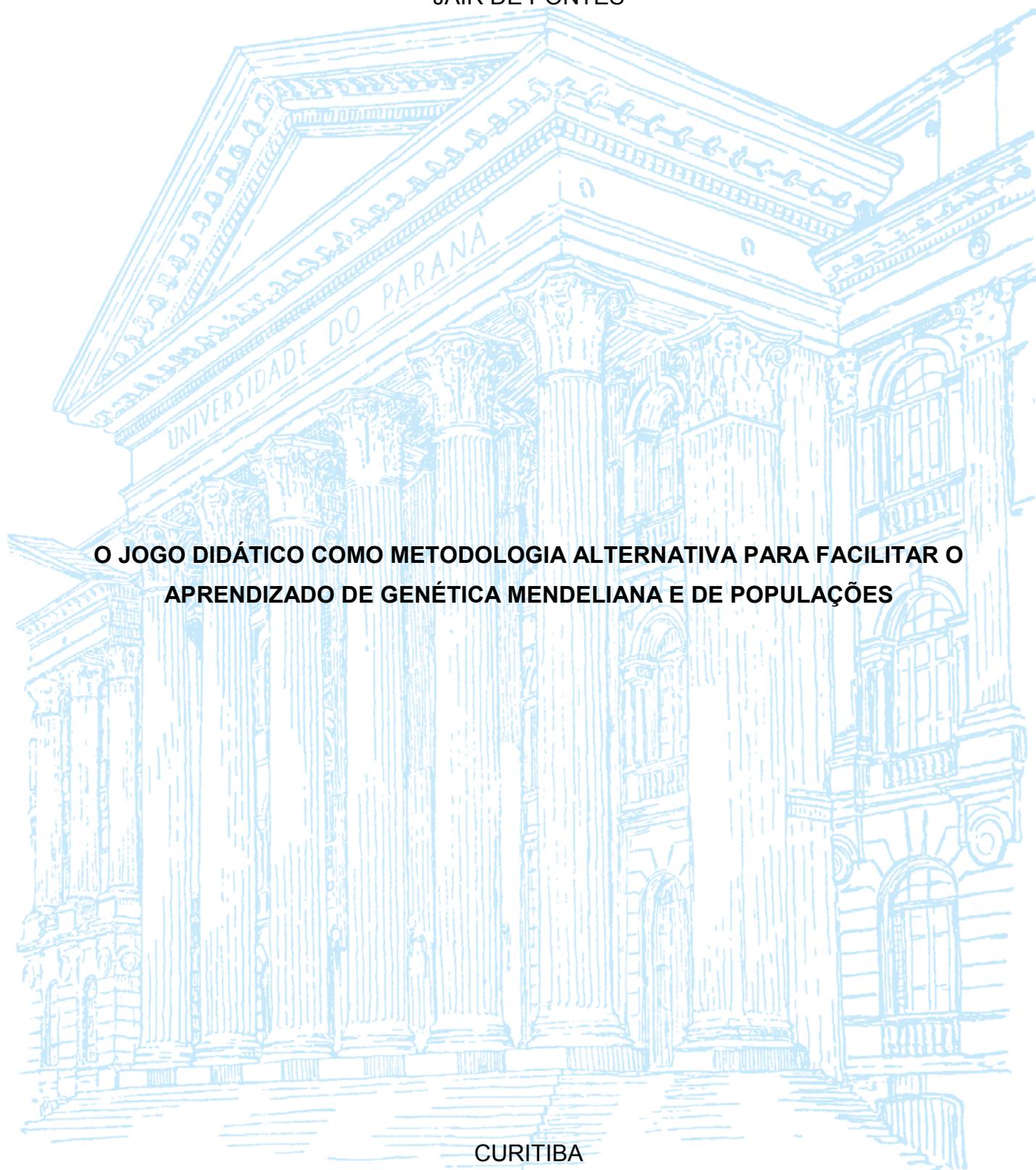


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JAIR DE PONTES



O JOGO DIDÁTICO COMO METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA FACILITAR O APRENDIZADO DE GENÉTICA MENDELIANA E DE POPULAÇÕES

CURITIBA

2019

JAIR DE PONTES

**O JOGO DIDÁTICO COMO METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA FACILITAR O
APRENDIZADO DE GENÉTICA MENDELIANA E DE POPULAÇÕES**

Monografia apresentada como requisito parcial à conclusão do Curso de Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio, na modalidade de Ensino a Distância, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dra. Íris Hass.

CURITIBA

2019

RESUMO

O presente trabalho refere-se a uma proposta alternativa para o ensino de Genética no ensino médio, voltada à ludicidade e ao desenvolvimento do interesse e o desejo em aprender os conteúdos relacionados ao equilíbrio de Hardy-Weinberg e de genética mendeliana. Como objetivo principal de propor um jogo de baixo custo para o estudo de alguns conteúdos de Genética do ensino médio, esta proposta vem de encontro ao paradoxo que é o ensino desta importante área da Biologia, cercada por muitas curiosidades, porém de grande desmotivação e desinteresse, quando os estudantes se deparam com cálculos matemáticos, números, percentagens, etc. Ao longo deste trabalho, o professor encontrará, além de uma proposta de aulas, estratégias que poderão ser usadas e/ ou implementadas, seguindo como ponto de partida para tornar o ensino de Genética mais acessível e descomplicado. Os resultados obtidos confirmam que o professor, pode e deve tornar o aprendizado mais prazeroso e desenvolver o gosto pela Genética, fazendo uso de metodologias simples, porém que demonstrem na prática, toda a abstração e dificuldade de compressão dos conteúdos teóricos.

Palavras-chave: Ensino de Genética, Equilíbrio de Hardy-Weinberg, Jogo Didático.

ABSTRACT

The present work refers to an alternative proposal for the teaching of Genetics in high school, focused on playfulness and the development of interest and the desire to learn contents related to Hardy-Weinberg equilibrium and Mendelian genetics. As the main objective of proposing a low-cost game for the study of some high school genetics content, this proposal comes against the paradox that it is the teaching of this important area of biology, surrounded by many curiosities, but of great demotivation. and disinterest, when students analyze mathematical calculations, numbers, percentages, etc. After this work, the teacher asks, in addition to a lesson proposal, the strategies that can be used and/or implemented, following as a starting point to make the teaching of genetics more accessible and uncomplicated. The results confirm that the teacher can and should make learning more enjoyable and develop a taste for genetics, using simple methods, but that demonstrates the practice, all the abstraction, and difficulty of execution of the theoretical contents.

