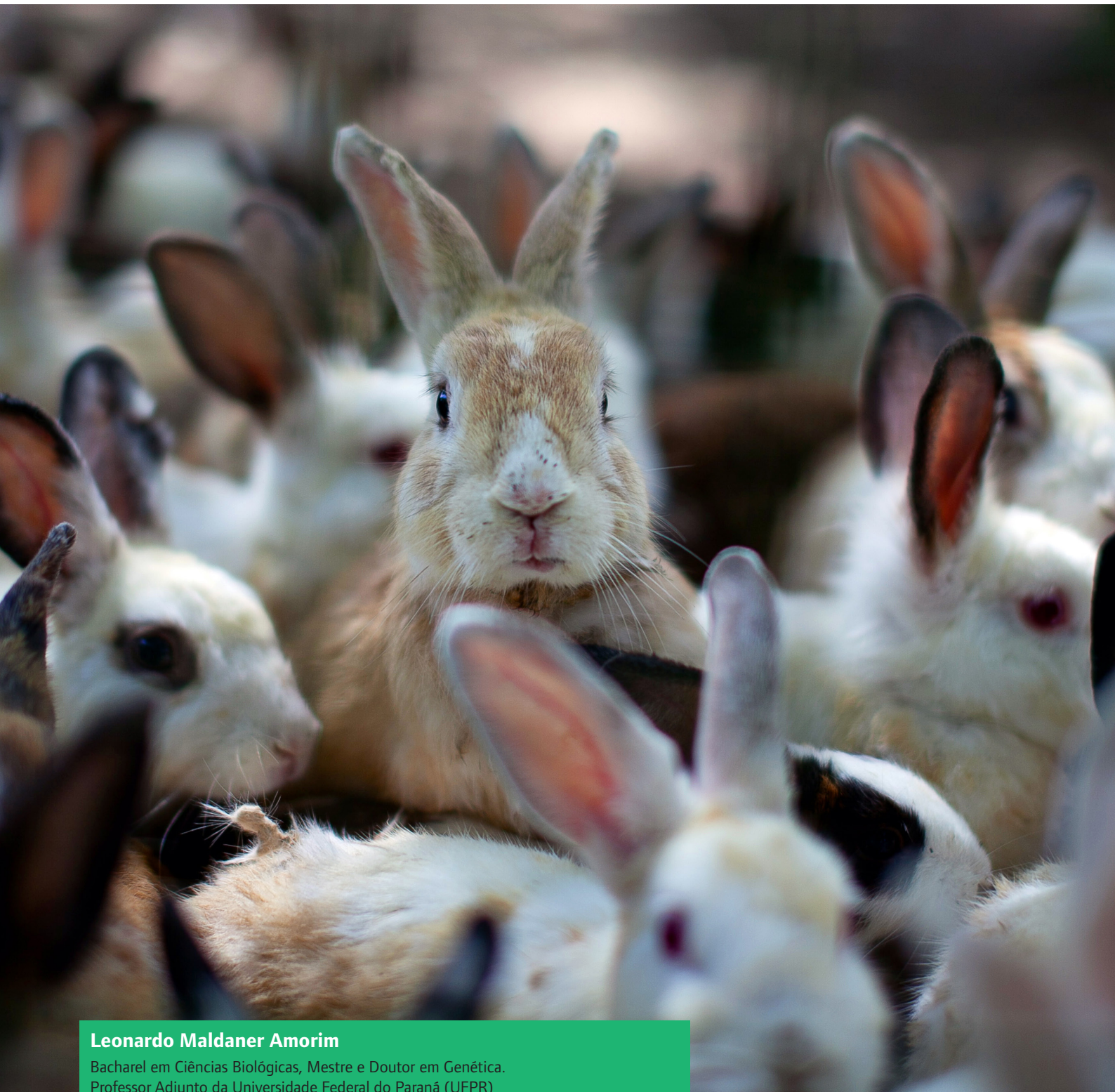


MendelX – um jogo sobre as extensões do Mendelismo

**Leonardo Maldaner Amorim**

Bacharel em Ciências Biológicas, Mestre e Doutor em Genética.
Professor Adjunto da Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Autor para correspondência – leonardo.maldaner@ufpr.br

