Vererbung beim Menschen. Jh. Ver. vaterl. Naturk. Wuertemb. 64:369–382. 1908.

ZAR, J.H. Biostatistical analysis. 3rd.ed. Prentice Hall, New Jersey 662p + Tabs. 1996.