Keywords: Genetics Teaching, Hardy-Weinberg Balance, Didactic Game.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1A: Modelo de cromossomos em sua fase diploide, com cromátides duplicadas, sendo o cromossomo em vermelho proveniente da mãe e o em azul do pai	19
Figura 1B – Modelo de cromossomos durante o processo de divisão celular (meiose) – formação de gametas.....	19
Figura 1C – Modelo representativo para o processo reprodutivo ocorrido depois da fecundação – células diploides (2n)	19
Figura 2 – Cromossomos em <i>linkage</i>	20
Figura 3 – gametas formados por <i>crossing-over</i>	20
Figura 4 – Pares de alelos distribuídos	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Simulação das frequências genotípicas em 3 rodadas.	23
Tabela 2 – Distribuição do qui-quadrado.....	26
Tabela 3 – Cálculo do qui-quadrado para a rodada 1	26
Tabela 4 – Simulação das frequências genotípicas 1 rodada com um alelo mutante A'.	27
Tabela 5 – Frequências genotípicas 1 rodada com um alelo mutante A'	28
Tabela 6 – Cálculo do qui-quadrado para a rodada com mutação.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PET	- Politereftalato de Etileno
n	- Haploide, uma cópia do genoma
2n	- Diploide, duas cópias do genoma
GL -	- Grau de Liberdade

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4. METODOLOGIA	17
4.1. ÁREA DE ESTUDO.....	17
4.2. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA.....	17
5. RESULTADOS	18
5.1. MODELO DE REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO DE GERAÇÃO DE GAMETAS POR MEIOSE	18
5.2. MODELO DE REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO DE GERAÇÃO DE GAMETAS COM VARIABILIDADE GENÉTICA (<i>LINKAGE E CROSSING-OVER</i>). .	20
5.3. MODELO PARA APLICAÇÃO EM GENÉTICA DE POPULAÇÕES (EQUILÍBRIO DE HARDY-WEINBERG).	21
6.CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	30
APÊNDICE I - GLOSSÁRIO	33
APÊNDICE II – REGRAS PARA APLICAÇÃO DO JOGO EM GENÉTICA DE POPULAÇÕES (EQUILÍBRIO DE HARDY-WEINBERG)	36
APÊNDICE III – MODELO DE TABELA PARA ANOTAR AS FREQUÊNCIAS ALÉLICAS - ALUNO	39
APÊNDICE IV – MODELO DE TABELA PARA ANOTAR AS FREQUÊNCIAS GENOTÍPICAS NA LOUSA - PROFESSOR	40
APÊNDICE V – MODELO DE TABELA O CÁLCULO DO QUI-QUADRADO POR RODADA	41

1. INTRODUÇÃO

O uso de metodologias alternativas para a aprendizagem tem se mostrado um elemento fundamental para atrair a atenção e gerar aprendizado e interesse dos alunos.

A gênese desta proposta está fundamentada no propósito de tornar a aprendizagem de conteúdos relacionados ao ensino e aprendizagem de Genética mais atrativa, leve e descontraída, visando minimizar um dos grandes entraves desta área, tida como de difícil entendimento e por vezes desmotivadoras.

Este trabalho demonstra que estratégias simples e econômicas podem ser utilizadas no ensino de Genética nas escolas públicas brasileiras a partir de materiais recicláveis (tampinhas de garrafas PET e contas de colares).

A proposta visa trazer para o universo dos alunos o entendimento lúdico de conteúdos muitas das vezes desenvolvidos à luz de cálculos matemáticos, desconectados do que o aluno pode entender com a atividade prática.

No apêndice 1, há um glossário que apresenta os significados dos termos técnicos utilizados ao longo do trabalho

2. OBJETIVO GERAL

Elaborar uma metodologia alternativa - jogo de baixo custo - para o conteúdo “Equilíbrio de Hardy-Weinberg” e temas afins para o ensino médio.

2.1. Objetivos Específicos

- Elaborar um jogo didático com contas de colares e tampinhas de garrafas PET que contemple a dinâmica do teorema de Hardy-Weinberg;
- Elaborar um jogo didático que tenha múltipla utilização na apresentação de conceitos como: meiose e formação de gametas, variabilidade genética, genética de populações e genética mendeliana;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os conteúdos curriculares de Genética no ensino médio abarcam uma demanda de termos técnicos, geralmente de difícil assimilação pelos estudantes, sendo necessárias práticas que auxiliem no seu entendimento. Por conseguinte, as dificuldades para aprender Genética são atribuídas ao fato dessa área ser caracterizada por uma grande quantidade de termos que se restringem apenas aos conhecimentos específicos da biologia, e que não estão presentes no cotidiano dos alunos (ARAUJO e GUSMÃO, 2017).

Yamazaki e Yamazaki (2006) afirmam que os métodos tradicionais de ensino de ciências podem ser considerados por muitos estudantes como entediante, maçante e pouco proveitoso. Para Borges e Silva (2017): “Muitos assuntos, apesar de atraírem a atenção dos alunos, não são compreendidos por diferentes motivos: vocabulário muito específico, excesso de termos técnicos, cálculos matemáticos exigidos, etc”.

Essa abstração dificulta a absorção dos conteúdos, pois os alunos não conseguem correlacionar às suas estruturas cognitivas e requer do professor a apropriação de métodos provocadores de aprendizagens significativas como defende Silva (2018) para facilitar a compreensão dos conteúdos.

A Genética é um dos temas centrais da Biologia e necessária para o ensino de outros conceitos e cuja compreensão apresenta muitas dificuldades e imprecisões quanto suas abordagens nas escolas brasileiras. (Ferreira, et al., 2017). Várias causas são apontadas para o insucesso do aprendizado de Genética nas escolas. Os materiais didáticos são apresentados como um dos grandes motivos dificultadores para o aprendizado de Genética (BORGES e SILVA, 2017; FILHO, ALLE e LEME, 2018).

Além da utilização de livros didáticos, outros fatores também podem influenciar nas dificuldades de compreensão dos conteúdos de Genética. A formação inadequada dos docentes de ciências e biologia nas áreas de genética e biologia molecular faz com que exista um distanciamento entre a educação escolar e a assimilação de conceitos informais pela mídia (Krasilchick, 2005 *apud* Araujo e

Gusmão, 2017), pensamento corroborado por RIBEIRO e SILVA (2013); FILHO, ALLE e LEME (2018) e BORGES e SILVA (2017).

Filho, Alle, e Leme (2018) acrescentam à problemática do processo de ensino-aprendizagem o excesso de aulas expositivas dialogadas, que não contemplam todos os perfis de inteligência, fazendo com que muitos alunos tenham dificuldade em aprender. Sendo necessária uma abordagem com materiais e métodos distintos para atingir as múltiplas inteligências do alunado e desenvolver o gosto pelo aprendizado dos conceitos.

Reforçando este pensamento Borges e Silva (2017), defendem o papel interdisciplinar e transdisciplinar da Genética “que engloba a matemática, a física, a interpretação, a lógica, a razão, entre uma infinidade de outras áreas de conhecimento que norteiam o seu estudo”.

Paradoxalmente às dificuldades de aprendizado acima retratadas, Oliveira, Ferreira, e Ribeiro (2017) relatam que “a Genética é uma disciplina que atrai diferentes públicos, desde alunos do ensino fundamental e médio até alunos de graduação”, mesmo sendo uma disciplina complexa. Tal situação provoca a reflexão sobre o currículo de Genética nas escolas brasileiras e a seleção de material didático, precisa ser repensada, assim como a necessidade de se estabelecer um processo de formação continuada de professores de biologia para responder às dificuldades e necessidades que este tema demanda.

