



**INSTITUTO
FEDERAL**

Alagoas

**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS MACEIÓ
CURSO SUPERIOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

ESTER DOS SANTOS ALVES XAVIER

**GAMIFICAÇÃO EM SALA DE AULA:
GENECRUZING - SEGUNDA LEI DE MENDEL E QUADRO DE PUNNETT NO
LANÇAMENTO DOS DADOS**

**MACEIÓ, AL
2024**

ESTER DOS SANTOS ALVES XAVIER

GAMIFICAÇÃO EM SALA DE AULA:
GENECRUZING - SEGUNDA LEI DE MENDEL E QUADRO DE PUNNETT NO LANCE
DOS DADOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de graduação em
Licenciatura de Ciências Biológicas do
Instituto Federal de Alagoas, *Campus*
Maceió, como requisito parcial para a
obtenção do grau de Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Ebenézer Bernardes
Correia Silva
Coorientadora: Prof.^a Maria Luzenita
Wagner Mallmann

MACEIÓ, AL
2024



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Maceió
Biblioteca Benevides Monte

576.5

X3g

Xavier, Ester dos Santos Alves.

Gamificação em sala de aula [recurso eletrônico] : GeneCruzing – Segunda Lei de Mendel e Quadro de Punnet no lance dos dados / Ester dos Santos Alves Xavier. – Dados eletrônicos (1 pdf : 5,91 MB). – 2024.

Trabalho com 61 f.

Inclui figuras (coloridas e preto e branco).

Inclui referências, anexos e apêndices.

Orientação: Prof. Dr. Ebenézer Bernardes Correia Silva.

Coorientação: Profa. Maria Luzenita Wagner Mallmann.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Maceió*, Maceió, 2024.

1. Ciências Biológicas. 2. Genética – Ensino-aprendizagem. 3. Jogos educativos. 4. Gamificação. 5. Lei de Mendel. 6. Quadro de Punnet. I. Título.

Franciane Monick Gomes de França
Bibliotecária – CRB 4/1831

ESTER DOS SANTOS ALVES XAVIER

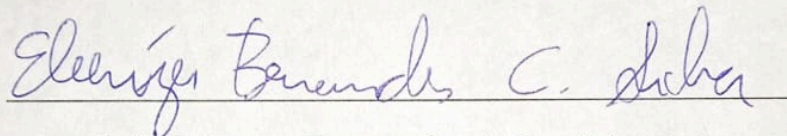
GAMIFICAÇÃO EM SALA DE AULA:

GENECRUZING - SEGUNDA LEI DE MENDEL E QUADRO DE PUNNETT NO LANCE DOS DADOS

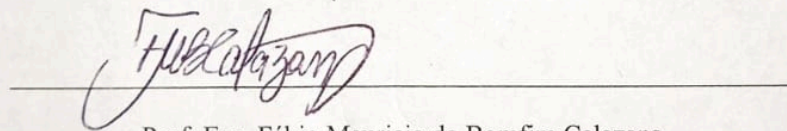
Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Alagoas - IFAL, *Campus* Maceió, como requisito para obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Aprovado em 31 de Julho de 2024.

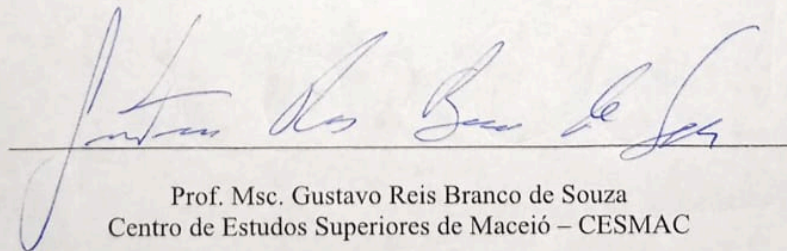
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ebenézer Bernardes Correia Silva (Orientador)
Instituto Federal de Alagoas – IFAL



Prof. Esp. Fábio Mauricio do Bomfim Calazans
Instituto Federal de Alagoas – IFAL



Prof. Msc. Gustavo Reis Branco de Souza
Centro de Estudos Superiores de Maceió – CESMAC

AGRADECIMENTOS

Dando graças constantemente a Deus Pai por todas as coisas, em nome de nosso Senhor Jesus Cristo. Efésios 5:20.

Quero agradecer primeiramente a Deus, pela rica oportunidade que me concedeu para conclusão deste curso.

Durante todo o processo deste trabalho tive apoio de diversas pessoas pelas quais se tornaram importantes e devem ser lembradas, cada um com seu jeito, contribuiu e garantiu toda força possível para essa realização e sou imensamente grata.

E dedico as minhas singelas palavras:

Ao Instituto Federal de Alagoas por todo suporte educacional e pelo espaço acolhedor com profissionais competentes, registrando assim muitas experiências vividas para minha formação que levarei para vida profissional.

Externo minha gratidão ao Professor Ebenézer Bernardes Correia Silva, por toda paciência, cooperação, orientação e todo apoio que me conduziu ao fim desta etapa, além do incentivo durante todo o processo.

Aos meus amigos de curso, meu sincero agradecimento pela companhia, afeto e colaboração que foi o combustível fundamental para chegar até aqui.

Aos meus pais, minha mãe Rosilene, que é um grande exemplo de esforço e dedicação, que proporcionou para mim muitos ensinamentos sobre a vida e sobre a carreira universitária. Ao meu pai Joab, que sempre esteve à disposição em me ajudar, pelas buscas de volta para casa depois da faculdade e aos meus familiares que me amam e me apoiaram em todos os momentos.

A minha querida bisavó Pureza, que acreditou que todo esse trabalho escrito era uma carta que iria enviar para alguém, obrigada por me fazer rir no momento que eu escrevia.

Ao Alisson, que esteve comigo em todos os momentos e me ajudou com palavras de apoio e coragem, minha gratidão por acreditar em mim e me fazer confiar que chegaria até o fim.

RESUMO

A evidência da hereditariedade, que culminou na formação da Genética, foi iniciada a partir dos experimentos realizados com ervilhas por Gregor Mendel no século XIX, através de duas leis, conhecidas como Leis de Mendel. Apesar da relevância dos dados, eles só foram aceitos pela comunidade científica no século XX, no que foi chamado de Redescobertas de Mendel. Reginald Punnett foi cientista nesse período, e propôs um diagrama para auxiliar na resolução dos cruzamentos. A forma didática de separar os gametas parentais e juntá-los na fecundação o tornou muito utilizado. O Quadro de Punnett, como ficou conhecido, é um conteúdo básico dentro da genética, abordado no ensino fundamental, médio e superior. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo produzir, aplicar e avaliar o jogo GeneCruzing sobre Herança Mendeliana e Quadro de Punnett no Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Maceió, no ensino médio e na disciplina de Genética Geral do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. O jogo foi construído com materiais de baixo custo: Dois dados, um com genótipos AA (1 face), Aa (3 faces) e aa (2 faces), e o outro BB (1 face), Bb (3 faces) e bb (2 faces), de papelão e emborrachado (E.V.A.) com 30 cm²; Quatro quadros de Punnett de cores diferentes (verde, amarelo, azul e vermelho) de emborrachado com 40 x 47,5 cm; Cartas de gametas em papel AB, Ab, aB e ab, com 7 x 8,5 cm; Cartas de genótipo em papel 1 AABB, 2 AABb, 1 AAAb, 2 AaBB, 4 AaBb, 2 Aabb, 1 aaBB, 2 aaBb, 1 aabb, com 3,5 x 10 cm; 10 questões com cruzamentos mendelianos de segunda lei. Antes e depois do jogo foi preenchido um questionário sobre o tema. A sala foi dividida em até quatro equipes, e cada uma recebeu um quadro de Punnett, cartas de gametas, cartas de genótipos, uma questão e um cronômetro. Cada equipe jogou o dado duas vezes para os genótipos parentais e depois iniciou a marcação do cronômetro. O quadro era preenchido, a questão respondida e parava-se o cronômetro para avaliação do mediador. Quando certa, nova questão era entregue e os dados novamente lançados. Sendo vencedora a equipe que concluiu o maior número de questões em menor tempo. Os alunos foram motivados e engajados com o GeneCruzing. Em aproximadamente 10 minutos eram resolvidas 4 questões. O questionário respondido antes, com média de 10% de acerto, subiu depois do jogo para 60 % de acerto, evidenciando a melhoria do aprendizado. Neste sentido, o jogo GeneCruzing destaca-se como uma alternativa de ensino com uma ferramenta educativa e lúdica, proporcionando melhor assimilação sobre conceitos básicos de genética, e principalmente os cruzamentos nas perspectivas de Leis de Mendel.

Palavras-chave: Jogos educativos. Atividade lúdica. Ensino-aprendizagem em Genética. Herança mendeliana.

ABSTRACT

The evidence of heredity, which culminated in the formation of Genetics, began with experiments carried out on peas by Gregor Mendel in the 19th century, through two laws, known as Mendel's Laws. Despite the relevance of the data, they were only accepted by the scientific community in the 20th century, in what was called Mendel's Rediscoveries. Reginald Punnett was a scientist during this period, and proposed a diagram to help solve intersections. The didactic way of separating parental gametes and joining them during fertilization made it widely used. The Punnett square, as it became known, is a basic content within genetics, covered in elementary, secondary and higher education. In this context, the present work aims to produce, apply and evaluate the GeneCruzing game on Mendelian Inheritance and Punnett square at the Instituto Federal de Alagoas, Campus Maceió, in high school and in the General Genetics discipline of the Bachelor's degree in Biological Sciences. The game was built with low-cost materials: Two dice, one with genotypes AA (1 sided), Aa (3 sides) and aa (2 sides), and the other BB (1 sided), Bb (3 sides) and bb (2 sides), cardboard and rubberized (E.V.A.) with 30 cm²; Four rubberized Punnett squares of different colors (green, yellow, blue and red) measuring 40 x 47.5 cm; Gamete letters on paper AB, Ab, aB and ab, measuring 7 x 8.5 cm; Paper genotype cards 1 AABB, 2 AABb, 1 AAbb, 2 AaBB, 4 AaBb, 2 Aabb, 1 aaBB, 2 aaBb, 1 aabb, measuring 3.5 x 10 cm; 10 questions with second law Mendelian crosses. Before and after the game, a questionnaire on the topic was filled out. The room was divided into up to four teams, and each received a Punnett square, gamete cards, genotype cards, a question and a timer. Each team rolled the die twice for the parental genotypes and then started timing the timer. The table was filled out, the question was answered and the timer was stopped for the mediator to evaluate. When correct, a new question was delivered and the dice were rolled again. The team that completed the greatest number of questions in the shortest time will be the winner. Students were motivated and engaged with GeneCruzing. In approximately 10 minutes, 4 questions were resolved. The questionnaire answered before, with an average of 10% correct, rose after the game to 60% correct, showing the improvement in learning. In this sense, the GeneCruzing game stands out as a teaching alternative with an educational and playful tool, providing better assimilation of basic genetic concepts, and especially crossings from the perspectives of Mendel's Laws.

Keywords: Educational games. Playful activity. Teaching-learning in Genetics. Mendelian inheritance.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1- A. Reginald Crundall Punnett (1875 - 1967). B. Diagrama original da publicação de Punnett (1905), conhecido como quadro de Punnett..... | 15 |
| FIGURA 2 - Etapas do jogo GeneCruzing | 23 |
| FIGURA 3 - Resposta à segunda questão do questionário | 26 |
| FIGURA 4 - Resposta à terceira questão do questionário | 27 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| GRÁFICO 1. Respostas das três primeiras questões do questionário antes e depois do jogo GeneCruzing..... | 25 |
|---|----|

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2 | OBJETIVOS..... | 13 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL..... | 13 |
| 2.2 | OBJETIVO ESPECÍFICO..... | 13 |
| 3 | JUSTIFICATIVA..... | 13 |
| 4 | REFERENCIAL TEÓRICO..... | 14 |
| 4.1 | NASCIMENTO DA GENÉTICA..... | 14 |
| 4.2 | DIFICULDADES DIANTE AO ESTUDO SOBRE GENÉTICA..... | 18 |
| 4.3 | A APLICAÇÃO DE JOGOS EDUCATIVOS NO ENSINO DA CIÊNCIA/BIOLOGIA..... | 19 |
| 5 | METODOLOGIA..... | 21 |
| 5.1 | CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO..... | 21 |
| 5.2 | CONSTRUÇÃO DO JOGO..... | 21 |
| 5.3 | REGRAS DO JOGO..... | 22 |
| 6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 23 |
| 6.1 | APLICAÇÃO DO GENECRUZING..... | 23 |
| 6.2 | ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS ANTES E DEPOIS DO JOGO..... | 25 |
| 7 | CONCLUSÃO..... | 29 |
| | REFERÊNCIAS..... | 29 |
| | ANEXO 1: QUESTIONÁRIO DE APLICAÇÃO..... | 33 |
| | ANEXO 2: CARTAS DE GAMETAS..... | 34 |
| | ANEXO 3: CARTAS DE GENÓTIPOS..... | 35 |
| | ANEXO 4: QUESTÕES DO JOGO..... | 37 |
| | APÊNDICE 1 - ARTIGO APRESENTADO A REVISTA GENÉTICA NA ESCOLA..... | 42 |
| | APÊNDICE 2 - NORMAS DA REVISTA GENÉTICA NA ESCOLA..... | 59 |

1 INTRODUÇÃO

O campo de estudo da Genética surgiu a partir dos trabalhos de Gregor Johann Mendel (1822 - 1884). Através dos estudos com ervilhas (*Pisum sativum*) ele estabeleceu duas leis, chamadas de Leis de Mendel, que abrange os princípios básicos de herança. Em sua publicação em 1866 seus resultados não foram imediatamente aceitos por vários motivos como seu cargo religioso, a mistura de letras e números em seus cálculos, o que confundia na hora da resolução de problemas, e por ser um conceito de herança diferente do que existia na época, a ideia de mistura, estabelecido desde a Grécia antiga.

As redescobertas de Mendel aconteceram no século XX, posterior a sua morte, quando três pesquisadores, de forma independente, chegaram às mesmas conclusões (Hugo de Vries - Holanda, Carl Correns - Alemanha e Erich von Tschermak-Seysenegg - Áustria) dando por fim os antigos conceitos equivocados sobre hereditariedade. Neste mesmo período, Reginald Crundall Punnett, um biólogo britânico, propôs a resolução de problemas mendeliano através de um diagrama, conhecido como Quadro de Punnett, em que os gametas dos parentais ficam separados nas primeiras linhas e colunas, e os resultados dos cruzamentos nas células interna do quadro. Após a divulgação desses dados no livro Mendelismo (1905) o assunto tornou-se mais didático e facilmente compreensível.

A genética cresceu cada vez mais e Mendel passou a ser considerado o Pai da genética, pois todo conhecimento adquirido em relação à herança confirmava os dados que ele observou pela primeira vez. E mesmo com todo crescimento tecnológico e propriedades da genética atual, seu assunto ainda continua sendo base para o entendimento de todas as inovações, e por isso, esses conteúdos estão presentes em todos os currículos escolares desde o ensino fundamental.

Para promover objetivos além da explanação do conteúdo, novas ferramentas de ensino que estimulam a temática como resolução de problemas ou estudos de casos, a investigação, a utilização de jogos educativos, têm sido cada vez mais utilizados. O ensino de genética desafia tanto alunos quanto os educadores, especialmente devido à interdisciplinaridade, ao relacionar Ciência e Matemática, de forma que existe uma demanda grande de estratégias que despertem o interesse dos alunos, e tornem o conteúdo assimilado de forma mais rápida e eficaz.