Palavras-chave: ensino de genética, jogos didáticos, extensões do mendelismo

O jogo de tabuleiro *MendelX*, desenvolvido no âmbito do projeto de extensão “DNA em jogo” da Universidade Federal do Paraná, simula uma população de coelhos fictícios com diferentes características que seguem distintos padrões de herança, fugindo às regras da primeira e segunda leis de Mendel. O jogo utiliza mecânicas de dados, desafios genéticos e eventos aleatórios para reforçar o conteúdo de forma interativa em disciplinas de ensino superior.

MendelX: o jogo que transforma teoria em prática

O grupo de pesquisa vinculado ao projeto de extensão “DNA em jogo” da Universidade Federal do Paraná propõe o jogo *MendelX*, para ensino de extensões do mendelismo

de forma lúdica e efetiva em disciplinas de Genética para graduandos das áreas de biológicas e saúde. O jogo foi desenvolvido no formato de tabuleiro utilizando mecânica de dados e progressão simples. Neste jogo cada aluno representa um indivíduo de uma espécie rara, hipotética, de coelho. No genoma de tais coelhos existem 4 genes, que determinam características com os padrões de herança descritos no Quadro 1.

1. **Gene ATR** → controla a cor do olho do coelho, possuindo 2 alelos (**A** e **a**). Aqui temos um padrão de herança dominante, em que o alelo **A** (cor de olho vermelha) é dominante sobre o alelo **a** (cor de olho marrom).
2. **Gene ORL** → controla o tamanho das orelhas, possuindo dois alelos (**O** e **o**), com dominância incompleta. O genótipo **OO** corresponde a orelhas grandes, **oo** corresponde a orelhas pequenas, e **Oo** corresponde a orelhas médias.
3. **Gene Colorless** → determina a cor da pelagem do coelho, possuindo múltiplos alelos. O alelo **P** determina a cor preta, o alelo **B** determina a cor branca, o alelo **M** determina a cor marrom e o alelo **C** determina a cor cinza. O padrão de herança se caracteriza por dominância completa entre os alelos **P** e **B** e por codominância entre os alelos **M** e **C**, seguindo a regra ($P > B > M = C$). Indivíduos heterozigotos **MC** têm a cor mesclada.
4. **Gene LT** → determina o tamanho do corpo. O alelo **L** é dominante sobre o alelo **T**, porém o genótipo homozigoto dominante **LL** não é compatível com a vida e os indivíduos com esse genótipo morrem antes do nascimento. Indivíduos **LT** são grandes (> 30 cm) e indivíduos **TT** são pequenos (< 30 cm).

Quadro 1.

Padrões de herança das características determinadas pelos genes hipotéticos ATR, ORL, *Colorless* e LP.

Procedimento do jogo

Cada jogador assumirá o papel de um coelho e deverá seguir pelo tabuleiro (Figura 1) até a toca da felicidade. O primeiro a chegar ao final é o coelho sobrevivente e ganha o jogo. O jogo deve seguir as seguintes etapas:

1. Leitura do Quadro 1 para tomar ciência do padrão de herança dos quatro genes dos coelhos hipotéticos: ATR, ORL, *Colorless* e LT.

2. Definição do genótipo do coelho de cada participante por meio de jogo de dados de 6 lados conforme as regras abaixo:

- ♦ **Gene ATR:** O dado deve ser jogado duas vezes para determinação do genótipo. A obtenção dos números de 1 a 3 nos dados determina o alelo **A** e dos números de 4 a 6, o alelo **a**. Por exemplo, se os números obtidos forem 3 e 6, o genótipo será **Aa**. O mesmo tipo de

procedimento será utilizado para o sorteio do genótipo dos demais genes.