Neste cenário e vislumbrando a necessidade de aproximar-se do contexto dos estudantes, “os jogos didáticos são considerados ferramentas ideais da aprendizagem, estes fazem a aproximação do conteúdo, antes abstrato, com a realidade do aluno, trazendo-o a refletir e fazer a ligação do material trabalhado com a sua vivência” (OLIVEIRA, SERAFIM, TEIXEIRA e FALONE (2016), ideias também compartilhadas por LEITE (2010) e OLIVEIRA et al. (2017).

Alves e Bianchin (2010) ampliam a discussão para uma abordagem sociointerativa provocada pelo jogos e destacam:

“Sua importância está diretamente ligada ao desenvolvimento do ser humano em uma perspectiva social, criativa, afetiva, histórica e cultural que alia, estimula e fortalece conexões neurais – provocadoras e estimuladoras de memórias”.

A medida em que se amplia a discussão, há confirmação do sucesso de práticas lúdicas, contextualizadas e adaptadas à realidade e ao contexto escolar e o

seu papel como gerador de aprendizagens significativas fica cada vez mais evidente.

4. 4. METODOLOGIA

4.1. Área de Estudo

Tanto o ensino, quanto a aprendizagem dos conteúdos relacionados à Genética no ensino médio são grandes desafios, pois as formas tradicionais para o ensino do conteúdo “Equilíbrio de Hardy-Weinberg” e temas afins para o ensino médio são na maioria das vezes trabalhados com aulas expositivas, complementadas pelo professor no quadro negro, modelo que tem se mostrado ineficiente ao longo do tempo.

Os estudantes que precisam conectar habilidades de outras áreas do conhecimento, a esta nova demanda que se apresenta, pois o raciocínio lógico, a interpretação de enunciados, gráficos, tabelas, cálculos e dados estão sempre latentes no aprendizado deste componente curricular, o que provoca desânimo e dúvidas.

Aos professores, cabe a responsabilidade de tornar as aulas atrativas, leves e prazerosas, o que nem sempre é possível pela quantidade de tempo disponível e pela qualidade da formação em genética, recebida no nível acadêmico-universitário.

4.2. Métodos e técnicas de pesquisa

Devido as características apontadas para a área de estudo e pela escolha da pesquisa recair sobre a produção de jogos na área de ensino de Genética para o ensino médio, consideramos que este ensaio se enquadra num modelo de pesquisa qualitativa, pois não haverá levantamento e tabulação de dados numéricos.

Na pesquisa qualitativa, o cientista é ao mesmo tempo o sujeito e o objeto de suas pesquisas. (...) O objetivo da amostra é de produzir informações aprofundadas e ilustrativas: seja ela pequena ou grande, o que importa é que ela seja capaz de produzir novas informações (DESLAURIERS, 1991, p. 58, CITADO POR GEHARDT e SILVEIRA, 2009, p. 32)

Quanto à natureza pode-se apontar que é um produto que pode ser aplicado a qualquer escola básica de ensino médio do País (pesquisa aplicada); que para Gehardt e Silveira (2009, p.35) “ objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos ”.

Oliveira (2018) pondera que “o desenvolvimento de jogos deve levar em consideração três aspectos: custo, escopo e tempo”, sendo esta, portanto, uma estratégia de baixo custo, feita com materiais recicláveis e com grande capacidade de adaptação/ substituição por outros materiais; pode ser utilizada para compreensão de vários conceitos de Genética (escopo); pode ser adaptada a qualquer realidade (custo); de fácil aplicação e manejo (tempo).

Por se tratar de uma pesquisa na área de educação, não há como desprezar a pesquisa bibliográfica, porém seu foco principal recai sobre a Pesquisa-Ação defendida por Eiterer e Medeiros (2010) como um “tipo de trabalho investigativo que permite ao educador, orientado pela coleta de dados e pela literatura, realizar uma análise fundamentada de sua prática, avaliar e rever sua atuação, modificar os percursos, reavaliar, continuamente”.

Fonseca (2010, citado por Gehardt e Silveira, 2009, p. 32) pondera que “a reflexão sobre a prática implica em modificações no conhecimento do pesquisador”.

Neste mesmo sentido, o papel do professor-pesquisador (Silva, Silva, e Queiroz, 2015; Santos, 2011) e professor-reflexivo (Fontana e Fávero, 2013; Selingardi e Menezes, 2017; Rodrigues, 2016), se fortalece quando ao avaliar a sua prática, sobre ela reflete, e se modifica.

Durante a fase preparatória, de coleta de dados, foram feitos levantamentos bibliográficos e observações do comportamento dos estudantes, analisando o interesse e o envolvimento em relação ao conteúdo abordado, frente as mais diversas metodologias.

5. RESULTADOS

5.1. Modelo de representação do processo de geração de gametas por meiose

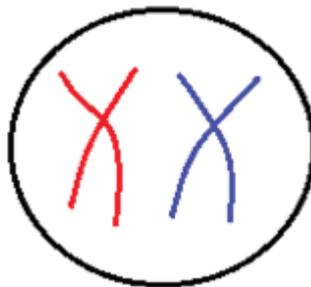
Após trabalhar os conceitos básicos da biologia celular, quando o aluno já consiga identificar os conceitos de meiose e formação de gametas, o professor poderá se utilizar deste jogo para reforçar tais conteúdos, bem como garantir a aprendizagem dos processos de variabilidade genética, genética de populações e genética mendeliana.

Partindo dos conceitos de divisão celular “meiose” para a geração de gametas, pode ser utilizada tampinha de garrafas para representar o núcleo das

células e com massinha de modelar de cores diferentes, fazer os cromossomos em sua fase diploide ($2n$) e depois repassar “metade” dessa informação para as células-filhas (novas tampinhas), formando gametas (n), estes gametas poderão se fundir gerando novos indivíduos ($2n$), FIGURA 1 – A,B e C.

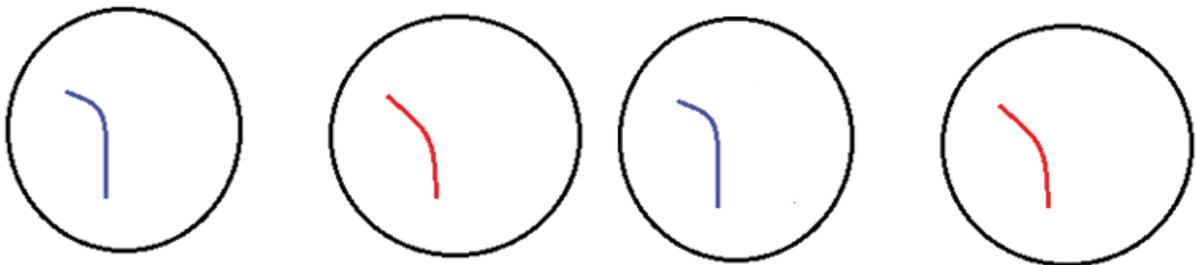
Para esta atividade, cada aluno precisará ter pelo menos 1 tampinha e a quantidade de massinha de modelar suficiente para moldar os cromossomos.

FIGURA 1A: MODELO DE CROMOSSOMOS EM SUA FASE DIPLÓIDE, COM CROMÁTIDES DUPLICADAS, SENDO O CROMOSSOMO EM VERMELHO PROVENIENTE DA MÃE E O EM AZUL DO PAI.