Os jogos educativos destacam-se no aspecto de atividades de apoio ao ensino, tendo em vista que despertam nos estudantes a autonomia e habilidade diante aos objetivos e

conceitos adquiridos em aula, garantindo o engajamento e assimilação de forma interativa e participativa. A utilização de atividades lúdicas pode ser adaptada de acordo com as necessidades dos alunos, proporcionando a explorar os conceitos de forma dinamizada e aplicada nas dificuldades.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Produzir, aplicar e avaliar o jogo GeneCruzing sobre Herança Mendeliana e Quadro de Punnett no Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Maceió, no ensino médio e ensino superior no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

2.2 Objetivos específicos

- Construir o jogo GeneCruzing na área de Genética Mendeliana, com materiais de baixo custo;
- Aplicar o jogo GeneCruzing para alunos do ensino médio técnico integrado e curso superior de Licenciatura em Ciências Biológicas;
- Promover a participação ativa dos alunos na aplicação do jogo para o aperfeiçoamento da aprendizagem;
- Produzir e aplicar um questionário anterior e posterior ao jogo para avaliar o aprendizado através do jogo;
- Comparar o recurso didático da utilização de jogos diante da necessidade do aluno, ao modo de aprendizagem.

3 JUSTIFICATIVA

Considera-se que o presente trabalho se trata do aperfeiçoamento do ensino tradicional para o lúdico, em virtude da utilização de jogos para o ensino e aprendizagem em sala de aula. Em busca deste aperfeiçoamento, nota-se a necessidade de abordar temáticas como a Genética, pois diante ao conteúdo aplicado surgem muitas dúvidas, em virtude da interdisciplinaridade e aos conceitos que são necessários conhecer. Explorar recursos como

jogos didáticos, os quais trabalham a ludicidade em sala de aula, auxilia a transformar o ensino mais objetivo e significativo para o aluno.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Nascimento da Genética

O conhecimento da Genética foi norteado por Gregor Johann Mendel, nascido em 1822 na República Tcheca. Após entrar no mosteiro em 1843 e tornar-se monge, começou a desenvolver experimentos para tentar identificar relações de padrão na hereditariedade. Mendel realizou vários experimentos com inúmeras espécies de plantas de jardim, tentando até alguns com abelhas, mas obteve sucesso com ervilhas (Snustad; Simmons, 2001). Os estudos de Mendel trouxeram uma nova perspectiva para uma atividade de pesquisa de práticas de cultivo que existiam em andamento no mosteiro desde 1840 (El-Hani, 2016).

Suas observações principalmente buscavam a diversidade de traços expressados ao cruzar indivíduos, considerados por ele, puros (população com característica fixa) e híbridos (descendentes do cruzamento direcional entre indivíduos puros com características diferentes), dividindo assim por gerações. Nesta mesma perspectiva Mendel adotava medidas caracterizando a espécie de ervilhas que aplicaria o estudo, como afirma Fridman (2012):

As ervilhas eram separadas por famílias. Cada família tinha nascido de uma semente diferente e, por isso, possuía características distintas. Uma família era de ervilhas amarelas; outra, de ervilhas verdes; a sua forma podia ser lisa ou rugosa, e assim por diante. Por várias gerações cada família havia conservado sua característica, isto é: a primeira semente da família de ervilhas amarelas só teve filhos, netos bisnetos amarelos; a semente verde, só descendentes verdes. A essas plantas ele denominou de “puras” (Fridman, 2012).

Na Primeira Lei, afirma a transmissão de sete características simples e de fácil identificação, uma de cada vez, como: cor da semente (verde ou amarela), forma da semente (lisa ou rugosa), cor da vagem (verde ou amarela), cor das pétalas (púrpura ou branca) dentre outras (Machado *et al.*, 2018). Mendel desenvolveu os cruzamentos e suscitando aos experimentos, com as conclusões obtidas estabeleceu assim a primeira lei que descreve a identificação de fatores (chamados posteriormente de genes) que separavam características que eram herdadas durante o processo de formação dos gametas, sendo assim, associados um fator do pai e o outro da mãe, que se manifestavam através de aspectos físicos notados nas ervilhas, como é mencionado por Ceschim *et al.* (2023) eis o fenômeno da dominância, o

qual é caracterizado pelo desaparecimento da característica de um dos progenitores na geração seguinte (híbrida). A partir disso, os gametas/genes foram nomeados por letras maiúsculas e minúsculas que representavam consecutivamente características dominantes (A) e recessivas (a), e o entendimento de um indivíduo com dois caracteres foi um passo importante para compreensão do processo de hereditariedade (El-Hani, 2016).

A Segunda Lei constituía em avaliar a transmissão de duas ou mais características diferentes, por dois ou mais pares de genes, como a cor da semente (amarela e verde) e a textura da semente (lisa e rugosa) (Machado *et al.*, 2018). Seguindo o mesmo modelo da primeira lei, Mendel nomeou a Segunda Lei interpretando que houve a descoberta da segregação independente dos fatores ao ser expresso pelo cruzamento, ou seja, independente da relação de dominância, o fator não era sujeito a transmissão pela junção de dominantes, mas sim podiam expressar de forma separadamente e transmitidos com diferentes possibilidades de fatores, durante a formação dos gametas masculinos e femininos. Desta maneira ressalta Punnett (1905):

São indistinguíveis devido às circunstâncias especiais que nenhum fator pode produzir um efeito visível sem a cooperação do outro. E podemos enfatizar ainda mais o fato de que, embora os dois fatores interajam assim em um outro, eles são, no entanto, transmitidos de forma bastante independente (Punnett, 1905).

Com a definição das leis e os resultados atingidos, Mendel apresentou seus dados em fevereiro de 1865 na Sociedade de História Natural de Brünn para um público que não estava preparado para entendê-lo. Conceitos estatísticos não estavam na pauta de pessoas que esperavam uma palestra sobre plantas (Santos, 2023). Posteriormente, em 1866, publicou o artigo nos anais do mesmo evento, sendo este o artigo de referência de seu trabalho. As críticas sobre seu trabalho continuavam, pois entendiam como um modelo abstrato, no qual todas as suas explicações tinham como base objetos que eram construções hipotéticas (Andrade; Silva, 2016). Mendel fez o uso de letras e números para realizar todas as proporções matemáticas e valores estatísticos dos cruzamentos, o que antes na época não era bem aderido diante a estudos científicos. Além disso, não conseguiram fazer uma relação com o que ocorria na formação dos gametas, e, portanto, o assunto tornou-se complexo ao entendimento (Martins, 2022).

Embora o artigo de 1866 fizesse parte do acervo de várias bibliotecas e tivesse sido citado por outros autores na época de sua publicação, ao que tudo indica, as ideias de Mendel não foram compreendidas totalmente, e com o descrédito dos cientistas da época, sendo este fato acompanhado até seu falecimento em 1884. A publicação ficou às escuras até 1900,

quando de forma independente três botânicos, Hugo de Vries, na Holanda; Carl Correns, na Alemanha e Eric von Tschermak Seysenegg, na Áustria encontraram resultados semelhantes, mas não poderiam levar o crédito de suas contribuições devido aos trabalhos de Mendel, por isso este acontecimento é denominado de Redescobertas de Mendel (Astrauskas *et al.*, 2009; Ceschim *et al.*, 2023). Dezesesseis anos após a sua morte, seus estudos foram revistos, e após pesquisas, concluiu-se que os fatores (genes), descobertos por ele, eram comuns a toda vida na Terra (Santos, 2023).

Após as Redescobertas de Mendel, muitos pesquisadores passaram a analisar e identificar o padrão de herança em diversos organismos segundo os princípios mendelianos. Entre eles destacou-se Reginald Crundall Punnett (1875 - 1967), um biólogo britânico, o qual organizou os dados analisados sobre a hereditariedade a partir de diagramas. O arranjo visual dos cruzamentos de uma matriz de linhas e colunas era considerado por Punnett como um grande tabuleiro (Figura 1). Após a publicação de Punnett (1905), e a forma didática com que se solucionava as questões referentes a cruzamentos, seu trabalho foi amplamente utilizado pelos pesquisadores e professores da época, e este diagrama ficou conhecido como quadro de Punnett (Müller-Wille; Parolini, 2020).

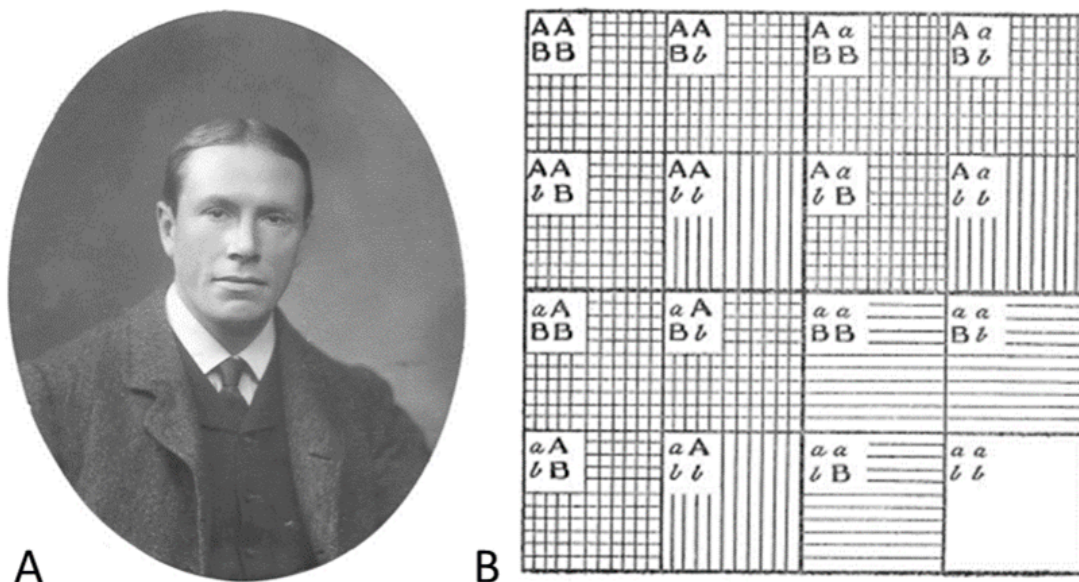


Figura 1. A. Reginald Crundall Punnett (1875 - 1967). B. Diagrama original da publicação de Punnett (1905), conhecido como quadro de Punnett. Fonte: A. W. F. Edwards, 2012.

O quadro de Punnett divide a representação dos gametas cruzados de forma visual nas primeiras linhas e colunas. Por exemplo, em um cruzamento entre duplo-heterozigotos (AaBb x AaBb), os quatro gametófitos AB, Ab, aB e ab são escritos como títulos para ambas as linhas (gametas paternos, digamos) e colunas (gametas maternos). Ao centro da tabela os resultados das fecundações, a partir da “união” de cada gameta proposto, de forma a resumir as especulações de Mendel sobre o mecanismo que poderia explicar os padrões de segregação e a previsão dos resultados reais. Com a representação simbólica dos cruzamentos, ficava claro que as características não se apresentavam nos descendentes aleatoriamente, mas que haviam sido instituídos a resultados esperados (Edwards, 2012; Müller-Wille; Parolini, 2020).

Suscitando nos estudos de Mendel, a genética promoveu avanços significativos no desenvolvimento dessa ciência, trazendo a tipologia genética diante aos seus aspectos divergentes de estudos, como evidenciados por Rodrigues e Reisdörfer (2021), a Genética de Transmissão, também conhecida como Genética Clássica ou Mendeliana, que engloba os princípios básicos da hereditariedade, trata-se de um marco para as ideias contemporâneas acerca dos processos da hereditariedade.

Com o avanço da tecnologia e os estudos sobre hereditariedade, o conceito de gene descrito por Mendel sofreu grande alteração ao longo do tempo, sendo atualmente relacionado com o segmento de DNA, consistindo em uma longa sequência de um ácido nucleico, denominado ácido desoxirribonucleico, é capaz de produzir um fenótipo. Geralmente, a consequência do gene é uma proteína, a qual executa uma função específica na célula (Rodrigues; Reisdörfer, 2021). Com essas concepções, diversos estudos vieram a compreender mais sobre características que variavam do padrão proposto por Mendel, no entanto, justificativas bioquímicas, fisiológicas e cromossômicas, por exemplo, complementavam as informações existentes, sempre confirmando os dados mendelianos (Rodrigues; Reisdörfer, 2021).

Na atualidade, a genética tem se destacado de forma essencial na Biotecnologia. Esta ciência multidisciplinar utiliza a genética para integrar diversas áreas do conhecimento como a microbiologia, a bioquímica, a engenharia química, a zootecnia, dentre outras, passando pela engenharia genética (Brandão; Ferreira, 2009; Araujo *et al.*, 2017). Vivenciamos uma ciência que visa no conjunto de diversas tecnologias, contribuir através de suas investigações no aperfeiçoamento de sua atuação como ciência. A possibilidade de identificação e manipulação de genes, traz, de certa forma, uma grande esperança de resolver problemas mundiais de meio ambiente, produtividade, energia e saúde (Ferreira *et al.*, 2020).

4.2 Dificuldades diante ao estudo sobre Genética

A Genética é uma das áreas da ciência que estuda o conhecimento hereditário dos seres vivos, considerada uma área complexa diante a interdisciplinaridade, devido ao conteúdo trabalhado em sala de aula ser recorrente no dia a dia dos alunos. No mesmo viés apresentando outros aspectos, Cid e Cruz Neto (2005) afirmam:

O nível de complexidade aumenta quando o aluno tem que associar os diferentes níveis de pensamento do assunto como, por exemplo: características morfológicas são observadas nos seres; devem ser aliados aos conceitos complexos, que é difícil de ser imaginado e compreendido; e então, manipular esses dados em expressões Matemáticas utilizadas para explicar numericamente a Genética (Cid; Cruz Neto, 2005).

Além de externar a várias subáreas, em virtude disso, há necessidade de que o aluno possua um conhecimento básico sobre determinadas áreas como, por exemplo, em Biologia Celular, Citogenética e Matemática (Araújo et al., 2018). Ensinar Genética implica na capacidade de transformar conceitos abstratos, como gene e DNA, em imagens ilustrativas; é conseguir interligar conteúdos, por exemplo, meiose e formação de gametas; aliar cálculos com situações do cotidiano (Temp; Bartholomei-Santos, 2018). O estudo realizado por Mendel ao cruzar as ervilhas obtinha traços matemáticos ao contabilizar a quantidade de características que se apresentavam diante o cruzamento, assim como similar às futuras gerações, ou seja, a partir da probabilidade matemática calculando hipóteses de gerações seguintes. Diante disso, dificulta o entendimento de muitos alunos, visto que o envolvimento direto, no caso, do uso da matemática, era cobrado o conhecimento sobre esta ciência exata para concluir os resultados perante os cruzamentos mendelianos.

Com relação a essa caracterização interdisciplinar, o processo de aprendizagem é desafiador, tanto para o professor como também para o aluno. Com os avanços da área da Genética, a educação brasileira precisa adequar-se à realidade, aproximando a escola dos novos conceitos (Giacioia *et al.*, 2014).

Nesse contexto, o ensino de Genética vem enfrentando algumas dificuldades, dentre elas: despertar o interesse do aluno, fazê-lo entender processos que envolvam conceitos abstratos e descobrir formas de ajudá-lo aluno a perceber a relação que existe entre os conhecimentos científicos e o cotidiano (Agamme, 2010). Contudo, o professor como mediador deste movimento educativo dinâmico fortalece a importância da diversidade de metodologias e os diversos meios de formação do conhecimento. As diferentes formas

atingem múltiplos perfis de alunos, o que permite que cada um encontre uma forma mais assertiva para o seu aprendizado e desenvolvimento intelectual.

O que se observa é o afastamento das relações entre teoria e prática nos conteúdos de Genética, principalmente pela falta de conhecimentos dos alunos em algumas áreas da Biologia (Araújo *et al.*, 2018). Além disso, os discentes não são capazes de relacionar padrões de herança mendelianos com o processo de meiose; logo, há uma dissociação dos conteúdos de Genética Mendeliana aos da divisão celular (Santos; Silva; Franco, 2015). Dentre esses conhecimentos específicos, a Genética por ser um conteúdo assim como outros da Ciência abstratos, professores têm complexidades na expansão de trabalhar esse assunto, devido a ideia teórica e prática, campos diferentes para se relacionarem.

