

# TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA EDUCAÇÃO: SIMULAÇÃO DO TEOREMA DE HARDY-WEINBERG

Ribeirão Preto-SP - 04/2011

Murilo Amaru Gomes - Universidade de Ribeirão Preto–UNAERP –  
murilomag@hotmail.com

Edilson Carlos Caritá - Universidade de Ribeirão Preto–UNAERP - ecarita@unaerp.br

Caio Tales Álvares da Costa - Universidade de Ribeirão Preto–UNAERP -  
ccosta@unaerp.br

Setor Educacional: Educação Universitária

Áreas de Pesquisa em EAD: Tecnologia Educacional

Natureza do Trabalho: Relatório de Pesquisa

Classe: Investigação Científica

## RESUMO

*O uso da Tecnologia da Informação e Comunicação na educação é um processo importante para motivar e permitir a interação do aluno, apoiando no processo ensino-aprendizagem principalmente em conteúdos que exigem simulações. O presente trabalho apresenta o uso da Tecnologia da Informação e Comunicação para demonstrar o Teorema de Hardy-Weinberg, considerando as frequências gênicas e genotípicas de uma população que esteja inicialmente em equilíbrio de Hardy-Weinberg. O objeto de aprendizagem foi implementado através da linguagem de programação C/C++ no ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual Studio 2008. Na simulação foi possível visualizar que quando uma população não está sujeita a qualquer fator evolutivo, as frequências gênicas e genotípicas não se alteram com o passar das gerações. O sistema também oferece a possibilidade de demonstrar a atuação de alguns fatores evolutivos como seleção, mutação, deriva e migração. Neste caso é possível visualizar que as frequências gênicas e genotípicas se alteram com o passar das gerações. Conclui-se que o objeto de aprendizagem implementado e validado poderá ser utilizado em disciplinas nas modalidades presencial e a distância, por ser de fácil utilização, permitindo interação e motivação, para compreensão do conteúdo específico.*

**Palavras-chave:** Objeto de Aprendizagem; Simulação Computacional; Tecnologia da Informação e Comunicação; Teorema Hardy-Weinberg; Biologia.

## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea permite a todo o momento que a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) seja inserida em seu cotidiano, assim ela vem sendo utilizada para promover entretenimento, serviços e educação. Segundo Moraes, Dias e Fiorentini (2006), muito se tem discutido sobre as potencialidades em torno das Tecnologias da Informação e Comunicação e suas aplicações na educação. Nesse debate, discute-se e problematiza-se como a nova infraestrutura da informação e da comunicação pode contribuir para ampliar ou renovar os cânones tradicionais da produção do conhecimento levando-se em conta que os meios informáticos oferecem acessos a múltiplas possibilidades de interação, mediação e expressão de sentidos, propiciados, tanto pelos fluxos de informação e diversidade de discursos e recursos disponíveis – textuais, visuais e sonoros – como pela flexibilidade de exploração.

A utilização de conteúdos educacionais digitais multimídia pode representar fatores de motivação, de facilitação de aprendizagem e servir como complementação de assuntos já abordados em aula. Permite também representar, enquanto recurso pedagógico, um fator para facilitar o entendimento do aluno e o trabalho do próprio professor. Além disso, os recursos multimídia de aprendizagem têm a característica de prender a atenção dos alunos, fazendo com que haja uma maior concentração durante as aulas.

As atividades interativas propostas através de TIC oferecem oportunidades de exploração de fenômenos científicos e conceitos, como experiências em laboratório com substâncias químicas ou envolvendo conceitos de genética, velocidade, grandeza, medidas, força, dentre outras, que são realizadas principalmente através de simulação computacional.

Na área da biologia utiliza-se essa técnica de forma peculiar, para permitir possibilidades de interação com situações de difícil compreensão.

No contexto do ensino de biologia, a demonstração do Teorema de Hardy-Weinberg e da atuação dos fatores evolutivos sobre as frequências gênicas e genotípicas de uma população é geralmente difícil de ser

compreendida pelos alunos, pois além de envolver uma série de cálculos matemáticos, também é necessário considerar várias gerações sucessivas.

O presente trabalho apresenta o uso da Tecnologia da Informação e Comunicação para demonstrar o Teorema de Hardy-Weinberg, considerando as frequências gênicas e genotípicas de uma população que esteja inicialmente em equilíbrio de Hardy-Weinberg.

## **2. METODOLOGIA**

O Teorema de Hardy-Weinberg foi criado pelo matemático inglês Godfrey Harold Hardy e pelo médico alemão Wilhen Weinberg em 1908 independentemente, e descreve as relações entre frequências gênicas e genotípicas em uma população. O teorema diz que quando não há nenhum fator evolutivo atuando na população como, por exemplo, seleção, mutação, deriva genética e migração e quando os indivíduos de uma população muito grande se cruzam ao acaso, as frequências gênicas e genotípicas não se alteram com o passar das gerações. Como consequência as frequências genotípicas são dadas pelo produto das frequências alélicas e a população é dita estar em equilíbrio de Hardy-Weinberg (BOURGAIN *et al*, 2004).