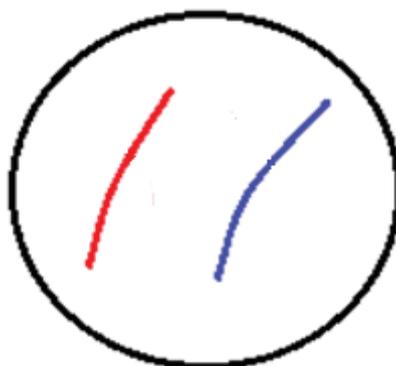
FONTE: O AUTOR (2019).

FIGURA 1B – MODELO DE CROMOSSOMOS DURANTE O PROCESSO DE DIVISÃO CELULAR (MEIOSE) – FORMAÇÃO DE GAMETAS.



FONTE: O AUTOR (2019).

FIGURA 1C – MODELO REPRESENTATIVO PARA O PROCESSO REPRODUTIVO OCORRIDO DEPOIS DA FECUNDAÇÃO – CÉLULAS DIPLÓIDES ($2n$).

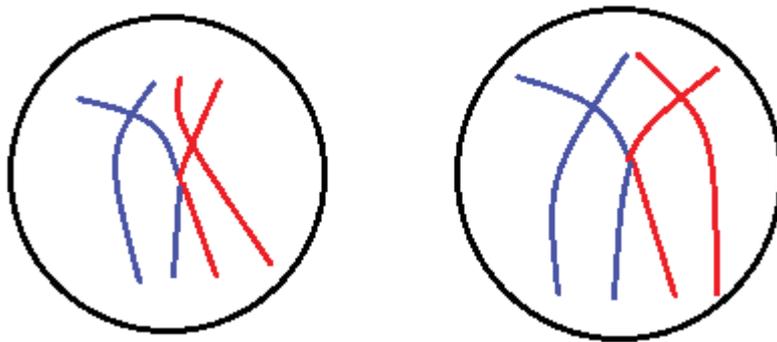


FONTE: O AUTOR (2019).

5.2. Modelo de representação do processo de geração de gametas com variabilidade genética (*Linkage e Crossing-over*).

Durante o processo de formação de gametas, na meiose, estes cromossomos podem estar ligados por suas cromátides homólogas (*linkage*), para demonstrar este mecanismo, o professor deverá solicitar aos alunos que construam com massinhas de modelar o modelo, conforme (FIGURA 2).

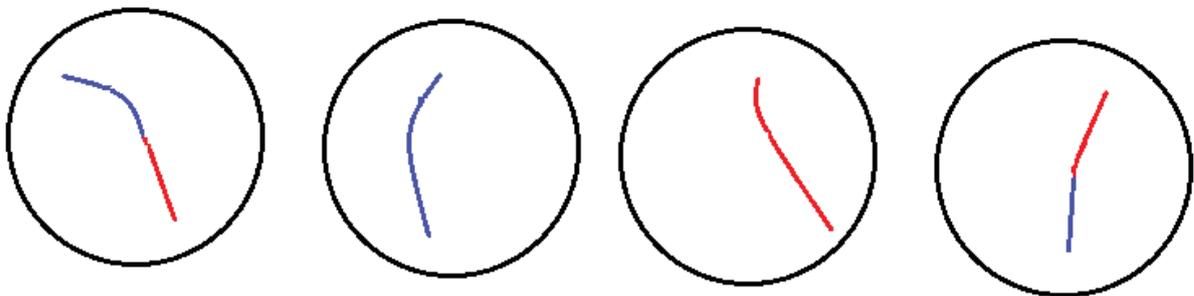
FIGURA 2 – CROMOSSOS EM LINKAGE



FONTE: O AUTOR (2019).

Este mecanismo poderá levar ao *Crossing-over* (troca) de alelos no par de homólogos, e poderá ser representado, conforme FIGURA 3. Esse mecanismo é muito interessante para que o aluno possa entender como se dá a variabilidade genética.

FIGURA 3 – GAMETAS FORMADOS POR CROSSING-OVER



FONTE: O AUTOR (2019).

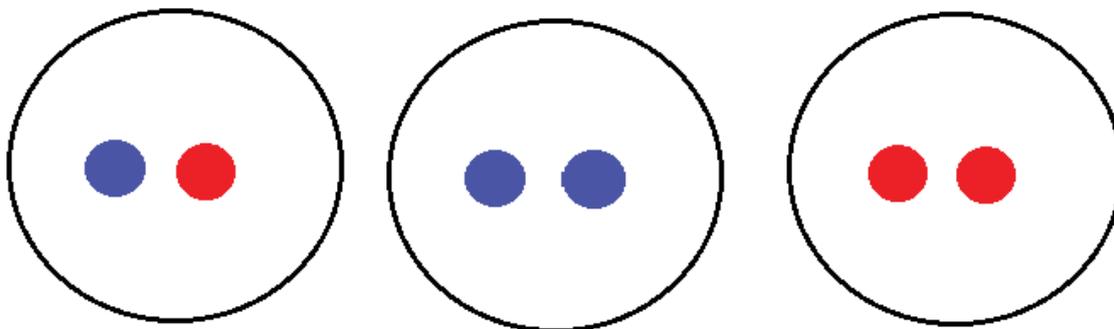
5.3. Modelo para aplicação em genética de populações (Equilíbrio de Hardy-Weinberg), consultar APÊNDICE II – REGRAS PARA APLICAÇÃO DO JOGO EM GENÉTICA DE POPULAÇÕES (EQUILÍBRIO DE HARDY-WEINBERG).

Após trabalhar os conceitos do equilíbrio de Hardy-Weinberg, o professor poderá propor este jogo para que os alunos possam entender os mecanismos de garantia do equilíbrio de Hardy-Weinberg para as transferências de alelos dentro de uma população.

Para isto, sugere-se que o professor use as mesmas tampinhas de garrafas PET, porém em quantidades de uma tampinha por aluno, ou seja, o número total de alunos igual ao de tampinhas na sala inteira, como isso teremos um bom número de “cruzamentos possíveis” para avaliar.

Os alelos da população serão definidos por contas de colares de duas cores diferentes, uma para o alelo dominante (A), outra para o seu recessivo (a), portanto em cada tampinha deve haver duas contas, conforme FIGURA 4.

FIGURA 4 – PARES DE ALELOS DISTRIBUÍDOS



FONTE: O AUTOR (2019).

Para que os alunos se familiarizem com a linguagem e entendam a atividade é interessante o professor definir as cores que representam cada alelo da população. Exemplo: conta azul = alelo dominante (A), conta vermelha = o alelo recessivo (a). Neste momento, o professor deve se atentar a retomar os conceitos de homozigose, heterozigose, caracteres dominantes e caracteres recessivos. Cada aluno deve receber uma tampinha com duas contas e anotar os alelos recebidos.

O professor deverá deixar claro que para um mesmo gene haverá alelos que estão em cromossomos diferentes do par de homólogos. Cada aluno terá 2 alelos,

que podem ser iguais ou diferentes e que produzirão gametas: 2 iguais ou 2 diferentes dependendo se forem homo ou heterozigotos, e que utilizarão apenas um gameta (aqui representado por alelo) que dará a característica ao novo indivíduo na nova rodada (geração), combinando os alelos.