- ♦ **Gene ORL:** Números de 1 a 3 determinam o alelo **O** e os números de 4 a 6, o alelo **o**. O dado deve ser jogado duas vezes para determinação do genótipo.
- ♦ **Gene Colorless:** Números 1 e 2 determinam o alelo **C**; os números 3 e 4 determinam o alelo **M**; o número 5 determina o alelo **B** e o número 6, o alelo **P**. O dado deve ser jogado duas vezes para determinação do genótipo.
- ♦ **Gene LT:** Números de 1 a 3 determinam o alelo **L** e os números de 4 a 6, o alelo **T**. O dado deve ser jogado duas vezes para determinação do genótipo. Caso o jogador sorteie o genótipo **LL** (fenótipo letal) deve-se repetir o sorteio.

Após o sorteio dos genótipos nos quatro genes de cada jogador, os jogadores devem anotar em um papel seus genótipos iniciais e as miniaturas de coelho (Figura 2) devem ser posicionadas na casa inicial do tabuleiro. O primeiro jogador deve jogar um dado de 6 lados e andar o número de casas indicadas no tabuleiro. Ao longo do caminho existirão casas especiais como as descritas a seguir.

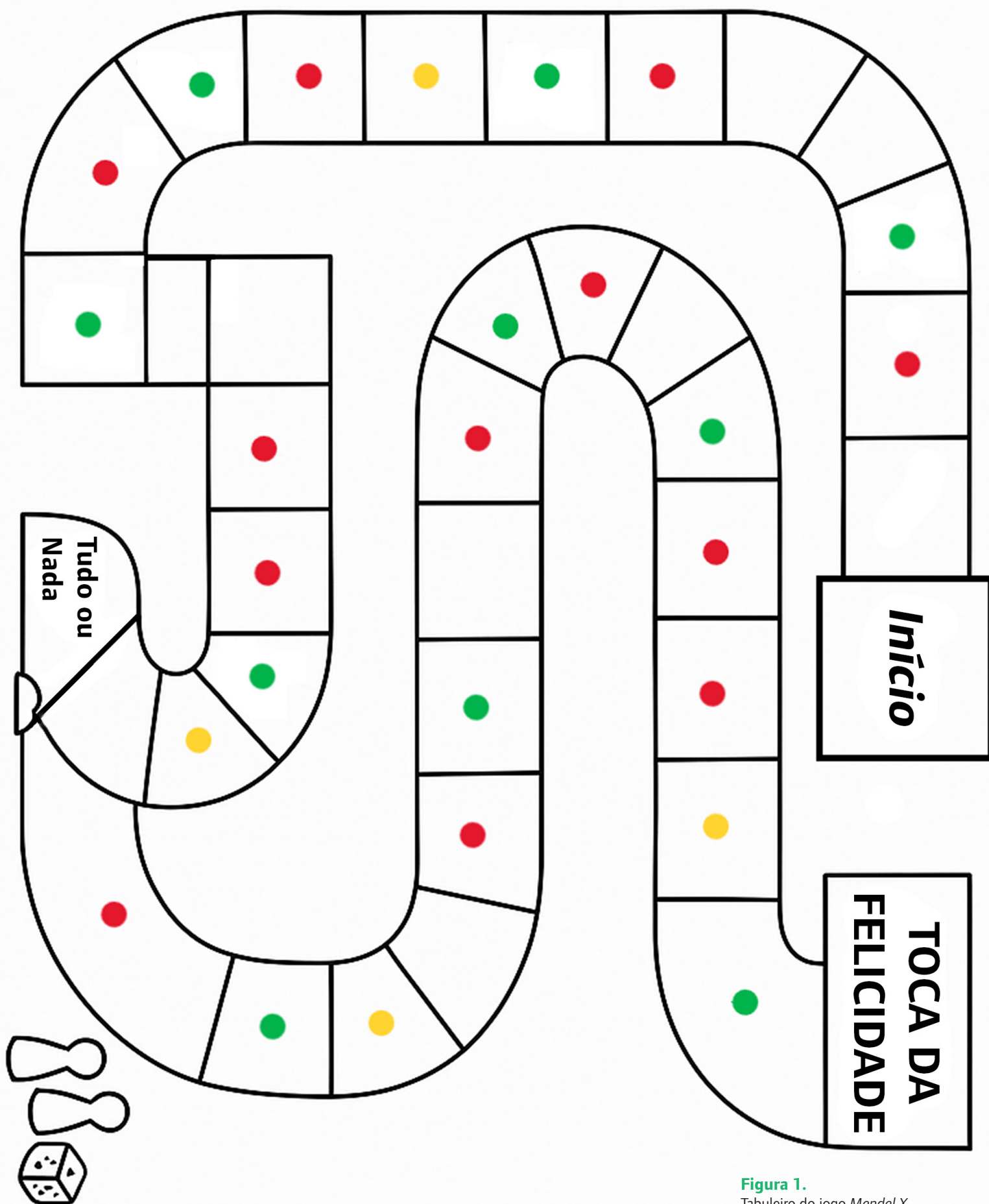
1. Casas Verdes → ao passar por casas verdes, o jogador precisa responder perguntas sobre eventuais cruzamentos com outros coelhos com genótipos específicos. É obrigatório responder à pergunta ao passar pela casa sinalizada (não precisa cair exatamente em cima da casa. Ao passar por cima dela, o jogador deve parar e responder). Se acertar a resposta, o jogador poderá continuar a avançar no tabuleiro e, se errar, deverá voltar 3 casas (a resposta poderá ser conferida pelo professor, tutor ou pelos próprios alunos através do gabarito presente no anexo I). Para definir sobre qual gene as perguntas serão feitas, o jogador deverá jogar o dado e obter os números de 1 a 4 (em caso de obtenção de 5 ou 6, o dado deve ser jogado novamente). Todas as possibilidades de cruzamentos a serem realizados e seus respectivos resultados se encontram no anexo I.