4.3 A aplicação de jogos educativos no ensino da Ciência/Biologia

A utilização de jogos tornou-se uma ferramenta educacional, diante das metodologias ativas ao uso da tecnologia para desenvolver este tipo de trabalho, mas abrangendo também didáticas a recursos físicos, como jogos. Estes jogos desenvolvidos surgiram na necessidade de ampliar métodos educativos na formação do conhecimento tradicional para o lúdico, promovendo uma assimilação a partir do uso em sala de aula, como assegura Mascarenhas *et al.* (2016) esses recursos de ensino constituem-se por materiais instrucionais que atuam positivamente na aprendizagem; são estimuladores e reforçadores da mesma. Neste mesmo viés, reafirma Mascarenhas *et al.* (2016), são elementos que instrumentalizam o aluno, favorecendo o processo de assimilação, criatividade e desenvolvimento cognitivo.

Marinho *et al.* (2007), evidenciam que durante o processo de ensino-aprendizagem a ludicidade torna-se um dos eixos norteadores da organização dos diferentes conhecimentos mediante a adoção de uma abordagem metodológica que por meio da utilização de estratégias desafiadoras permitem que os alunos se tornem mais motivados para aprender. Nessa perspectiva, a Ciência é uma disciplina que proporciona a abordagem de recursos lúdicos, que motivem a curiosidade do aluno, assim como também desperte o interesse do mesmo para aprender através do raciocínio didático proporcionado por um jogo.

O jogo didático pode ser utilizado como ferramenta pedagógica para aumentar a motivação dos alunos e ainda auxilia na compreensão de conceitos de Genética (Neves; Neves, 2016). Acerca desse fundamento mantém Jann e Leite (2010), já a execução dos jogos didáticos repassa aos alunos a responsabilidade da construção do resultado e isso muda o comportamento deles, aumentando o interesse e a participação na aula, como foi

exemplificado no trabalho Jogo do DNA. Ou seja, à vista que assim como outras disciplinas, a Ciência no campo genético promove a necessidade de conhecer e interpretar sobre quais sinais e conceitos, cada situação está sendo investigada ou indicada. Contudo, a utilização de jogos surge como estratégia no ensino da Ciência mediante aos conceitos empregados da disciplina.

Dessa forma, o uso do lúdico é uma ferramenta que abrange toda a necessidade de aprendizagem, cabendo ao professor a este recurso, uma ideia de produzir um aprendizado considerável ao aluno, para que seja compreendido e se torne concreto e não abstrato a sua realidade. Ou seja, a fim de minimizar as dificuldades no ensino de genética, a metodologia lúdica toma cada vez mais espaço no ambiente escolar (Corrêa; Silva Junior, 2010).

Nesse mesmo viés, é compreensível observar assim como todo, os jogos evidenciaram a modernidade e os objetivos, totalmente diferentes seja ao seu material de fabricação até mesmo, em seu acesso. Contudo, diante aos aspectos divergentes temporais, os jogos fazem parte do crescimento intelectual e social, onde as pessoas buscam por estratégias que possibilitem sua vitória na partida.

Nesta busca por estratégias, a educação tornou-se fundamentada a utilização de jogos, estes pelos quais produzem bons resultados no desempenho do conhecimento diante ao conteúdo trabalhado, seja na disciplina de Ciências ou qualquer outra disciplina, como afirma Cruz e Roxo (2016), os jogos didáticos podem auxiliar no despertar da atenção e ajudam na motivação dos educandos, facilitando a aprendizagem e permitindo uma maior contextualização, resultando em um aprendizado de Biologia mais atrativo e efetivo.

Os jogos didáticos auxiliam na compreensão e integração de conceitos, são práticos, promovem o aprendizado levando as relações sociais em consideração, estimulam a curiosidade, o raciocínio e mediam o aprendizado através da resolução de problemas (Cruz; Roxo, 2016). Ao desempenho da construção do conhecimento com o uso de jogos, ficou evidente a maior participação dos alunos presente em sala de aula desfocando de um ensino tradicional focado na aprendizagem de memorização, que não colabora para um objetivo, diante a um ambiente voltado para a prática e ao trabalho em conjunto entre os alunos, trabalhando suas habilidades e estratégias vigentes.

Nesta perspectiva, os jogos estabelecem relações entre o mundo atual, visto que a aprendizagem necessita de um impulso racional que colabore diante ao momento que se encontra, proporcionando sujeitos pensantes uma vez que se encontram em divergentes experiências que conduzem ao mundo real que vivem, desta maneira evidencia Valente *et al.*

(2017) este, cada vez mais digital, vem demandando por práticas inovadoras e mudanças de paradigmas no âmbito do processo ensino-aprendizagem.

5 METODOLOGIA

5.1 Caracterização do estudo

O jogo GeneCruzing foi aplicado no Instituto Federal de Alagoas - IFAL, *Campus* Maceió no ensino Médio para cinco turmas do curso técnico integrado na disciplina de Biologia do terceiro ano dos cursos de Edificações, Eletrotécnica, Química e Desenvolvimento de Sistemas. No curso superior de Licenciatura em Ciências Biológicas, turno noturno, foi aplicado na disciplina de Genética Geral, no segundo período.

Foi elaborado um questionário (Anexo 1) com 3 questões para verificar o conhecimento do aluno nos conceitos de herança mendeliana (questão 1) e cruzamento em segunda Lei de Mendel (questões 2 e 3). A distribuição foi realizada antes da aplicação do GeneCruzing, e novamente após o jogo. Os questionários foram recolhidos após 10 minutos.

5.2 Construção do jogo

O jogo foi confeccionado utilizando-se materiais de baixo custo, principalmente papelão e emborrachado (E.V.A). Foram produzidos dois dados com seis faces. Cada dado foi feito a partir de papelão recortado e colado. As faces foram feitas de emborrachado nas cores azul e vermelho, e colados no papelão, assim como também as letras representando os genótipos. No primeiro dado estavam os seguintes genótipos: 1 face AA, 3 faces Aa e 2 faces aa. No segundo dado os seguintes genótipos: 1 face BB, 3 faces Bb e 2 faces bb. O dado ficou com aproximadamente 30 cm².

Foram preparados quatro quadros de Punnett, para a subdivisão da turma em quatro grupos, com as cores verde, amarelo, azul e vermelho. Cada quadro foi feito com uma folha de emborrachado em uma das cores com tamanho de 40 por 47,5 cm. Com pincel permanente preto foram feitas as linhas de formação do quadro de Punnett, com colunas e linhas de 8,5 cm. Na primeira célula de linha e coluna foi feito um traço em diagonal e desenhado os símbolos de ♂ (macho) e ♀ (fêmea).

Para cada grupo foi distribuído uma série de cartas. As cartas de gametas (Anexo 2) apresentavam 7 x 8,5 cm, com os gametas AB, Ab, aB e ab, digitadas em fonte Arial, com

tamanho de letra 220 e impressos duas vezes, considerando o cruzamento entre um casal. As cartas de genótipos (Anexo 3), para os genótipos dos descendentes, apresentavam 3,5 x 10 cm, com os genótipos: 1 AABB, 2 AABb, 1 AAAb, 2 AaBB, 4 AaBb, 2 Aabb, 1 aaBB, 2 aaBb, 1 aabb, digitados em fonte Arial, com tamanho de letra 120. Para impressão das cartas foi utilizado papel convite, para a parte de baixo foi utilizado papel carmem com uma das quatro cores para divisões da equipe. O papel contact foi utilizado para unir as duas folhas e deixar o material mais resistente, identificando as cores de cada grupo equivalentes às cores dos quadros de Punnett.

Foram elaboradas 10 questões (Anexo 4) relacionadas aos cruzamentos mendelianos da segunda lei, com características associadas às espécies de animais, plantas e humanas. Cada questão apresentava dois genes, identificando os alelos dominantes e recessivos de cada um, e informando que acontecia um cruzamento entre dois indivíduos, mas sem informar o genótipo nem o fenótipo dos indivíduos cruzados. Ao final era proposta uma pergunta sobre a proporção fenotípica/genotípica, ou probabilidade de determinado descendente, os quais seriam calculados a partir dos genótipos obtidos no lance dos dados.

5.3 Regras do jogo

A turma foi dividida em até quatro equipes competidoras, definindo cada grupo com cores distintas. O professor faz uma breve contextualização sobre o objetivo do jogo e então distribui o material: 1 quadro de Punnett para ser colocado em mesa ou no chão; 8 cartas de gametas; 16 cartas de genótipos; um cronômetro; uma questão entre as 10 possíveis escolhidas pelo grupo. Os genótipos dos indivíduos cruzados foram sorteados com os dados da seguinte forma: Arremesso dos dois dados para um genótipo e segundo arremesso para o segundo genótipo. A relação dos grupos e genótipos foram anotados no quadro, e depois de todos os sorteios as equipes acionam o cronômetro e começam a responder ao mesmo tempo.

Em equipes foi feita a leitura, preenchimento do quadro de Punnett e resposta da questão, sendo liberado o uso de papel e material pessoal para auxiliar na resolução da atividade proposta. Após concluir sua resposta o grupo pausa o cronômetro e sinaliza ao professor, o qual confere a resolução, e estando certa, o grupo anota o tempo e joga os dados novamente, escolhe outra questão e continua o cronômetro. Ao final da aula a partida é encerrada e a equipe com mais questões respondidas em menor quantidade de tempo é a vencedora.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Aplicação do GeneCruzing

O GeneCruzing foi apresentado como atividade prática para a construção dos conhecimentos e aprendizagem sobre cruzamentos entre indivíduos com dois genes, conduzindo a Segunda Lei de Mendel, com o uso do quadro de Punnett. Nesta atividade foi buscado fornecer aos alunos uma atividade distinta, e complementando a aula expositiva, ocorrida na semana anterior. No primeiro instante, o desenvolvimento do jogo provocou curiosidade e engajamento dos alunos participantes que demonstraram seu interesse de forma positiva, animados, elogiando o envolvimento em atividades lúdicas e participativas, juntando os grupos e organizando a sala para o jogo iniciar.

Após a separação dos grupos foi comentada a regra do jogo, e seu objetivo de resolver o maior número de questões em menor tempo. Seguindo-se ao compartilhamento do material didático (Figura 2 A), que consistia na identificação de alguém com relógio para marcar o tempo, um quadro de Punnett, cartas de gametas e cartas de genótipos, com formação de até quatro grupos, cada um com sua cor no tabuleiro e cartas (verde, amarelo, azul e vermelho). Posteriormente ocorreu a entrega das questões, em que cada grupo fez sua escolha entre as questões numeradas de uma a dez. Em seguida, dois componentes de cada grupo foram orientados para arremessar os dados (Figura 2 B) no sentido de determinar os genótipos dos dois seres a serem cruzados e registrados no quadro pelo professor. Este processo foi repetido com todos os grupos, para que todos iniciassem a marcação do cronômetro e a resolução das questões simultaneamente.

Cada grupo fez a resolução de sua questão utilizando de forma livre lápis e papel (Figura 2 C), e seguindo a resolução do quadro de Punnett. Algumas vezes, foram solicitadas a presença do docente, o qual daria ajuda no direcionamento da resolução, sem indicar a resposta. Tendo em vista o tempo como pontuação do jogo, o docente não foi abordado constantemente, pois a equipe naturalmente perderia tempo. Após o quadro de Punnett pronto (Figura 2 D) e a conclusão de uma resposta, a equipe comunica o docente, e para o cronômetro. A importância de parar o cronômetro, ocorre devido o docente está conferindo outra equipe. Assim, mesmo que demore um pouco, a equipe não fica prejudicada.

De posse de valores corretos, a equipe tem o tempo escrito no quadro da sala, escolhe nova questão e sorteia os novos genótipos para a próxima questão. Ao sentar-se com o grupo, o cronômetro é novamente acionado. Os valores de tempo de todas as equipes ficam

escritos no quadro da sala, até a conclusão do período proposto de atividade (Figura 2 E), fazendo-se a soma dos tempos, e estabelecendo-se a equipe campeã.



Figura 2. Etapas do jogo GeneCruzing. A. Distribuição de material (Quadro de Punnett, Cartas de Gametas, Cartas de Genótipo). B. Após a escolha das perguntas ocorre os arremessos dos dados e definição dos genótipos descritos no quadro para todos os grupos. C. Resolução da questão pela equipe, e preenchimento do quadro de Punnett. D. Quadro de Punnett totalmente montado. E. Quadro com a distribuição dos tempos das equipes, mostrando a vencedora, com três respostas em 9:48 minutos.

Existem outros jogos, como o GeneCruzing, que apresentam um perfil lúdico para facilitar o ensino-aprendizagem de cruzamentos mendelianos, entre eles pode-se citar o “Jogo da Velha Mendeliano” escrito por Bertocchi *et al.* (2016) ou até mesmo o “Quadro de Punnett” realizado por Ferreira *et al.* (2019). Assim, observando a analogia é explícito o uso do conteúdo de forma lúdica, com o objetivo de sanar as dificuldades dos alunos. Configurado a essas didáticas, o fator marcante se faz ao uso de materiais manuais que evidenciam sua eficaz utilização quanto a abordagem interativa e boa assimilação do assunto exposto em sala de aula.

O uso de modelos didáticos realizados por Hidalgo e Graebner (2017), revela de a construção do conhecimento a partir de uma sequência de atividades lúdicas vinculadas a participação dos alunos em cada mecanismo utilizado pelo professor, como exemplo a

“montagem do DNA de origami”, os “filamentos de DNA em forma de crachá” ou “o uso do quadro de Punnett” com pares de genes distribuídos. Desta forma conceitos genéticos são compreendidos de forma significativa, promovendo afinidade entre o aluno e o conteúdo. Dessa forma, a construção de jogos são estratégias que possibilitam clareza diante as dificuldades, como fundamento educativo que diferenciam de aulas somente expositivas.

A partir da aplicação do GeneCruzing foi possível promover o entendimento do conteúdo, envolvendo os alunos com trabalho em equipe, competição como estímulo, além de viabilizar a interdisciplinaridade com os cálculos matemáticos, necessários para a resolução das questões. Os dados permitem várias possibilidades de cruzamentos, o que faz o jogo ser diversificado e atrativo para os jogadores.

6.2 Análise dos questionários antes e depois do jogo

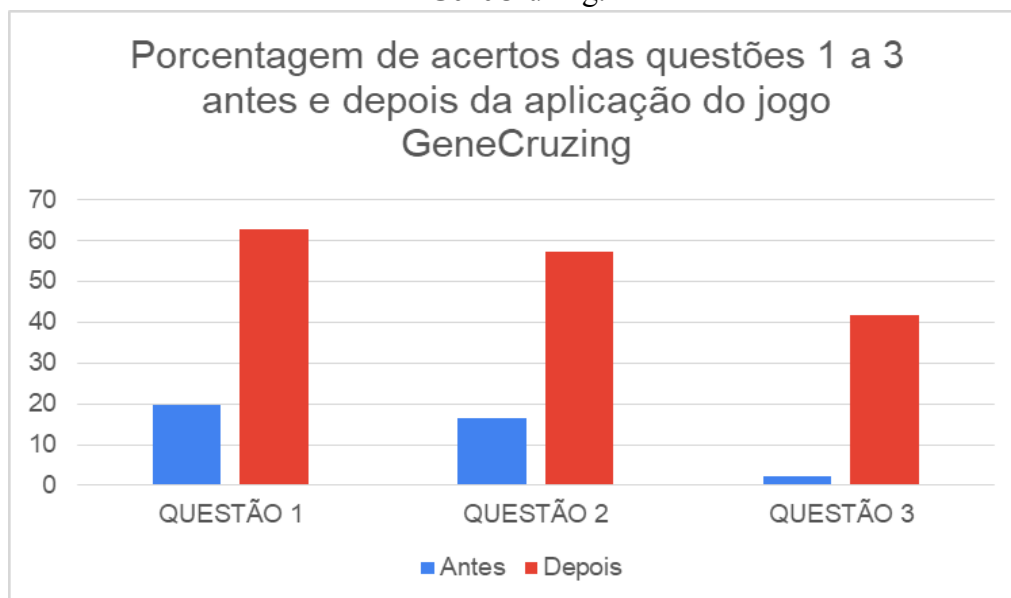
Em todas as turmas, foram aplicados questionários antes e depois do jogo GeneCruzing (Anexo 1). O questionário foi exatamente o mesmo, e o aluno apenas diferenciaria com a marcação de um “X” no cabeçalho nas opções de Antes ou Depois. O tempo foi de 10 minutos, e a maioria da turma entregou em tempo hábil. Para os que demoravam mais, visualmente as respostas estavam erradas, e por isso não conseguiam chegar a conclusões sobre o resultado.