Considerando que a sala é o limite da população estudada, o professor deve pedir para que todos falem a cor das contas recebidas e criar uma tabela na lousa com registro do número de alelos dominantes e recessivos da população inicial e deve orientar os alunos a andarem pela sala em movimentos aleatórios e ao seu comando, fazer uma troca de uma de suas contas com um de seus colegas, sentar-se, anotar as cores que possui e o professor registra na lousa.

O professor pode pedir para que os alunos façam cinco rodadas, anotar todas na lousa e pedir para que os alunos registrem em seus cadernos os resultados obtidos.

Cada rodada representa que houve a formação de gametas, e que ao trocarem alelos estão trocando material genético, estes estão nos gametas que formarão a próxima geração (rodada), conforme a simulação na TABELA 1.

A cada rodada, o professor recolhe as contas e redistribui aos alunos, explicando que agora se trata de uma nova geração e prossegue com o jogo.

Na aula seguinte o professor pode explorar o equilíbrio de Hardy-Weinberg, mostrando ao aluno que o equilíbrio da frequência genotípica da população deve ser calculado a cada rodada/geração.

Para calcular as frequências alélicas e para saber se a população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg, usam-se os critérios abaixo:

$$F (AA) = p^2$$

$$F (Aa) = 2pq$$

$$F (aa) = q^2$$

TABELA 1 – SIMULAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS GENOTÍPICAS EM 3 RODADAS

RODADA	ALUNO	ALELOS RECEBIDOS	f(A)	f(a)	Equilíbrio de Hardy-Weinberg ($p^2 + 2pq + q^2 = 1$)
1ª	Aluno 1	AA	2	0	<p>p=0,5</p> <p>p+q=1</p> <p>0,5+q=1</p> <p>q=0,5</p> <p>($p^2 + 2pq + q^2 = 1$)</p> <p>0,4+0,2+0,4=1</p> <p>1=1</p> <p>Hipótese nula: A população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg</p>
	Aluno 2	aa	0	2	
	Aluno 3	AA	2	0	
	Aluno 4	aa	0	2	
	Aluno 5	aa	0	2	
	Aluno 6	AA	2	0	
	Aluno 7	aa	0	2	
	Aluno 8	Aa	1	1	
	Aluno 9	AA	2	0	
	Aluno 10	Aa	1	1	
	Aluno 11	AA	2	0	
	Aluno 12	aa	0	2	
	Aluno 13	AA	2	0	
	Aluno 14	aa	0	2	
	Aluno 15	Aa	1	1	
	Aluno 16	AA	2	0	
	Aluno 17	aa	0	2	
	Aluno 18	Aa	1	1	
	Aluno 19	AA	2	0	
	Aluno 20	aa	0	2	

TABELA 1 – SIMULAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS GENOTÍPICAS EM 3 RODADAS

(Continuação)

RODADA	ALUNO	ALELOS RECEBIDOS	f(A)	f(a)	Equilíbrio de Hardy- Weinberg ($p^2 + 2pq + q^2 = 1$)
2 ^a	Aluno 1	aa	0	2	<p>p=0,5</p> <p>p+q=1 0,5+q=1 q=0,5</p> <p>($p^2 + 2pq + q^2 = 1$) 0,4+0,2+0,4=1 1=1</p> <p>Hipótese nula: A população está em equilíbrio de Hardy- Weinberg</p>
	Aluno 2	Aa	1	1	
	Aluno 3	AA	2	0	
	Aluno 4	aa	0	2	
	Aluno 5	Aa	1	1	
	Aluno 6	AA	2	0	
	Aluno 7	aa	0	2	
	Aluno 8	AA	2	0	
	Aluno 9	aa	0	2	
	Aluno 10	Aa	1	1	
	Aluno 11	AA	2	0	
	Aluno 12	Aa	1	1	
	Aluno 13	AA	2	0	
	Aluno 14	aa	0	2	
	Aluno 15	AA	2	0	
	Aluno 16	AA	2	0	
	Aluno 17	aa	0	2	
	Aluno 18	AA	2	0	
	Aluno 19	aa	0	2	
	Aluno 20	aa	0	2	

TABELA 1 – SIMULAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS GENOTÍPICAS EM 3 RODADAS

(Continuação)

RODADA	ALUNO	ALELOS RECEBIDOS	f(A)	f(a)	Equilíbrio de Hardy- Weinberg ($p^2 + 2pq + q^2 = 1$)
3 ^a	Aluno 1	aa	0	2	<p>p=0,5</p> <p>p+q=1</p> <p>0,5+q=1</p> <p>q=0,5</p> <p>($p^2 + 2pq + q^2 = 1$)</p> <p>0,4+0,2+0,4=1</p> <p>1=1</p> <p>Hipótese nula: A população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg</p>
	Aluno 2	AA	2	0	
	Aluno 3	aa	0	2	
	Aluno 4	Aa	1	1	
	Aluno 5	AA	2	0	
	Aluno 6	Aa	1	1	
	Aluno 7	AA	2	0	
	Aluno 8	aa	0	2	
	Aluno 9	AA	2	0	
	Aluno 10	AA	2	0	
	Aluno 11	aa	0	2	
	Aluno 12	aa	0	2	
	Aluno 13	Aa	1	1	
	Aluno 14	AA	2	0	
	Aluno 15	aa	0	2	
	Aluno 16	Aa	1	1	
	Aluno 17	AA	2	0	
	Aluno 18	AA	2	0	
	Aluno 19	aa	0	2	
	Aluno 20	aa	0	2	

Para verificarmos se a população está em Equilíbrio de Hardy-Weinberg é necessário fazer o Teste do Qui-quadrado (X^2). E para tanto, utilizaremos uma tabela de distribuição do Qui-quadrado (Tabela 2) e o cálculo dos graus de liberdade (GL) de cada geração analisada, que é equivalente ao número de fenótipos menos o número de alelos.

TABELA 2 – DISTRIBUIÇÃO DO QUI-QUADRADO

G.L./P	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	0,05	0,01
1	0,016	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	6,635
2	0,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	9,21
3	0,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	11,345
4	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	13,27
5	1,61	2,343	3	4,351	6,064	7,289	9,236	11,07	15,08

TABELA 3 – CÁLCULO DO QUI-QUADRADO PARA A RODADA 1

RODADA 1 GENÓTIPOS	OBSERVADO (O)	ESPERADO (E)	(O – E)	(O – E) ² / E
AA	8	5	3	1,8
Aa	4	10	-6	3,6
aa	8	5	3	1,8
Total	20	20		Total X ² = 6,4

GL = 3 – 2 = 1 grau de liberdade

Ao verificarmos na tabela 2, o valor total do Qui-quadrado calculado – 6,4 - , está abaixo do nível de significância de 5%, que é igual a 3,85 para um grau de liberdade, assim a hipótese nula de que a população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg não é rejeitada.

O professor também pode incrementar esta proposta, mostrando outras possibilidades de se discutir os assuntos relacionados à Genética de uma forma lúdica e fácil. Uma possibilidade para uma das rodadas, seria introduzir um alelo mutante (A'). Um ou 2 alunos, trocarão um dos alelos por outro, de outra cor, provocando alteração na frequência alélica. Ou simular que os indivíduos homozigotos recessivos morreram e não deixam descendentes (deriva), e verificar como fica a outra geração, TABELA 4.