2. Casas Vermelhas (mutação) → ao parar em uma casa vermelha, o jogador deve jogar o dado. Se obtiver no jogo de dados os valores 1, 2 ou 3, a mutação não ocorre e o jogador pode continuar a partida normalmente. Se ele obtiver os valores 4, 5 ou 6, a mutação ocorre e ele deve jogar o dado novamente. A próxima rolagem de dados serve para descobrir em qual gene a mutação ocorrerá (1 a 4, conforme informações acima). A terceira etapa é determinar qual alelo sofrerá a mutação (se for 1, 2 ou 3, o primeiro alelo sofre a mutação; se for 4, 5 ou 6 o segundo alelo sofre a mutação e automaticamente muda para a forma alternativa do alelo. No caso do gene *Colorless*, uma nova rolagem deve ser feita para determinar qual alelo será o novo (1-P, 2-B, 3-M e 4-C). Se o número sorteado no dado corresponder ao mesmo alelo antes de sofrer a mutação, o jogador deve jogar o dado novamente. Com relação à mutação no gene **LT**, se o sorteio com dados determinou o genótipo **LL**, o coelho deve retornar ao início da trilha, pois o genótipo **LL** é letal.

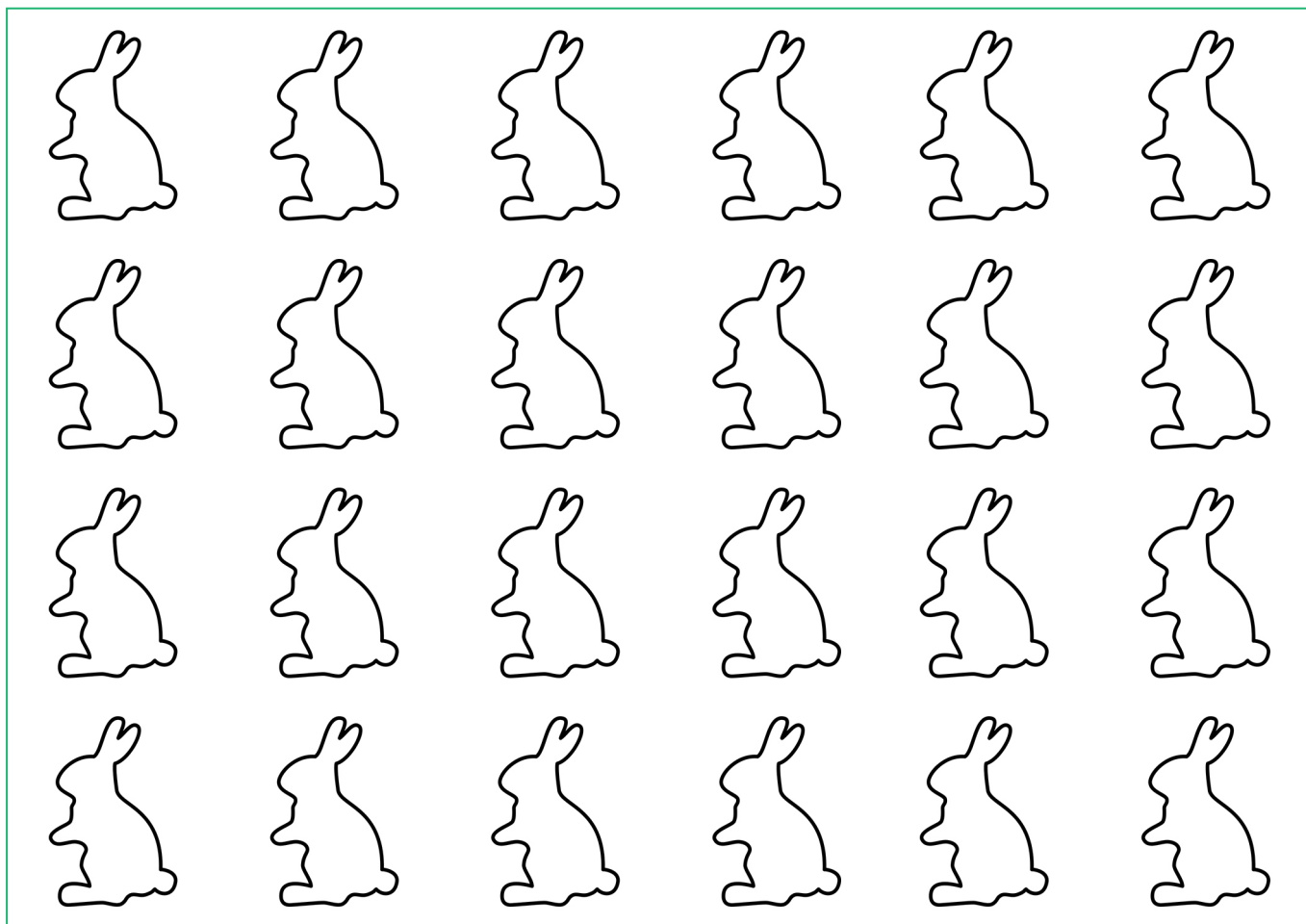
Para ilustrar as situações acima descritas apresentamos um exemplo: O jogador I joga o primeiro dado e tira 2. A mutação não ocorre e o jogo prossegue. O jogador II joga o primeiro dado e tira 5. A mutação ocorre, então o mesmo