Em relação ao cronograma anterior ao jogo, essas turmas tiveram duas aulas de 50 minutos sobre primeira lei de Mendel e uma aula sobre segunda Lei de Mendel. Todas as aulas anteriores foram ministradas pelo método tradicional com aula expositiva dialogada utilizando o Datashow. E apesar de questões terem sido resolvidas em sala, e outras propostas como atividade complementar, não foi realizada nenhuma avaliação do assunto.

A primeira questão visou identificar os conceitos básicos da primeira Lei de Mendel (Gráfico 1). O índice de aproveitamento de 20% antes do jogo evidencia que os termos técnicos do assunto não foram totalmente entendidos pelos alunos. A Segunda Lei de Mendel, só será compreendida se os conceitos básicos estiverem solidificados pelos alunos, Borges *et al.* (2017) comentam as dificuldades no ensino de Genética em que o entendimento diante aos conceitos e suas semelhanças entre si, também as terminologias utilizadas nos livros didáticos são fatores que contribuem para o não aprendizado, ou seja, acrescentando ao processo de ensino a necessidade do aluno em desenvolver a organização desses conceitos de forma fundamental para obterem conhecimento, além da necessidade do uso de recursos didáticos que proporcionam maior clareza ao conteúdo e facilitam sua compreensão. A

aplicação do GeneCruzing aumentou em três vezes a compreensão dos alunos em relação aos conceitos básicos facilitando que novos ensinamentos possam ser aprendidos de forma construtiva no decorrer da disciplina.

Gráfico 1. Respostas das três primeiras questões do questionário antes e depois do jogo GeneCruzing.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Tanto a segunda quanto à terceira questão relacionam-se à construção de um quadro de Punnett de segunda Lei de Mendel. Na questão 2 um quadro 4 x 1 ($AaBb \times aabb$) e na questão 3 um quadro 4 x 2 ($AaBb \times Aabb$). As respostas corretas foram fotografadas tanto para questão 2 (Figura 3 A) quanto questão 3 (Figura 4 A). Em relação aos erros, principalmente anteriores ao GeneCruzing as dificuldades encontradas foram as seguintes:

I) Resolução das questões por quadro de Punnett de primeira lei de Mendel, ao invés de segunda lei de Mendel (Figura 3 B).

II) Distribuição dos gametas, em que os alunos inserem no quadro gametas com apenas um alelo, ao invés de dois alelos (Figura 3 C, Figura 4 B);

III) Duplicação desnecessária de gametas, quando ocorre homozigose (Figura 4 C).

IV) Inserção de gametas na primeira célula da tabela, a qual geralmente fica em branco (Figura 4 D);

V) Dificuldades nas distribuições dos genótipos a serem cruzados e interpretação dos resultados (Figura 4 E).

2) Em um cruzamento entre dois indivíduos, dos quais um é aabb e o segundo é AaBb. Qual a probabilidade do descendente apresentar duas características dominantes?

A

| | | | | |
|----|------|------|------|------|
| | AB | Ab | aB | ab |
| ab | AaBb | Aabb | aaBb | aabb |

25%

B

| | | |
|---|---|---|
| | a | a |
| A | A | A |
| a | a | a |

50%

| | | |
|---|---|---|
| | B | b |
| B | B | B |
| b | b | b |

50%

C

| | | | | |
|---|----|----|----|----|
| | A | a | B | b |
| a | Aa | aa | aB | ab |
| a | Aa | aa | aB | ab |
| b | Ab | ab | Bb | bb |
| b | Ab | ab | Bb | bb |

Figura 3. Resposta à segunda questão do questionário. A. Pergunta com resposta correta após a aplicação do jogo GeneCruzing. B. Resposta correta, porém utilizando dois quadros de Punnett de primeira Lei ao invés de um quadro com os dois genes simultaneamente. C. Erro de inserção do gameta, em que foi utilizado um gene por gameta, ao invés dos dois genes analisados simultaneamente.

À vista das questões, Silvério e Maestrelli (2005) evidenciam o uso do quadro de Punnett pelos próprios alunos de forma incorreta diante da posição dos gametas e suas combinações em solução, mesmo que seja um recurso vinculado para facilitar a distribuição, a falta de conhecimento sobre conceitos básicos interfere nos resultados. Neste mesmo aspecto, a origem dos erros surge de princípios notáveis ao conteúdo e a dificuldade de interpretação ao que se pede em questão. Também em termos gerais, a falta de domínio ao uso do quadro de Punnett e a distribuição dos gametas, aponta grande dificuldade de assimilação, ou seja, mesmo que o conteúdo tenha sido explicado pelo professor em aulas anteriores, o aluno não conseguiu concretizar o aprendizado, errando as questões durante a prática de exercícios.

Desta forma, analisando as questões após a aplicação do jogo, foi possível perceber o quanto tornou significativo para os alunos construir o quadro de Punnett e ao ter o contato com o jogo, o que revelou a partir dos resultados sobre o questionário obtidos após este momento, bastante positivo e como uma boa estratégia para ser adotada. Para auxiliar nesse

entendimento, os quadros produzidos apresentavam os símbolos iniciais para que os alunos visualizassem e acrescentassem os outros elementos.

3) A segunda lei de Mendel teve sua compreensão facilitada pelo pesquisador Reginald Punnett, o qual propôs um quadro para dispor gametas e resultados do cruzamento. Preencha o quadro de Punnett abaixo a partir do cruzamento entre um indivíduo duplo heterocigoto e um indivíduo homocigoto recessivo para o primeiro gene e heterocigoto para o segundo gene e informe a proporção fenotípica a partir dele.

$Aabb$ $aaBb$

A

| | | | | |
|----|------|------|------|------|
| | AB | Ab | aB | ab |
| ab | AaBb | AaBb | aaBb | aaBb |
| ab | AaBb | Aabb | aaBb | aaBb |

B

| | | | | |
|---|----|----|----|----|
| | A | a | B | b |
| A | AA | aA | BA | bA |
| a | Aa | aa | Ba | ba |
| B | AB | aB | BB | bB |
| b | Ab | ab | Bb | bb |

C

| | | | | |
|----|------|------|------|------|
| | AB | Ab | aB | ab |
| aB | AaBb | AaBb | aaBb | aaBb |
| ab | AaBb | Aabb | aaBb | aaBb |
| aB | AaBb | AaBb | aaBb | aaBb |
| ab | AaBb | Aabb | aaBb | aaBb |

D

| | | | | |
|----|----|----|----|----|
| | AA | BB | Bb | Bb |
| AA | AA | Bb | Bb | Bb |
| Aa | AA | Bb | Bb | Bb |
| Aa | AA | Bb | Bb | Bb |
| aa | AA | Bb | Bb | Bb |

E

| | | | | |
|---|----|----|----|----|
| | A | a | B | b |
| a | Aa | aa | aB | ab |
| a | Aa | aa | aB | ab |
| B | AB | aB | BB | Bb |
| b | Ab | ab | Bb | bb |

Aa Bb
 $4/8$ $4/8$
 $A \rightarrow 4$
 $a \rightarrow 3$
 $B \rightarrow 7$
 $b \rightarrow 5$

Figura 4. Resposta à terceira questão do questionário. A. Pergunta com resposta correta após a aplicação do jogo GeneCruzing. B. Erro de inserção do gameta, em que foi utilizado um gene por gameta, ao invés dos dois genes analisados simultaneamente. C. Duplicação desnecessária dos gametas em homocigose. D. Inserção de gametas na primeira linha e coluna da tabela. E. Erro em distribuição de gametas e erro na contagem e proporção dos resultados.

Os jogos didáticos são uma proposta eficiente para aprimorar conhecimento, especialmente com alunos que apresentam dificuldade em determinada matéria (Pereira; Sanches, 2013). A baixa pontuação do questionário antes da aplicação do GeneCruzing (20 %, 14 % e 5 %) evidenciam a baixa compreensão dos alunos em relação aos conceitos propostos nas aulas anteriores, pelo método tradicional. Apesar do jogo GeneCruzing não ter atendido a totalidade dos alunos (63 %, 58 % e 42 % após o questionário), houve aumento significativo do aprendizado após a aplicação do jogo.

Nos resultados de Bertocchi *et al.* (2016) e Ferreira *et al.* (2019) é possível notar o importante desenvolvimento diante dessas atividades lúdicas de forma positiva, o que esclarece consideravelmente a eficácia da abordagem feita a partir dessas metodologias. Diferente do método tradicional apenas de transmissão de informações, oportunizar essas atividades dinâmicas resultam no interesse do aluno em aprender, despertando curiosidade

acerca dos conhecimentos, e motivando e engajando o aluno como promotor de seu aprendizado.

7 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do jogo foi iniciado em decorrência das dificuldades dos alunos acerca das Leis de Mendel, observadas tanto no ensino médio técnico-integrado como no ensino superior. O jogo relaciona-se a uma forma pedagógica e lúdica de visualizar e compreender os cruzamentos entre genótipos determinados por Mendel nos seus experimentos.

Jogos educativos promovem uma nova forma de aprendizagem, visto que trabalha de forma concreta e visual o conteúdo visto durante as aulas tradicionais. Neste caso específico, melhorando a compreensão dos cruzamentos iniciados por Mendel.

Diante disso, Genecruzing é um jogo para estabelecer interatividade entre alunos/contéudo sendo utilizado como uma ferramenta didática facilitadora do ensino. Através da aplicação do jogo e questionário avaliativo, foi possível perceber avanços no aprendizado com o aluno tendo a oportunidade de vivenciar a dicotomia teoria/prática em sala de aula, com material auxiliar simples e concreto.

Portanto, a utilização de meios educativos como jogos, atuando com o objetivo de promover o lúdico pode ajudar é um aspecto positivo ao desenvolvimento do ensino e aprendizagem, oportunizando a participação ativa dos alunos como resultado e a autonomia deles, assim como uma boa compreensão do conteúdo de genética abordado.

8 REFERÊNCIAS

AGAMME, A. L. D. A. **O lúdico no ensino de genética: a utilização de um jogo para entender a meiose.** Monografia (Graduação). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. 2010.

ANDRADE, L. A. B.; SILVA, E. P. de. **Mendel e seus abismos.** *Genética na Escola*, v. 11, n. 2, p. 234-243, 2016. DOI: 10.55838/1980-3540.ge.2016.253. Disponível em: <https://geneticanaescola.emnuvens.com.br/revista/article/view/253/227>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2024

Araújo, S. M., dos Santos Freitas, W. L., de Sá Lima, S. M.; Oliveira Lima, M. M. **A genética no contexto de sala de aula: dificuldades e desafios em uma escola pública de Floriano - PI.** *REnCiMa*, v. 9, n. 1, p. 19 - 30, 2018. DOI: 10.26843/rencimav.9i1.1300.

ARAÚJO, A. B.; GUSMÃO, F. A. **As principais dificuldades encontradas no ensino de genética na educação básica brasileira.** IN: Anais do Encontro Internacional de Formação

de Professores, X Fórum Permanente Internacional de Inovação Educacional, 2017. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/enfope/article/view/4707/1565>. Acesso em: 03 mar. 2024.

ASTRAUSKAS, J. P., NAGASHIMA, J. C., SACCO, S. R.; ZAPPA, V. **As leis da herança por Gregor Johan Mendel, uma revolução genética.** Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, n. 13, 2009.

BERTOCCHI, N. A., DEGRANDI, T. M.; OLIVEIRA, T. D.; PINTO, J. M., GUNSKI, R. J.; DEL VALLE GARNERO, A. **“Jogo da Velha Mendeliano”: uma atividade lúdica para o ensino de Genética.** Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 9, n. 3, p. 1-15, 2016. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/rbect/article/download/3798/pdf>. Acesso em: 10 de mar. 2024

BORGES, C. K. G. D., SILVA, C. C.; REIS, A. R. H. **As dificuldades e os desafios sobre a aprendizagem das leis de Mendel enfrentados por alunos do ensino médio.** Experiências em Ensino de Ciência, v. 12, n. 6, p. 61-75, 2017..

BRANDÃO, G. O.; FERREIRA, L. B. M. **O ensino de genética no nível médio: a importância da contextualização histórica dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos de hereditariedade.** Filosofia e História da Biologia, v. 4, p. 43-63, 2009. Disponível em: <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-02.html>. Acesso em: 20 de mar. 2024

CESCHIM, B.; GANIKO-DUTRA, M.; ANDRADE CALDEIRA, A. M. **Relação entre genética da transmissão e genética molecular: como a biologia contemporânea interpreta os caracteres dominantes e recessivos de Gregor Mendel?** Filosofia e História da Biologia, v. 18, n. 2, p.111- 126, 2023. DOI: 10.11606/issn.2178-6224v18i2p111-126.

CID, M; CRUZ NETO, A. J. **Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética.** Revista Enseñanza de las Ciencias, v. 1, 2005.

CORRÊA, D. M. V. B.; SILVA JUNIOR, E. F. **Ciência vai à escola: o lúdico na educação em ciências.** Universidade Federal do Paraná–Museu de Ciências Naturais, 2010. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1369-8.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024.

CRUZ, S. R.; ROXO SPERANDIO, V. M. M. S. **O Lúdico no Ensino de Genética.** Departamento de Genética da Universidade Federal do Paraná. Secretaria da Educação, Governo do Estado - Paraná, 2016. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_bio_ufpr_silvanacruzdarocha.pdf. Acesso em: 08 mar. 2024.

EDWARDS, A. W. F. **Reginald Crundal Punnett: firts author balfour professor of genetics, Cambridge, 1912.** Genetics, v. 192, n. 1, p. 3-13, 2012. DOI: 10.1534/genetics.112.143552.

EL-HANI, C. N. **O Mendel mítico sob um olhar crítico: O papel de Mendel na história da Genética.** Genética na Escola, v. 11, n. 2, p. 272-285, 2016. DOI:10.55838/1980-3540.ge.2016.252.

- FERREIRA, C., LIMA, S. D. O.; ROSANOVA, C. **Biotecnologia: Aplicação da inovação tecnológica a favor do desenvolvimento por meio do uso de organismos geneticamente modificados.** IN: Anais do IV Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/11108/8255>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- FERREIRA, J. S.; NUNES, R. P. C.; CASTRO, A. C. G. **A importância do quadro de Punnett como uma ferramenta lúdica para auxiliar na resolução de problemas de genética no ensino médio.** In: Anais VI Conselho Nacional de Educação, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/58508>. Acesso em: 11 mar. 2024.
- FRIDMAN, C. **As 1ª e 2ª Leis de Mendel e conceitos básicos de citogenética.** Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada (CEPA) – Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) – Projeto Licenciatura em Ciências (USP/UNESP). 2012. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/12833>. Acesso em: 03 mar. 2024.
- GIACÓIA, L. R. D.; BORTOLOZZI, J.; ANDRADE CALDEIRA, A. M. **Concluintes do ensino médio e o conhecimento de genética.** Revista Cereus, v. 6, n. 1, p. 157-174, 2014.
- GUSMÃO, A. O. M.; A. O., da Silva, A. R., & Medeiros, M. O. *et al.* **A biotecnologia e os avanços da sociedade.** Revista Biodiversidade, v. 16, n. 1, 2017. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/4979>. Acesso em: 19 de jul. 2024
- HIDALGO, V. R. **Uso de modelos didáticos para o ensino de genética básica.** 2016. 98f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Rio Branco, 2016. Disponível em: <http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2014/dissertacao-victor-rendon-hidalgo.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2024.
- JANN, P. N.; LEITE, M. F. **Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia.** Ciências & Cognição, v. 15, n. 1, p. 282-293, 2010. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212010000100022. Acesso em: 27 de fev. 2024.
- MARINHO, M. L. **O ensino da biologia: O intérprete e a geração de sinais.** Dissertação (Mestrado em Linguística)-Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/2768>. Acesso em: 03 mar. 2024.
- MARTINS, N. H. S. P. **Adequações para o ensino remoto: transformando o youtube em sala de aula.** Experiências em Ensino de Ciências, v. 17, n. 1, 2022. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/868>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- MASCARENHAS, M. J. O. *et al.* **Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública.** Pesquisa em Foco, v. 21, n. 2, p. 05 - 24. 2016.
- MÜLLER-WILLE, S.; PAROLINI, G. **Punnett squares and hybrid crosses: how Mendelians learned their trade by the book.** BJHS Themes, v. 5, p. 149-165, 2020.