TABELA 4 – SIMULAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS GENOTÍPICAS 1 RODADA COM UM ALELO MUTANTE A'.

RODADA	ALUNO	ALELOS RECEBIDOS	f(A)	f(a)	f(A')	Equilíbrio de Hardy-Weinberg ($p^2 + 2pq + q^2 = 1$)	
1ª	Aluno 1	AA'	1	0	1	Agora temos um alelo mutante A' que altera as frequências alélicas e genotípicas. Dois alelos recessivos foram substituídos por um alelo mutante A'	
	Aluno 2	AA	2	0	0		
	Aluno 3	aa	0	2	0		
	Aluno 4	AA	2	0	0		
	Aluno 5	aa	0	2	0		
	Aluno 6	Aa	1	1	0		
	Aluno 7	AA	2	0	0		
	Aluno 8	aa	0	2	0		
	Aluno 9	Aa	1	1	0		Temos então as seguintes frequências alélicas: p=0,5 q=0,45 r= 0,05 p+q+r=1 E a frequência Genotípica: $p^2 + 2pq + 2pr + q^2 + 2qr + r^2 = 1$ 0,4+0,15+0,05+0,35+0,05+
	Aluno 10	AA	2	0	0		
	Aluno 11	aa	2	0	0		
	Auno 12	AA	2	0	0		
	Aluno 13	A'a	0	1	1		
	Aluno 14	AA	2	0	0		
	Aluno 15	aa	0	2	0		
	Aluno 16	aa	0	2	0		
	Aluno 17	AA	2	0	0		
	Aluno 18	aa	0	2	0		
	Aluno 19	Aa	1	1	0		
	Aluno 20	AA	2	0	0		

FORTE: O AUTOR (2019).

Para o cálculo destas frequências foram considerados os dados, conforme TABELA 5 – FREQUÊNCIAS GENOTÍPICAS 1 RODADA COM UM ALELO MUTANTE A'

TABELA 5 – FREQUÊNCIAS GENOTÍPICAS 1 RODADA COM UM ALELO MUTANTE A'

GENÓTIPO	NÚMERO DE INDIVÍDUOS	FREQUÊNCIA PERCENTUAL DE ALELOS
p ² (AA)	8	0,4
2pq (Aa)	3	0,15
q ² (aa)	7	0,35
2qr (A'a)	1	0,05
r ² (A'A')	0	0
2pr (A'A)	1	0,05

FONTE: O AUTOR (2019).

TABELA 6 – CÁLCULO DO QUI-QUADRADO PARA A RODADA COM MUTAÇÃO

RODADA GENÓTIPOS	OBSERVADO (O)	ESPERADO (E)	(O - E)	(O - E) ² / E
AA'	1	1	0	0
AA	8	5	3	1,8
aa	7	4,05	3,05	2,15
Aa	3	9	-6	4
A'a	1	0,9	0,1	0,011
A' A'	0	0,05	-0,05	0,05
Total	20	20		Total X ² = 8,01

FONTE: O AUTOR (2019).

GL = 5 - 3 = 2 graus de liberdade

Ao verificarmos na tabela 6, o valor total do Qui-quadrado calculado - 8,01 -, está acima do nível de significância de 5%, que é igual a 5,991 para dois graus de liberdade, assim a hipótese nula de que a população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg é rejeitada.

Importante ressaltar aqui, que ocorrendo uma mutação aleatória, a população sai do equilíbrio, pois uma das premissas do Equilíbrio de Hardy-Weinberg foi quebrada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de genética no nível médio é envolto por um grande paradoxo, de um lado o grande desejo e entusiasmo dos alunos em aprender um conteúdo bastante instigante, por outro lado, as dificuldades relacionadas ao domínio dos assuntos pelos professores, aliado a outros problemas apresentados neste estudos, como: a qualidade do material didático, o uso de metodologias tradicionais e a falta de contextualização do aprendizado permite que as aulas sejam superficiais e não favorecem o envolvimento do aluno, e conseqüentemente gera desmotivação e falta de aprendizado.

A apresentação de uma metodologia alternativa de baixo custo, como ferramenta auxiliar do aprendizado, permite que o professor explore alguns conceitos de forma muito simples e de fácil entendimento e envolvimento do aluno.

Sendo assim, consideramos pertinente o uso deste jogo, como uma ferramenta relevante para a difusão da Genética, bem como para a absorção e aprendizagem de conteúdos que demandam grande complexidade para os estudantes do ensino médio.

REFERÊNCIAS

ALVES, L., & BIANCHIN, M. A. (2010). O JOGO COMO RECURSO DE APRENDIZAGEM. *Revista Psicopedagogia*.

ARAUJO, A. B., & GUSMÃO, F. A. (2017). AS PRINCIPAIS DIFICULDADES ENCONTRADAS NO ENSINO DE GENÉTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA BRASILEIRA.

BIÓLOGO. (03 de Setembro de 2019). *Biologia Molecular*. Fonte: <https://biologo.com.br/bio/biologia-molecular/>

BORGES, C. K., & DA SILVA, C. C. (2017). AS DIFICULDADES E OS DESAFIOS SOBRE A APRENDIZAGEM DAS LEIS DE MENDEL ENFRENTADOS POR ALUNOS DO ENSINO MÉDIO. *Experiências em Ensino de Ciências*.

BRASIL ESCOLA. (03 de setembro de 2019). *O que são alelos*. Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-alelo.htm>

CÉLULAS DIPLOIDES E HAPLOIDES. (03 de setembro de 2019). *Qual a diferença entre células diploides e haploides?* Fonte: Ciências: <https://www.diferenca.com/celulas-diploides-e-haploides/>

EITERER, C. L., & MEDEIROS, Z. (2010). METODOLOGIA DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO. Belo Horizonte, MG, Brasil.

ESCOLA, B. (2 de setembro de 2019). *CROMOSSOMOS HOMÓLOGOS*. Fonte: Brasil Escola: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/biologia/cromossomos-homologos>

FERREIRA, C. P., PAIVA, R., JUNGER, T., TAVARES, C., GOLDBACH, T., & MERHY, T. S. (3 a 6 de junho de 2017). Brincando com a dificuldade do ensino da genética. *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 11.

FILHO, R. D., ALLE, L. F., & LEME, D. M. (2018). DIAGNOSTICANDO DIFICULDADES NO PROCESSO DE ENSINO/APRENDIZAGEM DE GENÉTICA NAS ESCOLAS E UNIVERSIDADES. V CONEDU - Congresso Nacional de Educação. Olinda - PE.

FONSECA, K. (3 de setembro de 2019). *Meiose*. Fonte: Mundo Educação: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/meiose.htm>

FONTANA, M. J., & FÁVERO, A. (janeiro a junho de 2013). PROFESSOR REFLEXIVO: UMA INTEGRAÇÃO ENTRE TEORIA E PRÁTICA. *Revista de Educação do IDEAU*.

GEHARDT, T. E., & SILVEIRA, D. T. (2009). *Metodos de Pesquisa*. Porto Alegre, RS, Brasil.