### ***A) Implementação do Sistema***

Para a implementação do sistema foi utilizada a linguagem de programação C/C++ com o ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual Studio 2008.

### ***B) Algoritmos***

*Simulação do Teorema:* para gerar a população inicial, o programa sorteia os alelos de cada indivíduo, seguindo as suas respectivas percentagens. Enquanto sorteia os alelos, cada indivíduo formado será armazenado em uma “lista encadeada”, que posteriormente será utilizada para a formação dos casais.

Após a formação dos indivíduos da população, o usuário poderá escolher a opção “nova geração”. Ao clicar nesse botão, o programa usará a “lista encadeada” para formar os casais. Desta forma, os cruzamentos

ocorrerão ao acaso, pois os indivíduos da lista encadeada foram formados por sorteio, respeitando o princípio de Hardy-Weinberg. Além disso, cada casal formado terá quatro filhos, respeitando também o princípio de Hardy-Weinberg onde todos os casais são igualmente férteis.

Se o programa utilizasse o número total de indivíduos formados a cada geração, ele usaria muita memória do computador, o que poderia sobrecarregá-la. Por isso, foi utilizado um algoritmo de redução, onde a população nunca ultrapassará a quantidade de indivíduos escolhidos na geração inicial. A aplicação desse algoritmo leva à redução do número total de descendentes mantendo as porcentagens de cada genótipo.

**Fator de seleção:** para formar a nova geração considerando um fator de seleção, o algoritmo recebe os valores fornecidos pelo usuário e forma os casais a partir da lista encadeada, assim como ocorre para formar a nova geração sem fatores evolutivos. No entanto, a cada casal formado verifica-se dos genótipos envolvidos qual é o que possui a menor capacidade reprodutiva. Caso isso ocorra, uma quantidade de sorteios definidos pela redução da capacidade reprodutiva estabelece o genótipo de cada filho. Por exemplo, um casal composto de  $AA$  e  $Aa$  terá dois filhos  $AA$  e dois filhos  $Aa$  se não houver redução na capacidade reprodutiva. Mas tendo este casal uma redução da capacidade reprodutiva de 50%, ele poderá ter apenas dois filhos. Para determinar os genótipos dos filhos são feitos então dois sorteios. Porém, se o primeiro filho sorteado for  $AA$ , o próximo sorteio terá uma chance de duas em três de ser  $Aa$ .

**Deriva:** para simular uma Deriva Genética realizam-se sorteios considerando a porcentagem dos genótipos da geração atual após a formação de várias gerações sem a atuação de fatores evolutivos. Após um genótipo ser sorteado, ele será subtraído para que a chance dele ser sorteado novamente diminua. Então novamente ocorre outro sorteio e, assim, sucessivamente, por dez vezes. A cada sorteio o novo genótipo é acrescentado no final da lista de indivíduos, para que depois possam ocorrer os cruzamentos. Como tudo é por sorteio, o algoritmo segue a premissa dos cruzamentos ao acaso. O usuário irá então clicar em Nova População com Deriva e a população primeiramente irá crescer gradativamente até alcançar ou ultrapassar o valor determinado de indivíduos da primeira geração. Caso o usuário selecione nova geração sem

fatores evolutivos, a geração será formada com novos valores de frequência alélica e genotípica.

**Mutação:** o algoritmo de mutação percorre toda a população formando casais e gerando seus filhos, mas a cada filho em que o genótipo possuir um alelo *A* ocorre o sorteio de um número que fica entre os números 0 e 99.999, se o número sorteado for o número 1, um dos alelos *A* torna-se *a*. Por exemplo, no cruzamento de um casal *AA* x *AA* ocorrerá quatro sorteios, um para cada filho, utilizando-se um *loop*, caso um sorteio tenha como resultado o número 1, um filho será *Aa* e não *AA*. Toda a somatória dos genótipos é então atualizada para que depois possa calcular suas respectivas percentagens.

**Migração:** a função de migração utiliza três parâmetros que representam a quantidade de genótipos migrados. Só será permitida a entrada de 40% (quarenta por cento) de indivíduos da população inicial, pois uma migração maior do que este valor seria muito improvável de ocorrer numa população real.

Caso os valores sejam aceitos, utiliza-se um algoritmo de mesclar (*merge*) da população que está chegando com a população já existente. A cada pessoa que entra na população atual ocorre um sorteio para determinar qual será o genótipo escolhido. Cada genótipo já sorteado é excluído da população migrante e o sorteio continua com o restante até que todos tenham seu lugar. Isso é realizado para que os cruzamentos sejam ao acaso.