Disponível em:

<https://www.cambridge.org/core/journals/bjhs-themes/article/Punnett-squares-and-hybrid-crosses-how-mendelians-learned-their-trade-by-the-book/18A1CE37A6EE536CC1CE1D4FF6F3174>. Acesso em: 19 mar. 2024.

NEVES, M. A.; NEVES, M. L. R. **A biologia forense no jogo didático: uma ferramenta motivacional para o ensino de genética em uma abordagem investigativa**. Revista da Sociedade Brasileira do Ensino de Biologia, v. 9, 2016.

PEREIRA, M.; SANCHES, I. **Aprender com a diversidade: as metodologias de aprendizagem cooperativa na sala de aula**. Nuances: estudos sobre Educação, v. 24, n. 3, p. 118-139, 2013. Disponível em:

<https://revista.fct.unesp.br/index.php/Nuances/article/view/2702>. Acesso em: 19 mar. 2024.

PUNNETT, R. C.. **Mendelism**. Norwood: The Macmillan Company, 1905.

RODRIGUES, W. M. A.; REISDORFER, G. **Genética dos transtornos de neurodesenvolvimento: autismo, TDAH e epilepsia**. CPAH Science Journal of Health, v. 4, n. 2, 2022. DOI: 10.56238/cpajournalv4n2-007. Disponível em:

<https://cpahjournal.com/cpah/article/view/94>. Acesso em: 23 mar. 2024.

SANTOS, D. D. D. **Histórico de Mendel para entendimento da genética**. Revista Primeira Evolução, v. 1, n. 41, p. 33-39, 2023. Disponível em:

<https://primeiraevolucao.com.br/index.php/R1E/issue/view/41/66>. Acesso em: 08 de abr. 2024

SANTOS, F. D.; SILVA, A. F. G.; FRANCO, F. F. **110 anos após a hipótese de Sutton-Boveri: a teoria cromossômica da herança é compreendida pelos estudantes brasileiros?** Ciência & Educação, v. 21, p. 977-989, 2015.

SILVÉRIO, L. E. R.; MAESTRELLI, S. R. P. **A resolução de problemas em genética mendeliana**. IN: Atas do V ENPEC, 2005. Disponível em:

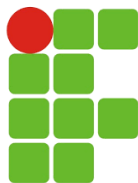
https://abrapec.com/atas_enpec/venpec/conteudo/artigos/3/pdf/p248.pdf. Acesso em: 19 mar. 2024.

SNUSTAD, D. P.; SIMMONS, M. J. **Fundamentos de genética**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. **O ensino de genética: a visão dos professores de biologia**. Revista Científica Schola, v. 2, n. 1, p. 83-95, 2018.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B.; GERALDINI, A. F. S. **Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino**. Revista Diálogo Educacional, v. 17, n. 52, p. 455-478, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1891/189154955008.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2024.

ANEXO 1: QUESTIONÁRIO DE APLICAÇÃO



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – AL

Prof.: Ebenézer Bernardes - Projeto de TCC-Ester Dos Santos Alves Xavier:

Genecruzando - Segunda lei de Mendel e quadro de Punnett no lance dos dados

Data:

Momento de aplicação:

Antes

Depois

1) Indique as representações a cada conceito, segundo ao estudo de genética mendeliana:

(1) Alelos

() Preto/Branco

(2) Fenótipos

() AA/Aa

(3) Genótipos

() aaBB/AAbb

(4) Homozigotos

() A/a

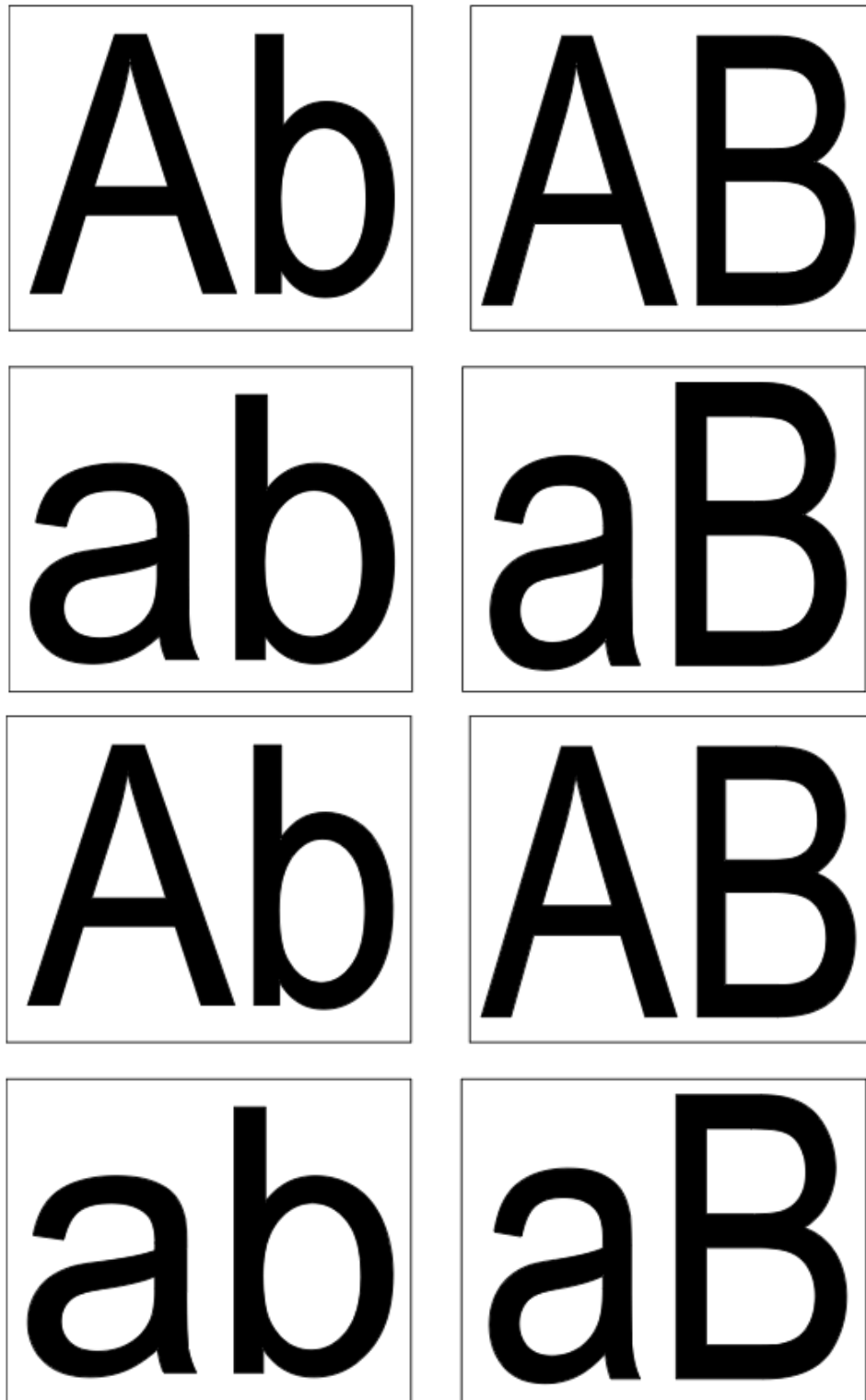
2) Em um cruzamento entre dois indivíduos, dos quais um é aabb e o segundo é AaBb. Qual a probabilidade do descendente apresentar duas características dominantes?

3) A segunda lei de Mendel teve sua compreensão facilitada pelo pesquisador Reginald Punnett, o qual propôs um quadro para dispor gametas e resultados do cruzamento. Preencha o quadro de Punnett abaixo a partir do cruzamento entre um indivíduo duplo heterozigoto e um indivíduo homozigoto recessivo para o primeiro gene e heterozigoto para o segundo gene e informe a proporção fenotípica a partir dele.

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

ANEXO 2: CARTAS DE GAMETAS

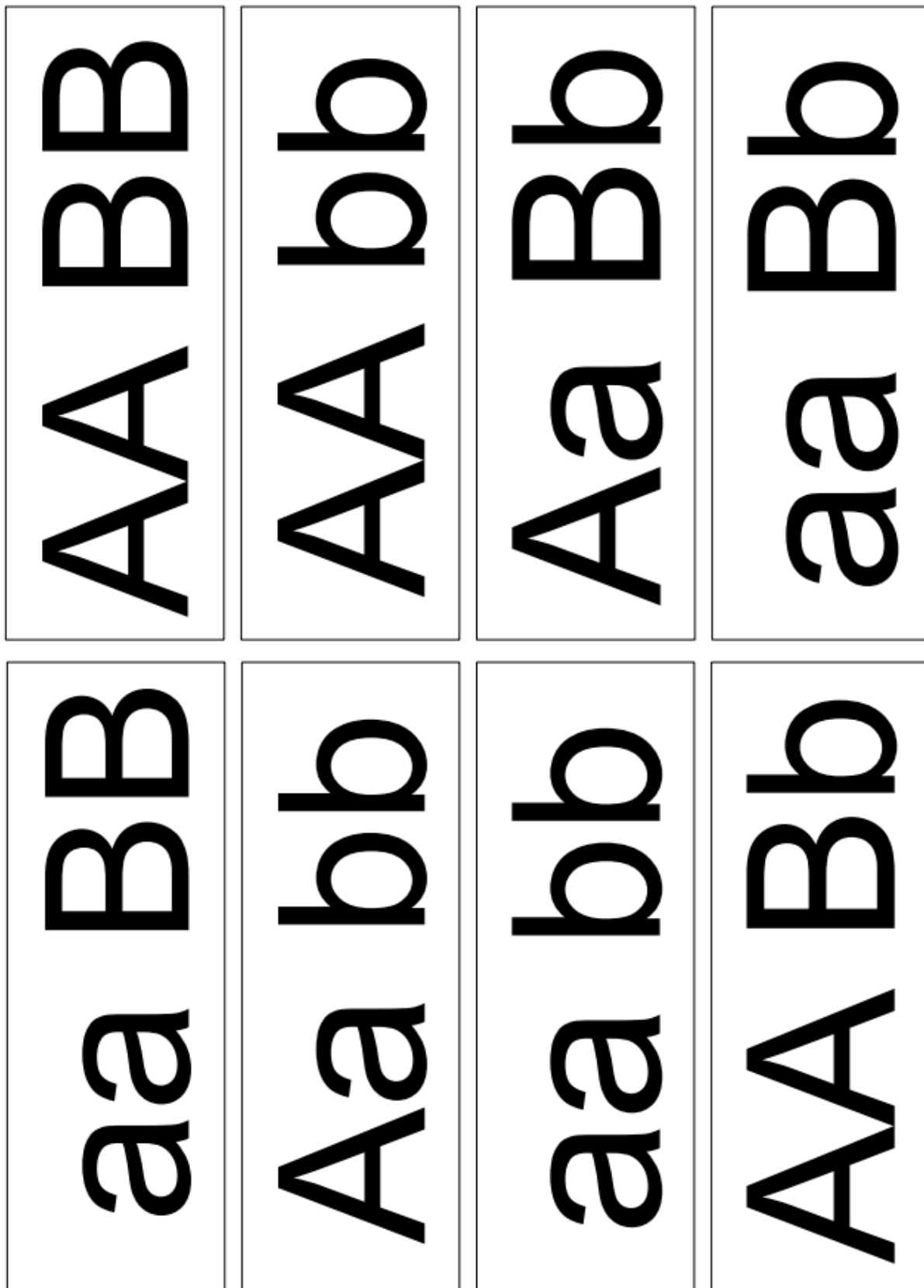
Imagem 1: Gametas masculino e feminino.

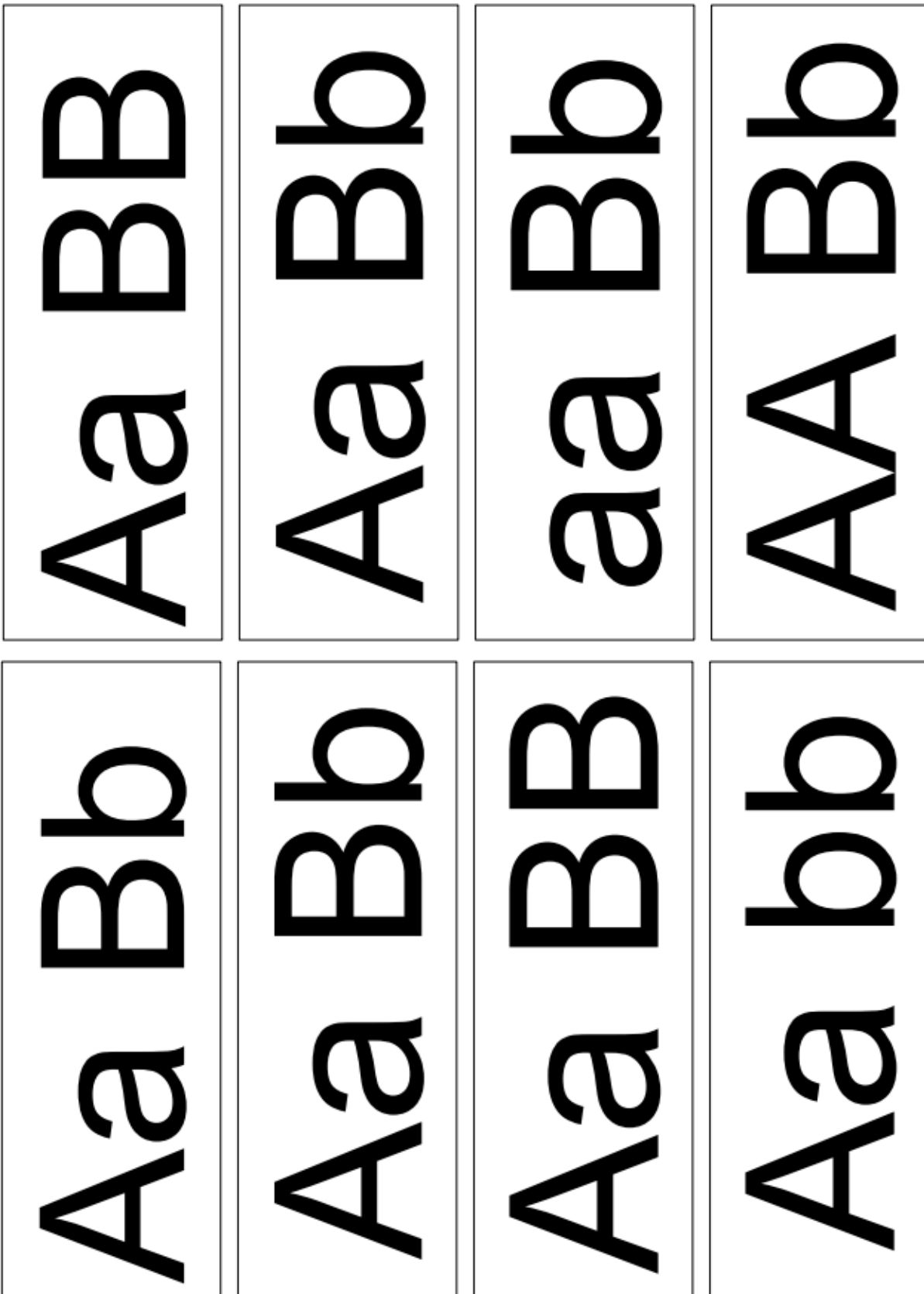


Fonte: Xavier, 2024.

ANEXO 3: CARTAS DE GENÓTIPOS


Imagem 2: Genótipos possíveis aos cruzamentos.