jogador joga outra vez o dado e tira 1; neste caso, a mutação ocorrerá no gene **ATR**. Ao jogar o dado uma terceira vez e sair o número 1, a mutação ocorrerá no primeiro alelo (o genótipo inicial do jogador é **Aa**). Neste caso, o novo genótipo do jogador II, nesse gene, será **aa**.

3. Casas amarelas → Casa de evento adverso. O jogador deverá voltar 3 casas, pois seu coelho encontrou um predador e decidiu que era mais seguro retornar.

4. Casa tudo ou nada → Nesta casa o jogador pode tentar a sorte e avançar 10 casas. Para isso ele tem de sobreviver a 5 jogadas de mutação no gene **LT**. Caso não se configure um genótipo **LL**, o coelho sobrevive e avança 10 casas. Caso o **LL** apareça, o jogador volta ao início do jogo.

**Figura 1.**

Tabuleiro do jogo *Mendel X*.
Imprimir em papel tamanho A4,
orientação em paisagem.



O jogo termina quando um dos jogadores chegar à toca da felicidade.

Esse jogo é conduzido pelos próprios alunos utilizando o gabarito de todos os resultados (anexo 1). Os cruzamentos devem ser verificados por colegas ou pelo professor para garantir que o jogador/aluno siga em frente caso tenha acertado ou retorne três casas ao errar. A sugestão é que o jogo seja realizado em grupos de até 6 pessoas para que não se torne muito extenso e o professor consiga monitorar os grupos.