### ***C) Uso do Sistema***

O programa possui uma interface simples e intuitiva, para conseguir utilizar os recursos, o usuário não precisa ter alto conhecimento de computação e nem mesmo ser um especialista em biologia. Isso facilita o aprendizado e faz com que o usuário goste de interagir com a tela enquanto estuda o assunto.

Ao iniciar o programa, o usuário poderá utilizar o menu e escolher a primeira geração da população para utilizar os dados que quiser, ou então, já clicar em “formar a primeira geração” para utilizar os valores padrões (1000 pessoas, 70% alelo *A* e 30% alelo *a*).

Após gerada a população inicial, o usuário poderá escolher as opções de formar as gerações subsequentes: sem fatores evolutivos, com fator de seleção, com deriva, com mutação ou com migração. Durante esses processos

o botão “gerar população” ficará desativado, sendo que só será ativado novamente quando a pessoa escolher “valores da população inicial”.

A interface possui duas entradas de valores, uma é a população atual e a outra é a população gerada a partir dessa população atual, ou seja, a nova geração, ambas as partes contam com todos os valores necessários para análise do usuário, sendo eles as porcentagens de cada alelo e de cada genótipo e, também a quantidade de cada casal e de seus filhos, assim como o número da geração.

A qualquer momento o usuário poderá clicar no botão “verificar população inicial” para compará-la com a geração atual.

Para utilizar o fator de seleção o usuário precisará apenas clicar no menu de Fator de Seleção e no menu Escolha de Valores. Na escolha de valores ele poderá escolher “Com Dominância” ou “Sem Dominância”. Caso escolha “Com Dominância” será habilitada a escolha do alelo mutante que levará redução na capacidade reprodutiva e o fator de seleção que atuará sobre ele. Se alelo mutante escolhido for  $A$ , os genótipos  $AA$  e  $Aa$  serão os que terão redução na capacidade reprodutiva. Caso o alelo mutante escolhido for  $a$ , somente o genótipo  $AA$  terá redução na capacidade reprodutiva. A capacidade reprodutiva será de acordo com as alternativas abaixo:

- a) 25% de seleção: o genótipo será capaz de ter apenas três filhos;
- b) 50% de seleção: o genótipo será capaz de ter apenas dois filhos;
- c) 75% de seleção: o genótipo será capaz de ter apenas um filho;
- d) 100% de seleção: o genótipo não terá filhos.

Porém, se o usuário escolher “Sem Dominância” os valores estarão definidos pelo *software*: 50% de seleção para o genótipo  $aa$ , 25% para o genótipo  $Aa$  e 0% para o genótipo  $AA$ . Após escolher os valores e confirmá-los, ele então poderá formar a nova geração com Fator de Seleção.

Para fazer a deriva da população basta o usuário ir ao menu “Deriva” e depois clicar em Deriva da População (Figura 1). Feito isso é só ele novamente clicar no menu Deriva e depois clicar em Nova Geração com Deriva.

Teorema de Hardy-Weinberg

Arquivo População Inicial Sem Fatores Evolutivos Fator Seleção Deriva Mutação Migração

Deriva da População  
Nova Geração Deriva

População Atual		Número de filhos obtidos		
Casamento	Valores obtidos	AA	Aa	aa
AA x AA	115	460	0	0
AA x Aa	207	414	414	0
AA x aa	48	0	192	0
Aa x Aa	96	96	192	96
Aa x aa	28	0	56	56
aa x aa	6	0	0	24
Total	500	970	854	176

Nova Geração Deriva		Número de filhos obtidos		
Casamento	Valores obtidos	AA	Aa	aa
AA x AA	106	424	0	0
AA x Aa	231	462	462	0
AA x aa	44	0	176	0
Aa x Aa	79	79	158	79
Aa x aa	37	0	74	74
aa x aa	3	0	0	12
Total	500	965	870	165

Números Gerais	
Total de pessoas	2000
Total de AA	970 48,5 %
Total de Aa	854 42,7 %
Total de aa	176 8,8 %
Total de A	69,85 %
Total de a	30,15 %
Geração	2

Números Gerais	
Total de pessoas	2000
Total de AA	965 48,25 %
Total de Aa	870 43,5 %
Total de aa	165 8,25 %
Total de A	70 %
Total de a	30 %
Geração	3

Figura 1 – Usuário escolhendo a deriva da população após duas gerações geradas

Para utilizar a Nova Geração Com Mutação ele deverá clicar no menu Mutação e depois Nova População Com Mutação.