ANEXO 4: QUESTÕES DO JOGO


Imagens: Questões do jogo numeradas de 1 a 10.




INSTITUTO FEDERAL
Alagoas

Instituto Federal de Alagoas – *Campus Maceió*
 Disciplina: Genética Geral Professor: Ebenézer Bernardes
 Projeto: Jogo dos dados - Cruzamentos em Segunda Lei de Mendel
 Aluna: Ester dos Santos Alves Xavier
 Data: Alunos:


Duas plantas de ervilhas foram cruzadas e tiveram 320 sementes. Foram avaliadas as características da cor da semente, que pode ser amarela (dominante A) ou verde (recessivo a), e seu formato pode ser liso (dominante B) ou rugoso (recessivo b). Qual a provável quantidade de sementes amarelas rugosas?



Semente amarela A Semente verde a




Semente lisa B semente rugosa b




INSTITUTO FEDERAL
Alagoas

Instituto Federal de Alagoas – *Campus Maceió*
 Disciplina: Genética Geral Professor: Ebenézer Bernardes
 Projeto: Jogo dos dados - Cruzamentos em Segunda Lei de Mendel
 Aluna: Ester dos Santos Alves Xavier
 Data: Alunos:


Um homem e uma mulher terão um filho. Foram avaliadas as características da capacidade de dobrar a língua (dominante A) e a incapacidade (recessiva a) e a orelha de lobo solto (dominante B) ou preso (recessivo b). Qual a probabilidade do descendente dobrar a língua e ter lobo solto?




Dobra a língua A



Não dobra a língua a



Lobo solto B



Lobo preso b



Instituto Federal de Alagoas – *Campus Maceió*

Disciplina: Genética Geral

Professor: Ebenézer Bernardes

Projeto: Jogo dos dados - Cruzamentos em Segunda Lei de Mendel

Aluna: Ester dos Santos Alves Xavier

Data:

Alunos:

Um homem e uma mulher terão um filho. Foram avaliadas as características de habilidade para o uso da mão direita (dominante A) e a habilidade para o uso da mão esquerda (recessivo a) e a sensibilidade à feniltiocarbamida (PTC) (dominante B) e a insensibilidade a essa substância (recessivo b). Qual a probabilidade do descendente ser canhoto e sensível ao PTC?

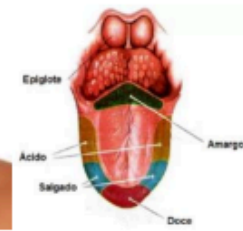


Mão direita A

Mão esquerda a



PTC - sabor amargo B



Insensibilidade ao sabor b



Instituto Federal de Alagoas – *Campus Maceió*

Disciplina: Genética Geral

Professor: Ebenézer Bernardes

Projeto: Jogo dos dados - Cruzamentos em Segunda Lei de Mendel

Aluna: Ester dos Santos Alves Xavier

Data:

Alunos:

Duas moscas da fruta - *Drosophila melanogaster* – foram cruzadas. Foram avaliadas as cores do corpo amarelo (dominante A) e preto (ebony) (recessivo a) e a asa normal (dominante B) ou asa vestigial (recessivo b). Qual a probabilidade de ter descendentes com corpo preto e asa vestigial?



Corpo amarelo A



Corpo preto a



Asa normal B



Asa vestigial b

Ativar o Windows



Instituto Federal de Alagoas – *Campus Maceió*

Disciplina: Genética Geral

Professor: Ebenézer Bernardes

Projeto: Jogo dos dados - Cruzamentos em Segunda Lei de Mendel

Aluna: Ester dos Santos Alves Xavier

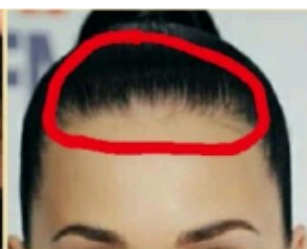
Data:

Alunos:

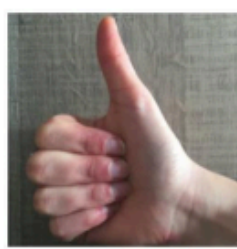
Um homem e uma mulher terão um filho. Foram avaliadas as características de presença de bico de viúva no cabelo (dominante A) e sua ausência (recessivo a), e o dedão da mão reto (dominante B) e dedão curvado para trás (recessivo b). Qual é a probabilidade do descendente apresentar bico de viúva e dedão reto?



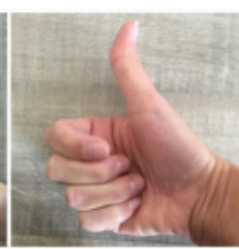
Bico da viúva A



Ausência a



Dedão reto B



Dedão curvado b



Instituto Federal de Alagoas – *Campus Maceió*

Disciplina: Genética Geral

Professor: Ebenézer Bernardes

Projeto: Jogo dos dados - Cruzamentos em Segunda Lei de Mendel

Aluna: Ester dos Santos Alves Xavier

Data:

Alunos:

Um macho e uma fêmea de porquinhos-da-india foram cruzados e tiveram 16 filhotes. Foram avaliadas as características de pelos lisos (dominante A) e pelos arrepiados (recessivo a) e a cor negra (dominante B) e a castanho e branco (recessivo b). Qual o provável número de descendentes arrepiados e pretos?



Pelos lisos A



Pelos arrepiados a



Cor negra B Cor castanho e branca b



Instituto Federal de Alagoas – *Campus Maceió*
 Disciplina: Genética Geral Professor: Ebenézer Bernardes
 Projeto: Jogo dos dados - Cruzamentos em Segunda Lei de Mendel
 Aluna: Ester dos Santos Alves Xavier
 Data: Alunos:

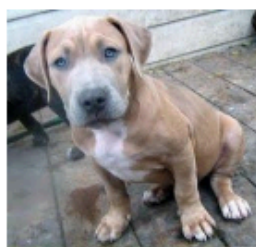
O cruzamento de um cachorro e uma cadela gerou vários descendentes. Foram avaliadas as características de várias listras, chamado de fenótipo tigrado (dominante A) ou cor única (recessivo a) e as cores castanho (dominante B) ou azulado (recessivo b). Qual a proporção fenotípica desses descendentes?



Tigrado A



Cor única a



Cor castanho B



Cor azulado b



Instituto Federal de Alagoas – *Campus Maceió*
 Disciplina: Genética Geral Professor: Ebenézer Bernardes
 Projeto: Jogo dos dados - Cruzamentos em Segunda Lei de Mendel
 Aluna: Ester dos Santos Alves Xavier
 Data: Alunos:

Dois tomateiros foram cruzados e tiveram 160 descendentes. Foram avaliadas as características de caules roxos (dominante A) ou verdes (recessivo a), e as folhas se são regulares (dominante B) ou *potato* (recessivo b). Qual a provável quantidade de plantas com caules roxos e folhas *potato*?



Caules roxos A



Caules verdes a



Folhas regular B

Folhas *potato* b



Instituto Federal de Alagoas – *Campus Maceió*

Disciplina: Genética Geral

Professor: Ebenézer Bernardes

Projeto: Jogo dos dados - Cruzamentos em Segunda Lei de Mendel

Aluna: Ester dos Santos Alves Xavier

Data:

Alunos:

Duas plantas de ervilhas foram cruzadas e tiveram 480 sementes. Foram avaliadas as características do tamanho da planta normal (dominante A) ou anã (recessiva a), e a cor da flor que pode ser púrpura (dominante B) ou branca (recessivo b). Qual a provável quantidade de plantas anãs que contém flores púrpuras?



Planta alta A

Planta anã a



Cor púrpura B



Cor branca b



Instituto Federal de Alagoas – *Campus Maceió*

Disciplina: Genética Geral

Professor: Ebenézer Bernardes

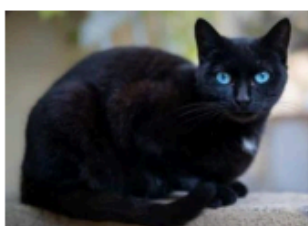
Projeto: Jogo dos dados - Cruzamentos em Segunda Lei de Mendel

Aluna: Ester dos Santos Alves Xavier

Data:

Alunos:

Um gato e uma gata foram cruzados. Foram avaliadas as características da cor preta (dominante A) ou cinza (recessivo a), e a cor do olho verde (dominante B) ou azul (recessivo b). Qual a proporção genotípica desses descendentes?



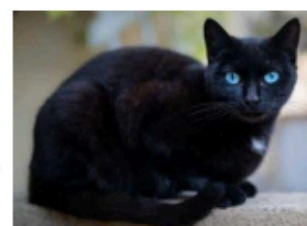
Gato preto A



Gato cinza a



Olho verde B



Olho azul b

Fonte: Xavier, 2024

Apêndice 1 - Artigo apresentado a revista Genética na Escola

GENECRUZING - SEGUNDA LEI DE MENDEL E QUADRO DE PUNNETT NO LANCE DOS DADOS

Ester dos Santos Alves Xavier¹
Maria Luzenita Wagner Mallmann²
Ebenézer Bernardes Correia Silva³

¹Instituto Federal de Alagoas (IFAL), *Campus Maceió*, Maceió, Alagoas, Brasil. Discente, Licenciatura em Ciências Biológicas.

²Coordenação de Biologia, Instituto Federal de Alagoas (IFAL), *Campus Maceió*, Maceió, Alagoas, Brasil. Mestre em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

³Coordenação de Biologia, Instituto Federal de Alagoas (IFAL), *Campus Maceió*, Maceió, Alagoas, Brasil. Doutor em Genética, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Resumo:

Criado para facilitar o entendimento de como ocorre a distribuição dos gametas e formação dos novos indivíduos em um cruzamento de acordo com as Leis de Mendel, o Quadro de Punnett tem sido durante mais de um século, uma das melhores formas de tornar didático este conhecimento básico que fundamentou a Genética. Para dinamizar este conteúdo, a turma foi dividida em grupos, receberam questões de cruzamentos e rolaram os dados para saber os genótipos dos parentais. Quanto mais rápido forem feitos os quadros de Punnett e resolvidos maior número de questões teremos a equipe vencedora. Através do jogo GeneCruzing, ludicidade, sorte e conhecimento formam um elo para o ensino-aprendizado de herança mendeliana e quadro de Punnett.

O Nascimento da Genética

O conhecimento da Genética foi iniciado por Gregor Johann Mendel, nascido em 1822 na República Tcheca. Em 1843 foi admitido no Convento agostiniano de Santo Tomás Apostol, em Brünn, e em 1847 teve sua Ordenação Sacerdotal. Muito curioso, no mosteiro realizou vários experimentos com inúmeras espécies, tentando até alguns com ratos e abelhas, mas obteve sucesso com ervilhas (*Pisum sativum*). Diante a isto passou a observar a diversidade de traços expressados ao cruzar indivíduos, considerados por ele, puros (população com característica fixa) e híbridos (descendentes do cruzamento direcional entre indivíduos puros com características diferentes). Através dos estudos ele estabeleceu duas leis, chamadas de Leis de Mendel, que abrange os princípios básicos de herança.

Na Primeira Lei analisou a transmissão de sete características simples e de fácil identificação, chamadas de fenótipos, uma de cada vez, como por exemplo: cor da semente (verde ou amarela), forma da semente (lisa ou rugosa), cor da vagem (verde ou amarela) ou cor das pétalas (púrpura ou branca). Mendel desenvolveu os cruzamentos direcionados, e em suas conclusões descreveu a identificação de fatores que se separavam na formação dos gametas, e se associam no descendente com a fecundação, resultando em um fator do pai e o outro da mãe. Descrito como Fenômeno da Dominância, Mendel identificou que alguns fatores sempre aparecem no fenótipo quando presentes, denominados alelos dominantes, enquanto outros só aparecem como fenótipo quando em duas doses, denominado de alelo recessivo. Assim, características recessivas podem desaparecer e reaparecer ao longo das gerações de forma exatamente iguais. Sendo este um conceito muito diferente da época, que era a ideia de mistura das características, estabelecido desde a Grécia antiga.

Para auxiliar o entendimento da relação dos genes ao longo das gerações, Mendel nomeou os alelos por letras maiúsculas e minúsculas que representavam consecutivamente características dominantes e recessivas. Assim eram construídos os genótipos com dois alelos, ou duas letras, sendo AA para o homocigoto dominante, aa para o homocigoto recessivo, e Aa para o heterocigoto, ou indivíduo híbrido.

A Segunda Lei constituiu em avaliar simultaneamente a transmissão de duas ou mais características diferentes, herdada por dois ou mais pares de genes, como a cor da semente (amarela e verde) e a textura da semente (lisa e rugosa). Seguindo o mesmo modelo de cruzamento entre indivíduos, Mendel descreveu a segregação independente dos fatores, pois, na formação dos gametas masculinos e femininos, os alelos não eram unidos pela relação de dominância, mas formavam, em mesma probabilidade, todas as combinações alélicas possíveis.

Com a definição das leis e os resultados atingidos, Mendel apresentou seus dados em fevereiro de 1865 na Sociedade de História Natural de Brünn para um público que não estava preparado para entendê-lo. Conceitos estatísticos não estavam na pauta de pessoas que esperavam uma palestra sobre plantas. Posteriormente, em 1866, publicou o artigo nos anais do mesmo evento, sendo este o artigo de referência de seu trabalho. As críticas sobre seu trabalho continuavam, pois entendiam como um modelo abstrato, no qual todas as suas explicações tinham como base objetos que eram construções hipotéticas. Mendel fez o uso de letras e números para realizar todas as proporções matemáticas e valores estatísticos dos cruzamentos, o que antes na época não era bem aceito diante a estudos científicos. Além disso, não conseguiram fazer uma relação com o que ocorria na formação dos gametas, e,

portanto, o assunto tornou-se complexo ao entendimento. Embora parte do acervo de várias bibliotecas e citado por alguns autores na época, as ideias de Mendel não foram compreendidas totalmente, e o descrédito dos cientistas foi acompanhado até seu falecimento em 1884.

A publicação ficou às escuras até 1900, quando de forma independente três botânicos, Hugo de Vries, na Holanda; Carl Correns, na Alemanha e Eric von Tschermak Seysenegg, na Áustria encontraram resultados semelhantes, mas não poderiam levar o crédito de suas contribuições devido aos trabalhos de Mendel, por isso este acontecimento é denominado de Redescobertas de Mendel. Dezesesseis anos após a sua morte, seus estudos foram revistos, e após pesquisas, concluiu-se que os fatores (genes), descobertos por ele, eram comuns a toda vida na Terra e deram-se por fim muito dos antigos conceitos equivocados sobre hereditariedade.

Após as Redescobertas de Mendel, muitos pesquisadores passaram a analisar e identificar o padrão de herança em diversos organismos segundo os princípios mendelianos. Entre eles destacou-se Reginald Crundall Punnett (1875 - 1967), um biólogo britânico, o qual organizou os dados analisados sobre a hereditariedade a partir de diagramas. O arranjo visual dos cruzamentos de uma matriz de linhas e colunas era considerado por Punnett como um grande tabuleiro (Figura 1). Após a publicação de Punnett (1905), e a forma didática com que se solucionava as questões referentes a cruzamentos, seu trabalho foi amplamente utilizado pelos pesquisadores e professores da época, e este diagrama ficou conhecido como quadro de Punnett.