As orientações para os professores prepararem a atividade antes da aula estão descritas no anexo 1, assim como os resultados de cada cruzamento.

Resultados em sala de aula

Este jogo, que tem como público-alvo turmas de graduação de cursos nos quais a genética

é parte da grade curricular, foi aplicado em uma turma do terceiro período do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, que estavam cursando a disciplina de Genética I. A prática foi realizada em uma turma com 15 alunos, que foram divididos em três grupos de cinco pessoas. O tempo de duração do jogo foi de 1 hora e meia, contando com um período inicial para explicação das regras. Houve um significativo progresso na velocidade com que os alunos realizavam os cálculos à medida com que avançavam no tabuleiro. Mais próximo ao final do jogo, muitos conseguiam realizar os cálculos sem precisar usar a folha e o papel, e na metade do tempo que levavam ao início da partida. Ao final da aula, os alunos foram questionados sobre a eficácia do jogo no aprendizado do conteúdo de extensões do Mendelismo. Muitos afirmaram que haviam conseguido entender melhor os conhecimentos obtidos na aula teórica e que a repetição dos cálculos ao longo do jogo ajudou na fixação do conhecimento.

Figura 2.

Modelos de peão em formato de coelho para utilização no jogo. Podem ser impressos em papel sulfite A4 ou em papéis de gramatura maior. Os coelhos podem ser coloridos antes da impressão ou com canetas/tintas pelos próprios alunos antes do jogo.

Anexo 1.

I. Instruções para o professor

Para jogar a classe deve ser dividida em grupos com 4 a 6 participantes cada.

Preparar para cada um dos grupos de jogadores o material listado abaixo, que será entregue a cada um dos grupos:

1. Imprimir e plastificar o Tabuleiro da Figura 1, assim ele poderá ser reutilizado;
2. Imprimir e plastificar o Quadro 1;
3. Imprimir a Figura 2, referente aos coelhos (peões do jogo), que podem ser impressos em papel ou em impressora 3D. Cada um dos grupos receberá um coelho para cada participante;
4. Imprimir o item “Procedimento do Jogo” para cada grupo de jogadores;
5. Imprimir a tabela abaixo e em seguida recortar os genótipos de cada um dos genes e colocá-los em um saquinho. Identificar cada saquinho, na parte externa, com o nome do gene.

Genes	Genótipos									
ATR	AA	Aa	aa							
ORL	OO	Oo	oo							
Colorless	PP	PB	PC	PM	BB	BC	BM	CC	CM	MM
LT	LL	LT	TT							

Resultados dos cruzamentos possíveis de serem realizados, com os respectivos genótipos e fenótipos dos descendentes:

Gene ATR

Cruzamentos	Frequência Fenotípica	Frequência Genotípica
AA x AA	100% olhos vermelhos	100% AA
AA x Aa	100% olhos vermelhos	50% AA e 50% Aa
AA x aa	100% olhos vermelhos	100% Aa
Aa x Aa	75% olhos vermelhos e 25% olhos marrons	25% AA, 50% Aa e 25% aa
Aa x aa	50% olhos vermelhos e 50% olhos marrons	50% Aa e 50% aa
aa x aa	100% olhos marrons	100% aa

Gene ORL

Cruzamentos	Frequência Fenotípica	Frequência Genotípica
OO x OO	100% orelhas grandes	100% OO
OO x Oo	50% orelhas grandes e 50% orelhas médias	50% OO e 50% Oo
OO x oo	100% orelhas médias	100% Oo
Oo x Oo	25% orelhas grandes, 50% orelhas médias e 25% orelhas pequenas	25% OO, 50% Oo e 25% oo
Oo x oo	50% orelhas médias e 50% orelhas pequenas	50% Oo e 50% oo
oo x oo	100% orelhas pequenas	100% oo