LEITE, P. N. (Abril de 2010). Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de Ciências e Biologia. *Ciências & Cognição*.

MAGALHÃES, L. (3 de setembro de 2019). *Mutação*. Fonte: Toda Matéria: <https://www.todamateria.com.br/mutacao/>

MELDAU, D. C. (3 de setembro de 2019). *Crossing-over*. Fonte: Info Escola: <https://www.infoescola.com/genetica/crossing-over/>

OLIVEIRA, F. N. (31 de agosto de 2018). *Metodologias para Desenvolvimento de Jogos*. Fonte: Fabrica de Jogos: <https://www.fabricadejogos.net/posts/metodologias-para-desenvolvimento-de-jogos/>

OLIVEIRA, H. T., FERREIRA, K. E., & RIBEIRO, P. A. (jan/ junho de 2017). METODOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA O ENSINO DE GENÉTICA EM UM CURSO DE LICENCIATURA: um estudo em uma universidade pública de Minas Gerais. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, pp. p. 497-507.

OLIVEIRA, H. T., FERREIRA, K. E., RIBEIRO, P. A., ROCHA, M. L., COSTA, F. J., & MARTINS, É. M. (jan/ jun de 2017). METODOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA O ENSINO DE GENÉTICA EM UM CURSO DE LICENCIATURA: um estudo em uma universidade pública de Minas Gerais. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, pp. 497-507.

OLIVEIRA, N. C., SERAFIM, N. T., TEIXEIRA, M. R., & FALONE, S. Z. (2016). *A PRODUÇÃO DE JOGOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA: CONTRIBUIÇÕES E PERSPECTIVAS*. Fonte: Instituto Federal de Goiás: www.ifgoiano.br/periodicos

RODRIGUES, D. S. (2016). O professor reflexivo. Campina Grande, PB, Brasil.

SANTOS, S. C. (novembro de 2011). *PROFESSOR PESQUISADOR EM ENSINO DE CIÊNCIAS*. Fonte: Saulo Seiffert - Ciência - Educação: <http://saulouseiffert-ciencia-tic-educacao.blogspot.com/2011/11/professor-pesquisador-em-ensino-de.html>

SANTOS, V. D. (3 de setembro de 2019). *Homozigoto e heterozigoto*. Fonte: Brasil Escola: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/homozigoto-heterozigoto.htm>

SANTOS, V. S. (3 de setembro de 2019). *Deriva Genética*. Fonte: Mundo Educação: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/deriva-genetica.htm>

Santos, V. S. (3 de setembro de 2019). *Equilíbrio De Hardy-Weinberg*. Fonte: Mundo Educação: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/equilibrio-hardyweinberg.htm>

SANTOS, V. S. (2 de setembro de 2019). *Linkage*. Fonte: Mundo Educação: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/linkage.htm>

SEADE, F. (2018). Território e População. São Paulo, SP, Brasil.

SELINGARDI, G., & MENEZES, M. (2017). Compreendendo o que é ser um professor reflexivo ante a ação pedagógica. *ACTIO: Docência de Ciências*.

SILVA, F. G., SILVA, E., & QUEIROZ, J. (2015). A IMPORTÂNCIA DO PROFESSOR PESQUISADOR. II CONEDU - Congresso Nacional de Educação. Campina Grande-PB.

SILVA, V. D. (2018). *Proposta de um modelo para acompanhamento da aprendizagem significativa por meio de mapas conceituais*. Fonte: <http://tede.mackenzie.br/jspui/bitstream/tede/3662/5/VAGNER%20DA%20SILVA.pdf>

SÓ BIOLOGIA. (3 de setembro de 2019). *Divisão Celular*. Fonte: Só Biologia: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/Celula3.php>

SOUSA, N. (2003). PROCESSOS GENÉTICO-EVOLUTIVOS E OS RECURSOS FITOGENÉTICOS. Lavras, MG, Brasil.

YAMAZAKI, S. C., & YAMAZAKI, R. M. (2006). SOBRE O USO DE METODOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA ENSINO/APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS. *Educação e Diversidade na Sociedade Contemporânea*.

APÊNDICE I – GLOSSÁRIO

ALELOS - Os alelos são as formas alternativas de um determinado gene e ocupam um mesmo loco em cromossomos homólogos. Quando nos referimos a loco, estamos falando da posição do gene no cromossomo; quando falamos em cromossomos homólogos, referimo-nos a cromossomos que possuem genes para a mesma característica. (BRASIL ESCOLA, 2019).

BIOLOGIA MOLECULAR – O estudo da Biologia em nível molecular, com especial foco no estudo da estrutura e função do material genético e seus produtos de expressão, as proteínas. Investiga as interações entre os diversos sistemas celulares, incluindo a relação entre DNA, RNA e síntese proteica. (BIÓLOGO, 2019).

CÉLULAS DIPLOIDES - Células diploides são as que contêm dois conjuntos completos de cromossomos ($2n$). (CÉLULAS DIPLOIDES E HAPLOIDES, 2019).

Células haploides - As células haploides contêm apenas um conjunto completo de cromossomas, ou seja, metade do número de cromossomos (n). (CÉLULAS DIPLOIDES E HAPLOIDES, 2019).

CROSSING-OVER - Também chamado de sobre cruzamento, trata-se de um tipo de recombinação gênica.

A recombinação gênica ocorre durante o processo de meiose, que consiste em um tipo de divisão celular que acontece na fase de formação dos gametas tanto femininos quanto masculinos (óvulos e espermatozoides, respectivamente), conferindo a eles o número correto de cromossomos. (MELDAU, 2019).

DERIVA - A deriva genética é um dos mecanismos básicos da evolução, juntamente à seleção natural, migração e às mutações. Esse mecanismo, importante principalmente em pequenas populações, pode ser definido como uma mudança das frequências alélicas que ocorre de forma totalmente aleatória. Apesar de também

afetar a composição genética de uma população, ela se diferencia da seleção natural por não produzir adaptações. (SANTOS, 2019).

DIVISÃO CELULAR - As células são originadas a partir de outras células que se dividem. A divisão celular é comandada pelo núcleo da célula.

Ocorrem no nosso corpo dois tipos de divisão celular: a mitose e a meiose.

Antes de uma célula se dividir, formando duas novas células, os cromossomos se duplicam no núcleo. Formam-se dois novos núcleos cada um com 46 cromossomos. A célula então divide o seu citoplasma em dois com cada parte contendo um núcleo com 46 cromossomos no núcleo. Esse tipo de divisão celular, em que uma célula origina duas células-filhas com o mesmo número de cromossomos existentes na célula mãe, é chamado de mitose. (SÓ BIOLOGIA, 2019).

EQUILÍBRIO DE HARDY-WEINBERG – A lei do equilíbrio de Hardy-Weinberg é uma importante forma de verificar se a seleção natural ou outros fatores evolutivos estão influenciando uma determinada população. Por meio da equação de Hardy-Weinberg, podemos determinar a configuração genética de uma população que não está sofrendo evolução. A partir dessa análise, podemos comparar os dados com as informações reais da população e, desse modo, perceber se há ou não evolução. (SANTOS, 2019).