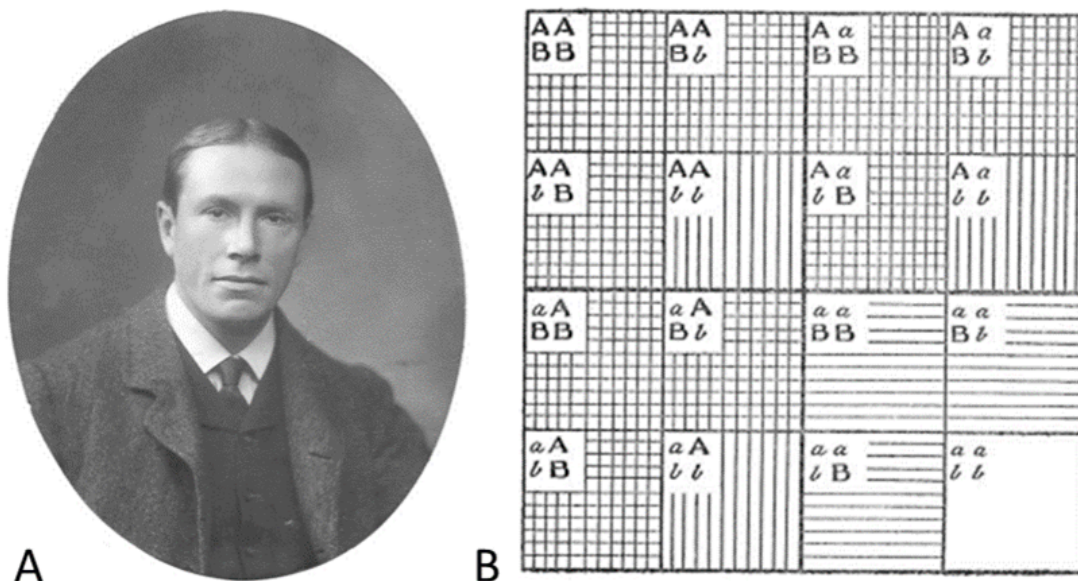


Figura 1. A. Reginald Crundall Punnett (1875 - 1967). B. Diagrama original da publicação de Punnett (1905), conhecido como quadro de Punnett. Fonte: A. W. F. Edwards, 1912.

O quadro de Punnett divide a representação dos gametas cruzados de forma visual nas primeiras linhas e colunas. Por exemplo, em um cruzamento entre duplo-heterozigotos ($AaBb \times AaBb$), os quatro gametas AB , Ab , aB e ab são escritos como títulos para ambas as linhas (gametas paternos) e colunas (gametas maternos). Ao centro da tabela os resultados das fecundações, a partir da fecundação - “união” - de cada gameta proposto, de forma a resumir as especulações de Mendel sobre o mecanismo que explica os padrões de segregação e a previsão dos resultados reais. Com a representação simbólica dos cruzamentos, ficava claro que as características não se apresentavam nos descendentes aleatoriamente, mas que haviam sido instituídos a resultados esperados.

Com os estudos de Mendel, a genética promoveu avanços significativos no desenvolvimento dessa ciência, trazendo a tipologia genética diante aos seus aspectos divergentes de estudos, e a Genética de Transmissão, também conhecida como Genética Clássica ou Mendeliana, que engloba os princípios básicos da hereditariedade, trata-se de um marco para as ideias contemporâneas acerca dos processos da hereditariedade.

Com o avanço da tecnologia e os estudos sobre hereditariedade, o conceito de gene descrito por Mendel sofreu grande alteração ao longo do tempo, sendo atualmente relacionado com o segmento de DNA, consistindo em uma longa sequência de um ácido nucleico, denominado ácido desoxirribonucleico, e capaz de produzir um fenótipo.

Geralmente, a consequência do gene é uma proteína, a qual executa uma função específica na célula. Com essas concepções, diversos estudos vieram a compreender mais sobre características que variavam do padrão proposto por Mendel, no entanto, justificativas bioquímicas, fisiológicas e cromossômicas, por exemplo, complementavam as informações existentes, sempre confirmando os dados mendelianos.

No ensino da genética nas escolas, entender os trabalhos de Mendel, perpassa em saber realizar o cruzamento entre os organismos, e o quadro de Punnett auxilia os estudantes nessa tarefa. O jogo GeneCruzing foi produzido para compreender a montagem de quadro de Punnett e saber o resultado de cruzamentos com duas características diferentes, de forma lúdica, divertida e competitiva.

Construção do GeneCruzing

O jogo foi confeccionado utilizando-se materiais de baixo custo, principalmente papelão e emborrachado (E.V.A). Foram produzidos dois dados com seis faces. Cada dado foi feito a partir de papelão recortado e colado. As faces foram feitas de emborrachado nas cores azul e vermelho, e colados no papelão, assim como também as letras representando os genótipos. No primeiro dado estavam os seguintes genótipos: 1 face AA, 3 faces Aa e 2 faces aa. No segundo dado os seguintes genótipos: 1 face BB, 3 faces Bb e 2 faces bb. O dado ficou com aproximadamente 30 cm².

Foram preparados quatro quadros de Punnett, para a subdivisão da turma em quatro grupos, com as cores verde, amarelo, azul e vermelho. Cada quadro foi feito com uma folha de emborrachado em uma das cores com tamanho de 40 por 47,5 cm. Com pincel permanente preto foram feitas as linhas de formação do quadro de Punnett, com colunas e linhas de 8,5 cm. Na primeira célula de linha e coluna foi feito um traço em diagonal e desenhado os símbolos de ♂ (macho) e ♀ (fêmea).

Para cada grupo foi distribuído uma série de cartas. As cartas de gametas (Anexo 1) apresentavam 7 x 8,5 cm, com os gametas AB, Ab, aB e ab, digitadas em fonte Arial, com tamanho de letra 220 e impressos duas vezes, considerando o cruzamento entre um casal. As cartas de genótipos (Anexo 2), para os genótipos dos descendentes, apresentavam 3,5 x 10 cm, com os genótipos: 1 AABB, 2 AABb, 1 AAbb, 2 AaBB, 4 AaBb, 2 Aabb, 1 aaBB, 2 aaBb, 1 aabb, digitados em fonte Arial, com tamanho de letra 120. Para impressão das cartas foi utilizado papel convite, para a parte de baixo foi utilizado papel carmem (papel colorido) com uma das quatro cores para divisões da equipe. O papel contact foi utilizado para unir as

duas folhas e deixar o material mais resistente, identificando as cores de cada grupo equivalentes às cores dos quadros de Punnett.

Foram elaboradas 10 questões (Anexo 3) relacionadas aos cruzamentos mendelianos da segunda lei, com características associadas às espécies de animais, plantas e humanas. Cada questão apresentava dois genes, identificando os alelos dominantes e recessivos de cada um, e informando que acontecia um cruzamento entre dois indivíduos, mas sem informar o genótipo nem o fenótipo dos indivíduos cruzados. Ao final era proposta uma pergunta sobre a proporção fenotípica/genotípica, ou probabilidade de determinado descendente, os quais seriam calculados a partir dos genótipos obtidos no lance dos dados.

Aplicação do GeneCruzing

A turma foi dividida em até quatro equipes competidoras, definindo cada grupo com cores distintas. O professor faz uma breve contextualização sobre o objetivo do jogo e então distribui o material: 1 quadro de Punnett para ser colocado em mesa ou no chão; 8 cartas de gametas; 16 cartas de genótipos; um cronômetro; uma questão entre as 10 possíveis escolhidas pelo grupo (Figura 2 A). Os genótipos dos indivíduos cruzados foram sorteados com os dados da seguinte forma: Arremesso dos dois dados para um genótipo e segundo arremesso para o segundo genótipo (Figura 2 B). A relação dos grupos e genótipos foram anotados no quadro, e depois de todos os sorteios as equipes acionam o cronômetro e começam a responder ao mesmo tempo.

Em equipes foi feita a leitura, preenchimento do quadro de Punnett e resposta da questão, sendo liberado o uso de papel e material pessoal para auxiliar na resolução da atividade proposta (Figura 2 C). Após concluir sua resposta (Figura 2 D) o grupo pausa o cronômetro e sinaliza ao professor, o qual confere a resolução, e estando certa, o grupo anota o tempo e joga os dados novamente, escolhe outra questão e continua o cronômetro. Ao final da aula a partida é encerrada e a equipe com mais questões respondidas em menor quantidade de tempo é a vencedora (Figura 2 E).

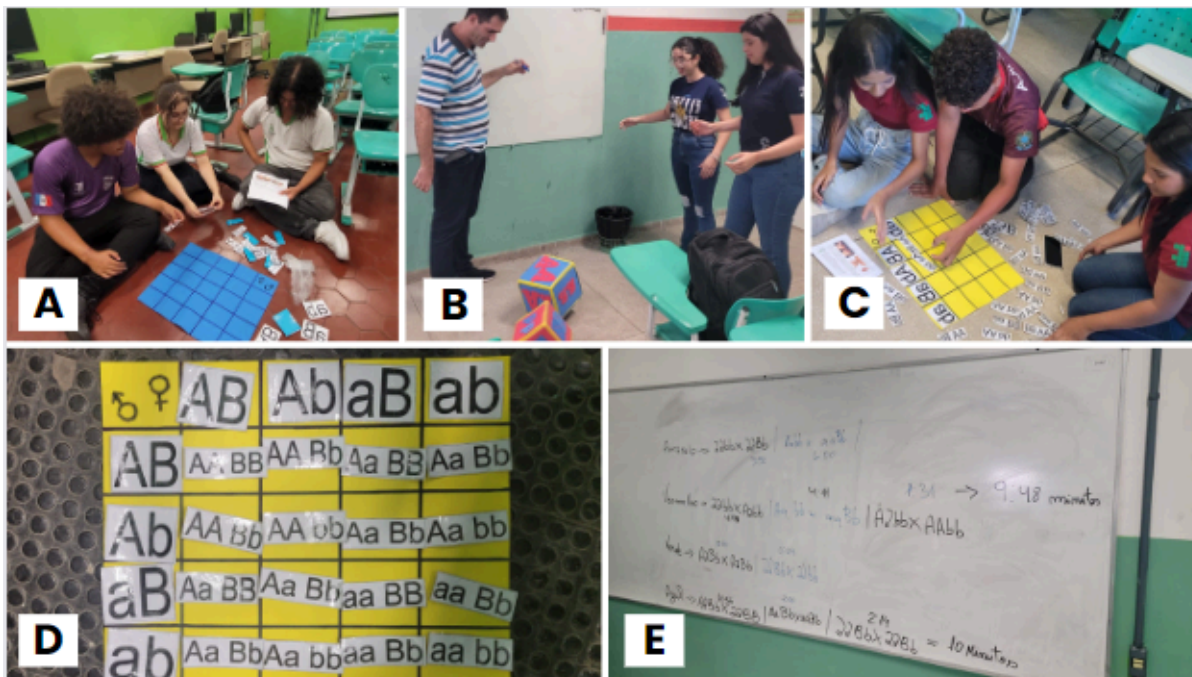


Figura 2. Etapas do jogo GeneCruzing. A. Distribuição de material (Quadro de Punnett, Cartas de Gametas, Cartas de Genótipo). B. Após a escolha das perguntas ocorre o arremessos dos dados e definição dos genótipos descritos no quadro para todos os grupos. C. Resolução da questão pela equipe, e preenchimento do quadro de Punnet. D. Quadro de Punnett totalmente montado. E. Quadro com a distribuição dos tempos das equipes, mostrando a vencedora, com três respostas em 9:48 minutos.

Considerações finais

O uso dessa ferramenta facilitou o entendimento dos conceitos básicos genéticos, especialmente nos cruzamentos entre dois indivíduos com duas características de forma simultânea. Ressalta-se que o jogo tem baixo custo e pode ser ajustado para utilização de questões em Primeira Lei de Mendel, com apenas um gene.

A construção do jogo possibilita uma aplicação de forma concreta e melhora a aprendizagem diante dos conteúdos ministrados de forma teórica através da prática, além de proporcionar uma atividade atrativa durante o período de aula. A realização desta atividade lúdica oportunizou uma relação entre os alunos e a atividade, visto que, durante o jogo com a utilização do quadro, os alunos ajudavam-se para resolver as questões, e a cada acerto, a velocidade de resolução aumentava, denotando a solidificação do conteúdo aprendido.

Para mais saber

EDWARDS, A. W. F. Reginald crundal Punnett: firts author balfour professor of genetics, Cambridge, 1912. **Genetics**, v. 192, n. 1, p. 3-13, 2012. DOI: 10.1534/genetics.112.143552. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3430543/>. Acesso em: 03 mar. 2024.

PUNNETT, R. C.. **Mendelism**. Norwood: The Macmillan Company, 1911.

SANTOS, D. D. D. Histórico de Mendel para entendimento da genética. **Revista Primeira Evolução**, v. 1, n, 41, p. 33-39, 2023. Disponível em: <https://primeiraevolucao.com.br/index.php/R1E/issue/view/41/66>. Acesso em: 05 mar. 2024.

ASTRAUSKAS, J. P. *et al.* As leis da herança por Gregor Johan Mendel, uma revolução genética. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n. 13, 2009. Disponível em: https://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/qYG3dxvYmiF7rSK_2013-6-24-17-32-26.pdf. Acesso em: 04 mar. 2024.