Para utilizar a migração o usuário deve clicar no menu Migração e depois em Migrar População. Caso o usuário ainda não tenha gerado a população inicial, ele será informado que precisará primeiramente gerá-la, caso contrário ele será direcionado para uma nova janela onde poderá inserir a quantidade de cada genótipo que será migrado. Com isso, o usuário poderá confirmar ou cancelar seus valores. Se ele confirmar, o programa gerar  automaticamente uma nova população, após a migração; se ele cancelar, o programa gerar  automaticamente uma nova população sem migração.

### 3. RESULTADOS

**Teorema:** O Teorema foi testado e provado através do *software*, não somente mostrando que se todas as premissas forem satisfeitas a frequência dos alelos não se alteram, mas também satisfazendo cálculos realizados em livros que são referências no assunto entre eles, Beiguelman (1994) e Lima (1996).

**Fator de seleção:** como era de se esperar, se um alelo possui um fator de seleção ele tem sua frequência diminuída a cada geração. Utilizando um

fator seleção de 75% (setenta e cinco por cento), por exemplo, um alelo dominante (*A*) pode desaparecer em aproximadamente oito gerações, aproximadamente duzentos anos.

**Mutação:** a mutação não provocará a eliminação de nenhum alelo, é muito difícil percebê-la quando se tem uma população pequena, com populações maiores já se pode visualizá-la melhor, porém ela é de grande importância para mostrar que mesmo que uma determinada doença esteja em extinção ela poderá ocorrer, em uma chance de 1/100.000, em alguma pessoa.

**Migração:** a migração pode ou não alterar demasiadamente as frequências gênicas de uma população, tudo depende de como serão os valores dos genótipos que estão chegando, mas é praticamente impossível ela provocar a extinção em um alelo. Em termos de alteração nas frequências gênicas ela é muito parecida com a mutação.

#### 4. DISCUSSÕES E CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com os algoritmos implementados permitem afirmar que o objeto de aprendizagem poderá ser utilizado no processo ensino-aprendizagem, pois atende as premissas do Teorema de Hardy-Weinberg.

Para que o teorema fosse simulado antigamente, era necessário o sorteio de pedaços de papéis entre os alunos, cada pedaço de papel representava um alelo e depois formava-se duplas entre esses alunos para que fossem criados os genótipos. Na sequência anotava a quantidade de cada genótipo e então era feito um novo sorteio. Após um determinado número de sorteios comparava-se os valores dos genótipos e alelos de cada geração.

O objeto de aprendizagem simplificou a simulação das sucessivas gerações e também permitiu simular os fatores evolutivos.

O uso de objetos de aprendizagem pode representar um ganho de tempo no processo de aprendizagem, pois podem agir como facilitadores. Além disso, tornam as aulas mais interessantes, diversificadas e adaptadas às características específicas dos alunos.

Souza (2005) recomenda o uso de objetos de aprendizagem contendo textos completos, animações, som e até simulações na prática pedagógica por professores e alunos afirmando que possibilitam o aumento do valor do conhecimento garantindo acessibilidade e a produção colaborativa.



Segundo Moreira e Kramer (2007), a educação de qualidade demanda, entre outros elementos, uma visão crítica dos processos escolares e usos apropriados e criteriosos das novas tecnologias da informação e comunicação.

Assim, conclui-se que o objeto de aprendizagem implementado será um recurso inovador nas aulas de genética que abordam o contexto do Teorema de Hardy-Weinberg, pois ele realiza todos os processos que não envolvem a área da biologia, como os cálculos matemáticos e os sorteios das populações.

O objeto de aprendizagem com certeza poderá ser utilizado em disciplinas semipresenciais ou na modalidade de educação a distância, pois pela simplicidade de uso e pelo roteiro de estudos desenvolvido, o aluno poderá realizar as simulações para compreender o Teorema de Hardy-Weinberg.

## 5. AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo apoio financeiro, processo nº 2008/01104-6.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEIGUELMAN, B. **Dinâmica dos Genes nas Famílias e nas Populações**. 2ª ed. Ribeirão Preto: Editora da Sociedade Brasileira de Genética, 1994.

BOURGAIN, C. et al. Testing for Hardy-Weinberg equilibrium in samples with related individuals. **Genetics**, n. 168, p. 2349–2361, 2004.

LIMA, C. P. **Genética Humana**. 3ª ed. São Paulo: Harbra, 1996.

MORAES, R. A.; DIAS, A. C.; FIORENTINI, L. M. R. As Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação: as perspectivas de Freire e Bakhtin. **UNirevista**, v. 1, n. 3, jul/2006.

MOREIRA, A. F. B.; KRAMER, S. Contemporaneidade, Educação e Tecnologia. **Educação e Sociedade**. v. 28, n. 100, p. 1037–1057, out. 2007.

SOUZA, A. C. S. Objetos de Aprendizagem Colaborativos. **Anais do 12º Congresso Internacional de Educação à Distância**. Florianópolis-SC, 18 a 22 de setembro de 2005.