FREQUÊNCIAS GENOTÍPICAS – Refere-se às frequências de determinados alelos que condicionam caracteres específicos.

HETEROZIGOTOS - Diferentemente dos indivíduos homozigotos, os heterozigotos produzem gametas diferentes. Ainda analisando o exemplo, teríamos gametas A e gametas a. (SANTOS, 2019).

HOMÓLOGOS - são os pares de cromossomos herdados do pai e da mãe que possuem informações genéticas semelhantes, assim como comprimento, estrutura, quantidade, localização de genes e centrômeros também similares. (Escola, 2019). Outra característica dos cromossomos homólogos é que são encontrados em células diploides (2n) e apesar das semelhanças, são originados de alelos diferentes. Os genes ocupam o mesmo locus gênico e estão relacionados à determinação das características dos seres vivos.

HOMOZIGOTOS - QUANDO dizemos que um indivíduo é homozigoto para determinada característica, estamos dizendo que ele possui dois alelos iguais para aquele caráter. Como cada célula possui dois alelos iguais, todos os gametas de um indivíduo homozigoto são iguais. (SANTOS, 2019).

LINKAGE - Dizemos que um gene está em linkage ou ligação gênica quando ele está em um mesmo cromossomo e não se segrega de forma independente no momento da formação de um gameta. (SANTOS, 2019).

MEIOSE - A meiose (sigla = R!) é um processo de divisão celular pelo qual uma célula diploide ($2N$) origina quatro células haploides (N), reduzindo à metade o número de cromossomos constante de uma espécie. (FONSECA, 2019).

MUTAÇÃO - A mutação pode ser definida como qualquer alteração no material genético de um organismo.

Essa alteração pode ocasionar uma mudança correspondente no fenótipo do indivíduo.

As mutações podem ocorrer de forma espontânea ou de forma induzida. (MAGALHÃES, 2019).

VARIABILIDADE GENÉTICA - A variabilidade genética é resultado da quantidade de locos e alelos envolvidos na expressão de um determinado caráter numa população da mesma espécie. Dos eventos genéticos que modificam a variação original, o único que realmente gera diferenças entre indivíduos descendentes é a mutação. (SOUSA, 2003).

APÊNDICE II – REGRAS PARA APLICAÇÃO DO JOGO EM GENÉTICA DE POPULAÇÕES (EQUILÍBRIO DE HARDY-WEINBERG).

Ao trabalhar os conteúdos de Genética de Populações – Equilíbrio de Hardy-Weinberg, o professor precisa deixar claro as condições necessárias para que uma população possa permanecer em equilíbrio, são elas:

1. **Ausência de seleção natural:** para que uma população esteja em equilíbrio de Hardy-Weinberg, é necessário que a seleção natural não esteja atuando nela. Caso haja atuação da seleção natural, alguns genótipos serão selecionados, modificando as frequências alélicas da população.

2. **Ausência de mutações:** mutações alteram o total de alelos presentes em uma população (*pool* gênico). Logo, em uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, não ocorrem mutações.

3. **Ausência de fluxo gênico:** quando há fluxo gênico, alguns genes podem ser incluídos ou excluídos da população. Desse modo, em uma situação de equilíbrio, não ocorre fluxo gênico.

4. **População grande:** para que uma população esteja em equilíbrio, é importante que ela seja grande, pois populações pequenas favorecem a **deriva genética** (flutuações não previstas nas frequências alélicas de uma geração para outra).

5. **Mesmo número de machos e fêmeas na população.**

6. **Todos os casais deverão ser férteis e gerar o mesmo número de filhotes.**

7. **Cruzamentos ao acaso:** para que ocorra o equilíbrio de Hardy-Weinberg, é necessário que os cruzamentos aconteçam de maneira aleatória, sem que ocorra preferência por determinados grupos dentro da população. Nesse caso, dizemos que a população está em **panmixia**, ou seja, todos acasalam-se de maneira aleatória.

Após a definição destes conceitos, o professor pode aplicar o jogo para que o aluno possa melhor compreender este conteúdo.

Número de aulas: 3 aulas, considerando uma para definição dos conceitos, 01 para o jogo e uma para discutir os resultados do jogo e dirimir dúvidas existentes.

Materiais necessários: a quantidade de tampinhas de garrafa PET deve ser igual ao número de alunos na sala.

Preparo pré-jogo: sendo o número de tampinhas, o número de alunos da sala, o professor deve se atentar a distribuir as contas que representarão os alelos nas quantidades em que possa demonstrar a condição de equilíbrio das frequências alélicas na população.

As frequências alélicas de A e a serão iguais a 50%.

O professor precisa definir as cores das contas que representarão cada alelo, sendo necessário o uso de cores diferentes de contas, uma para o alelo dominante (AA), uma para o alelo recessivos (aa).

Durante o jogo: o professor precisa deixar bem claras as regras do jogo, pedir para que os alunos anotem em uma folha as contas recebidas na primeira rodada e se possível, entregar uma folha com uma tabela para facilitar os registros das frequências alélicas, como modelo **APÊNDICE III – MODELO DE TABELA PARA ANOTAR AS FREQUÊNCIAS ALÉLICAS – ALUNO.**

Ao distribuir as contas, deixar claro que todos estão recebendo as cores e que cada conta representa um alelo. Todos devem receber duas contas. Neste momento é importante retomar os conceitos de homocigotos e heterocigotos, dominantes e recessivos, alelos, par de alelos e o que cada um desses conceitos influenciam na condição genética de cada caractere estudado.

Após anotadas as combinações das contas recebidas, o professor deve explicar que esta é a geração 1 e anota na lousa as frequências genotípicas da sala toda, conforme **APÊNDICE IV – MODELO DE TABELA PARA ANOTAR AS FREQUÊNCIAS GENOTÍPICAS NA LOUSA - PROFESSOR**

O professor pede que todos devem circular pela sala e ao seu comando, trocar uma de suas contas com o colega ao lado. Neste momento, é importante ressaltar que as condições estudadas do equilíbrio de Hardy-Weindberg foram mantidas.

Todos devem sentar e anotar os genótipos das contas que possuem agora e o professor conta novamente as frequências alélicas do grupo e anota na tabela e assim segue-se as próximas rodadas.

A cada rodada, o professor deve calcular o Qui-quadrado para a Hipótese Nula, para demonstra se há ou não o equilíbrio de Hardy-Weindberg, sendo utilizado os cálculos da TABELA 3 – CÁLCULO DO QUI-QUADRADO PARA A RODADA 1 e da TABELA 6 – CÁLCULO DO QUI-QUADRADO PARA A RODADA COM MUTAÇÃO.

O aluno irá perceber que não se alterando as frequências alélicas, a população se mante em equilíbrio.

Aula pós-jogo: na aula subsequente, o professor deve retomar os conceitos do jogo, bem como discutir os resultados, mostrando os alunos os fatores que influenciam na manutenção do equilíbrio de Hardy-Weindberg.

**APÊNDICE V – MODELO DE TABELA O CÁLCULO DO QUI-QUADRADO POR
RODADA**

RODADA 1 GENÓTIPOS	OBSERVADO (O)	ESPERADO (E)	(O – E)	(O – E)² / E
AA				
Aa				
aa				
Total				Total X ² =