Anexo 1. Cartas de Gametas

Ab

AB

ab

aB

Ab

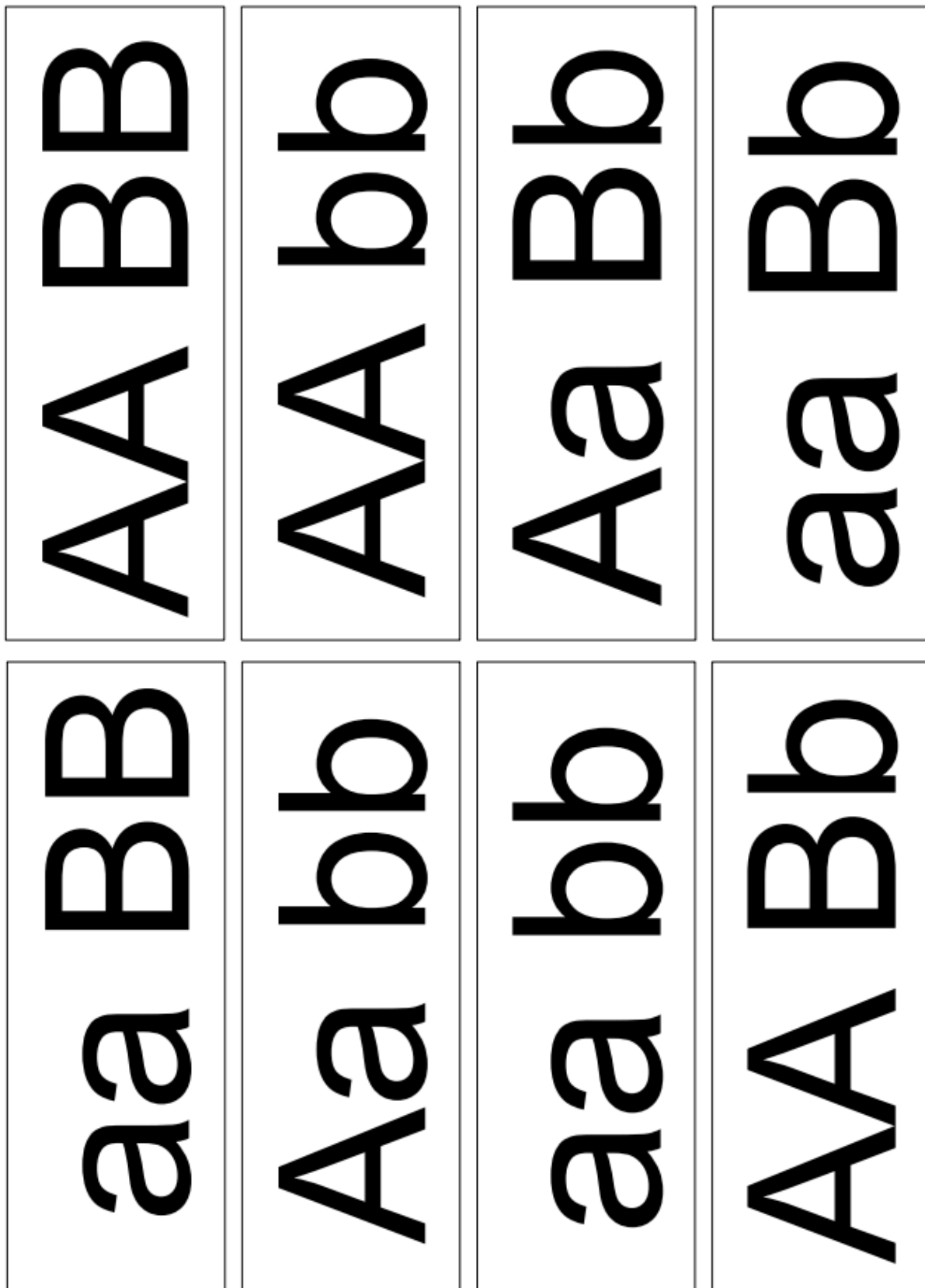
AB

ab

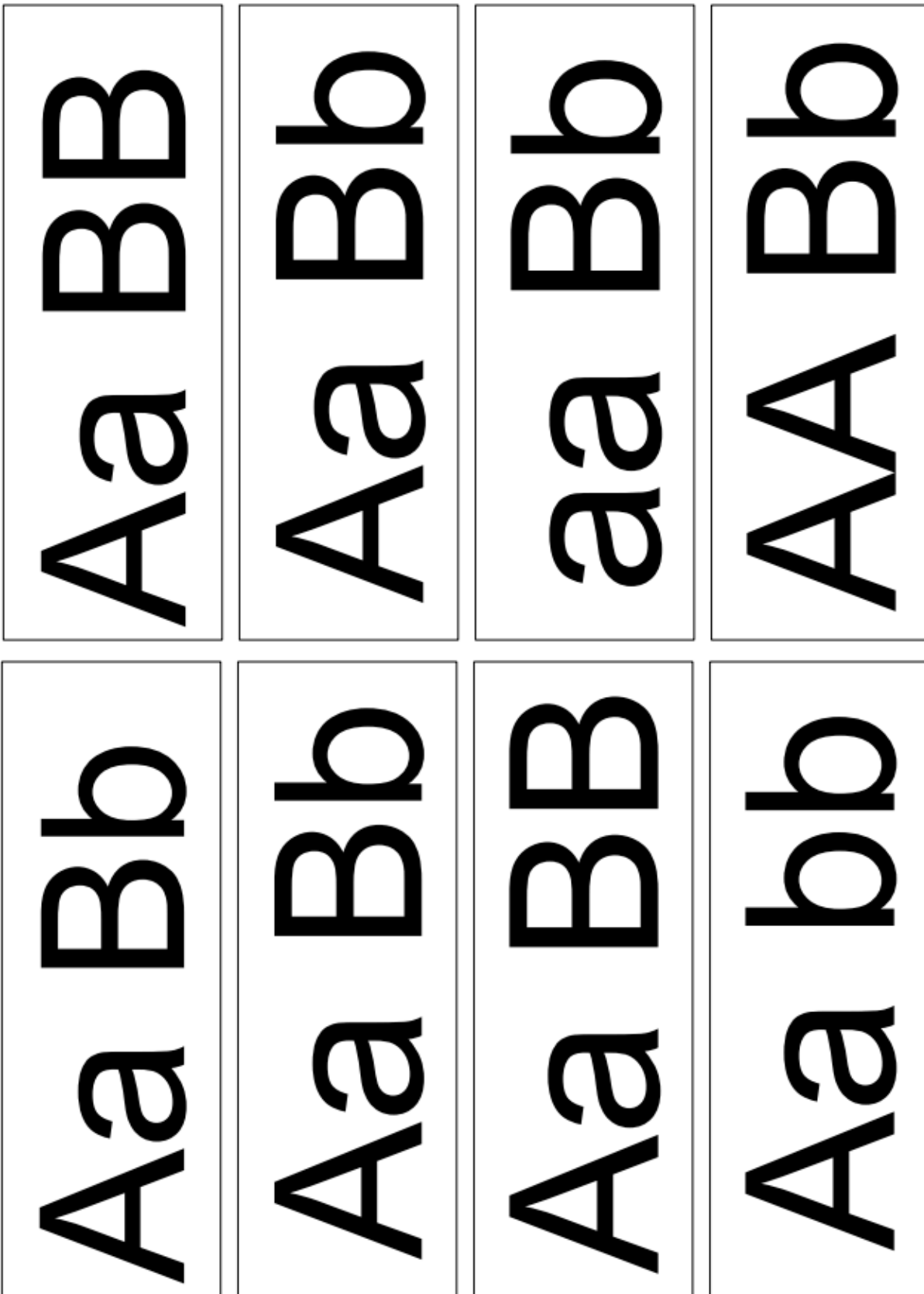
aB

Fonte: Xavier, 2024.

Anexo 2. Cartas de Genótipos



Fonte: Xavier, 2024.



Anexo 3. Questões usadas no Gene Cruising

Imagens das questões do jogo:



Duas plantas de ervilhas foram cruzadas e tiveram 320 sementes. Foram avaliadas as características da cor da semente, que pode ser amarela (dominante A) ou verde (recessivo a), e seu formato pode ser liso (dominante B) ou rugoso (recessivo b).

Qual a provável quantidade de sementes amarelas rugosas?



Semente amarela A Semente verde a



Semente lisa B semente rugosa b



Um homem e uma mulher terão um filho. Foram avaliadas as características da capacidade de dobrar a língua (dominante A) e a incapacidade (recessiva a) e a orelha de lobo solto (dominante B) ou preso (recessivo b).

Qual a probabilidade do descendente dobrar a língua e ter lobo solto?



Dobra a língua A



Não dobra a língua a



Lobo solto B



Lobo preso b



Um homem e uma mulher terão um filho. Foram avaliadas as características de habilidade para o uso da mão direita (dominante A) e a habilidade para o uso da mão esquerda (recessivo a) e a sensibilidade à feniltiocarbamida (PTC) (dominante B) e a insensibilidade a essa substância (recessivo b).

Qual a probabilidade do descendente ser canhoto e sensível ao PTC?



Mão direita A Mão esquerda a



PTC - sabor amargo B Insensibilidade ao sabor b



Duas moscas da fruta - *Drosophila melanogaster* - foram cruzadas. Foram avaliadas as cores do corpo amarelo (dominante A) e preto (ebony) (recessivo a) e a asa normal (dominante B) ou asa vestigial (recessivo b).

Qual a probabilidade de ter descendentes com corpo preto e asa vestigial?

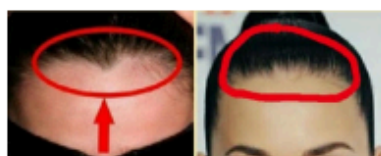


Corpo amarelo A Corpo preto a Asa normal B Asa vestigial b



Um homem e uma mulher terão um filho. Foram avaliadas as características de presença de bico de viúva no cabelo (dominante A) e sua ausência (recessivo a), e o dedão da mão reto (dominante B) e dedão curvado para trás (recessivo b).

Qual é a probabilidade do descendente apresentar bico de viúva e dedão reto?



Bico da viúva A

Ausência a



Asa normal B

Asa vestigial b



Um macho e uma fêmea de porquinhos-da-índia foram cruzados e tiveram 16 filhotes. Foram avaliadas as características de pelos lisos (dominante A) e pelos arrepiados (recessivo a) e a cor negra (dominante B) e a castanho e branco (recessivo b).

Qual o provável número de descendentes arrepiados e pretos?



Pelos lisos A



Pelos arrepiados a



Cor negra B Cor castanho e branca b



O cruzamento de um cachorro e uma cadela gerou vários descendentes. Foram avaliadas as características de várias listras, chamado de fenótipo tigrado (dominante A) ou cor única (recessivo a) e as cores castanho (dominante B) ou azulado (recessivo b).

Qual a proporção fenotípica desses descendentes?



Tigrado A



Cor única a



Cor castanho B



Cor azulado b



Dois tomateiros foram cruzados e tiveram 160 descendentes. Foram avaliadas as características de caules roxos (dominante A) ou verdes (recessivo a), e as folhas se são regulares (dominante B) ou *potato* (recessivo b).

Qual a provável quantidade de plantas com caules roxos e folhas *potato*?



Caules roxos A



Caules verdes a



Folhas regular B Folhas potato b



Duas plantas de ervilhas foram cruzadas e tiveram 480 sementes. Foram avaliadas as características do tamanho da planta normal (dominante A) ou anã (recessiva a), e a cor da flor que pode ser púrpura (dominante B) ou branca (recessivo b).

Qual a provável quantidade de plantas anãs que contém flores púrpuras?



Planta alta A

Planta anã a

Cor púrpura B

Cor branca b



Um gato e uma gata foram cruzados. Foram avaliadas as características da cor preta (dominante A) ou cinza (recessivo a), e a cor do olho verde (dominante B) ou azul (recessivo b).

Qual a proporção genotípica desses descendentes?



Gato preto A

Gato cinza a

Olho verde B

Olho azul b

Apêndice 2 - Normas da revista Genética na Escola

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

O manuscrito atende ao foco e escopo da Genética na Escola.

A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista.

O manuscrito atende às [Diretrizes para Autores](#).

As propriedades do arquivo foram removidas para garantir que os autores não sejam identificados no processo de avaliação por pares.

As figuras são autorais ou, quando elaboradas com base em imagens já publicadas, e que não são de livre acesso, estão acompanhadas de autorização de uso das imagens originais.

Submeter junto ao manuscrito a carta de submissão preenchida com o título do manuscrito, nome dos autores, instituições a que pertencem, palavras-chave e e-mail do autor correspondente.

Diretrizes para Autores

- Os textos devem atender às diretrizes gerais descritas na linha editorial. Uma vez que os artigos são redigidos em estilo de divulgação científica não devem conter citações bibliográficas, a menos que seja absolutamente imprescindível. No final do artigo, algumas referências podem ser incluídas num item denominado Para saber mais, que não deverá conter mais do que 4 referências sobre o tema tratado.
- Os artigos submetidos devem ser digitados em fonte Times New Roman, número 12, espaço duplo, com margens de 2,5 cm, em página tamanho A4.
- O texto não deverá exceder 4000 palavras, incluindo um breve resumo (exceto para as Resenhas, que não devem exceder 500 palavras e não conter resumo).
- O manuscrito contendo as figuras deve apresentar na primeira página o Título e a seção a que se destina.
- As figuras devem ser originais. Caso tenham sido anteriormente publicadas em periódicos científicos, os autores devem solicitar autorização de uso da imagem, que deve ser encaminhada junto com a submissão do manuscrito.
- As submissões devem estar acompanhadas de uma Carta de Submissão que explicita contendo o título do artigo e a indicação da seção para o qual ele se destina, os nomes

dos autores, email para correspondência da pessoa para correspondência, assim como as informações sobre suas formações acadêmicas, instituições em que trabalham e o endereço completo e até 6 palavras-chave. ([Modelo de Carta](#))

- No caso de Imagens publicadas na Internet podem ser enquadradas nas seguintes categorias de propriedade intelectual: (1) Proibição total para a reprodução ou o uso; (2) Exigência de autorização expressa para o seu uso gratuito ou remunerado. A exigência pode ser relativa à propriedade intelectual do autor da obra, ou do autor da fotografia da obra (fotografia de um quadro, p.ex.); (3) Exigência apenas da citação da fonte; (4) Destinação exclusiva ao mercado editorial, o que torna livre o uso na GE; (5) Domínio público, na qual não existe restrição.

Imagens fotográficas – (1) Provenientes da Internet ou em arquivo digital preexistente: prefira a opção com maior tamanho e melhor resolução; (2) Digitalizadas por escaneamento: selecione as cores em RGB, resolução de 300 dpi (pontos por polegadas), com largura entre 13,5 e 18 cm e altura máxima de 24,7 cm; (3) Fotografias de objetos tridimensionais ou planos: ajuste a câmera para a máxima resolução, busque um local bem iluminado, evite luz lateral e/ou sombras intensas, sempre que possível, utilize um fundo uniforme, e verifique o enquadramento para não cortar parte do objeto.

Ilustrações, gráficos, infográficos, fluxogramas e esquemas – (1) Caso estejam em pixels (arquivos bitmap - .jpg, .psd, .tif e .png), a resolução deve ser de 300 dpi, largura entre 13,5 e 18 cm, altura máxima de 24,7 cm, e em cores RGB; (2) Serão aceitas ilustrações elaboradas em vetor (.ai, .eps, .cdr). Tamanho máximo das imagens: 18 cm de largura e 24,7 cm de altura. Caso haja a necessidade de publicar imagens maiores, destinadas à impressão, como tabuleiros, por exemplo, o arquivo deve ser enviado em 300 dpi, RGB, no formato desejado para a impressão.

As imagens podem ser inseridas no texto ou enviadas separadamente.

- Não são aceitas notas de rodapé. Conceitos não definidos no texto, assim como observações complementares, podem ser apresentados como uma breve descrição num glossário. Todos os termos que compõem o glossário devem ser apresentados no manuscrito, logo abaixo do item resumo.

- No caso de propostas para a Seção Materiais Didáticos o material deve ser apresentado em formato que permita a impressão dos componentes do Material Didático para uso em sala de aula.

Na sala de aula

Proporcionar a socialização e reflexão sobre iniciativas bem-sucedidas de professores em sala de aula. Os relatos de professores do Ensino Médio ou Superior sobre aulas e sequências didáticas devem explicitar as experiências vivenciadas de modo a permitir sua reprodução por interessados. São exemplos de iniciativas bem-vindas aquelas direcionadas para o aperfeiçoamento de professores, propostas de dinâmicas, sugestões de uso de materiais e roteiros de aula.

Materiais Didáticos

Divulgar materiais didáticos inéditos tais como jogos, atividade interativas, presenciais ou virtuais, modelos etc., que tenham como foco a aprendizagem de conceitos e não apenas a memorização de termos ou de mecanismos de execução mecânica de atividades e tarefas que atendam apenas o aspecto lúdico. A sugestão de uso do material didático, que deve constar do artigo, deve ter o aluno como protagonista de seu aprendizado. O material apresentado não precisa necessariamente ter sido anteriormente trabalhado com estudantes.

Genética e Sociedade

Relatar situações em que o conhecimento científico em Genética e Biologia Evolutiva tem desdobramentos na tecnologia, ou na indústria, na saúde, na natureza ou, de modo geral, na qualidade de vida das populações. Os textos também podem trazer reflexões sobre como fatores sociais (economia, legislação, religião, ética) interferiram ou interferem nas pesquisas científicas. Os textos devem estimular a reflexão sobre as relações do conhecimento científico com fatores socioculturais. Essa seção também se destina a divulgar a relevância histórica de instituições e pesquisadores eminentes.

Um Gene

Divulgar informações científicas sobre a natureza e o funcionamento de genes específicos e que apresentem importância científica, tecnológica, histórica ou social. Genes relacionados a doenças, agricultura, pecuária, domesticação de plantas e animais, por exemplo, podem ser analisadas em detalhe. Genes importantes para o desenvolvimento histórico da Genética ou

que trouxeram grandes contribuições tecnológicas também podem ser alvo desta seção. A intenção é trazer informações detalhadas, mas em linguagem mais simples que a estritamente acadêmica, sobre genes específicos, para aumentar o repertório de conhecimento e de possibilidades de trabalho de professores de sala de aula.

Resenhas

Abrigar resenhas de Materiais Didáticos (publicados em sites diferentes da Genética na Escola) softwares, sites, livros etc., com possibilidades de utilização em sala de aula. Além do material resenhado, descrito de maneira crítica, a resenha deve apresentar sugestão(ões) de como ele pode ser utilizado em ensino (ex.: indicações de para qual séries o objeto seria adequado, com quais conteúdos escolares ele se articula). Não serão aceitas resenhas elaboradas pelos autores do material resenhado.

Conceitos em Genética

Esclarecer as ideias mais centrais da Genética e da Biologia Evolutiva. A intenção é definir os conceitos importantes, apontar aspectos frequentemente mal compreendidos por estudantes, retratar o desenvolvimento histórico das ideias, discutir desenvolvimentos científicos recentes que forneçam novos pontos de vista sobre temas centrais, atualizar ou redefinir conceitos.

Declaração de Direito Autoral

Ao submeter o manuscrito os autores concordam que o copyright de seu artigo seja transferido para a Sociedade Brasileira de Genética, se e quando o artigo for aceito para publicação. Excetuando-se o download e impressão, que são gratuitos, nenhuma parte desta publicação poderá ser utilizada sem permissão por escrito da Sociedade Brasileira de Genética.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.