Gene *Colorless*

Cruzamentos	Frequência Fenotípica	Frequência Genotípica
PP x PP	100% Pretos	100% PP
PP x PB	100% Pretos	50% PP e 50% PB
PP x PC	100% Pretos	50% PP e 50% PC
PP x PM	100% Pretos	50% PP e 50% PM
PP x BB	100% Pretos	100% PB
PP x BC	100% Pretos	50% PB e 50% PC
PP x BM	100% Pretos	50% PB e 50% PM
PP x CC	100% Pretos	100% PC
PP x CM	100% Pretos	50% PC e 50% PM
PP x MM	100% Pretos	100% PM
PB x PB	75% Pretos e 25% Brancos	50% PB, 25% PP e 25% BB
PB x PC	75% Pretos e 25% Brancos	25% PP, 25% PB, 25% PC e 25% BC
PB x PM	75% Pretos e 25% Brancos	25% PP, 25% PB, 25% PM e 25% BM
PB x BB	50% Pretos e 50% Brancos	50% PB e 50% BB
PB x BC	50% Pretos e 50% Brancos	25% PB, 25% PC, 25% BB e 25% BC
PB x BM	50% Pretos e 50% Brancos	25% PB, 25% PM, 25% BB e 25% BM
PB x CC	50% Pretos e 50% Brancos	50% PC e 50% BC
PB x CM	50% Pretos e 50% Brancos	25% PC, 25% PM, 25% BC e 25% BM
PB x MM	50% Pretos e 50% Brancos	50% PM e 50% BM
PC x PC	75% Pretos e 25% Cinzas	50% PC, 25% PP e 25% CC
PC x PM	75% Pretos e 25% Mesclados	25% PP, 25% PM, 25% PC e 25% CM
PC x BB	50% Pretos e 50% Brancos	50% PB e 50% BC
PC x BC	50% Pretos, 25% Brancos e 25% Cinzas	25% PB, 25% PC, 25% BC e 25% CC
PC x BM	50% Pretos, 25% Brancos e 25% Mesclados	25% PB, 25% PM, 25% BC e 25% CM
PC x CC	50% Pretos e 50% Cinzas	50% PC e 50% CC
PC x CM	50% Pretos, 25% Cinzas e 25% Mesclados	25% PC, 25% PM, 25% CC e 25% CM
PC x MM	50% Pretos e 50% Mesclados	50% PM e 50% CM
PM x PM	75% Pretos e 25% Marrons	50% PM, 25% PP e 25% MM
PM x BB	50% Pretos e 50% Brancos	50% PB e 50% BM
PM x BC	50% Pretos, 25% Brancos e 25% Mesclados	25% PB, 25% PC, 25% BM e 25% CM
PM x BM	0% Pretos, 25% Brancos e 25% Marrons	25% PB, 25% PM, 25% BM e 25% MM
PM x CC	50% Pretos e 50% Mesclados	50% PC e 50% CM
PM x CM	50% Pretos, 25% Mesclados e 25% Marrons	25% PC, 25% PM, 25% CM e 25% MM
PM x MM	50% Pretos e 50% Marrons	50% PM e 50% MM
BB x BB	100% Brancos	100% BB
BB x BC	100% Brancos	50% BB e 50% BC
BB x BM	100% Brancos	50% BB e 50% BM
BB x CC	100% Brancos	100% BC
BB x CM	100% Brancos	50% BC e 50% BM
BB x MM	100% Brancos	100% BM

BC X BC	75% Brancos e 25% Cinzas	50% BC, 25% BB e 25% CC
BC X BM	75% Brancos e 25% Mesclados	25% BB, 25% BC, 25% BM e 25% CM
BC X CC	50% Brancos e 50% Cinzas	50% BC e 50% CC
BC X CM	50% brancos, 25% Cinzas e 25% Mesclados	25% BC, 25% BM, 25% CC e 25% CM
BC X MM	50% Brancos e 50% Mesclados	50% BM e 50% CM
BM X BM	75% Brancos e 25% Marrons	50% BM, 25% BB e 25% MM
BM X CC	50% Brancos e 50% Mesclados	50% BC e 50% CM
BM X CM	50% Brancos, 25% Mesclados e 25% Marrons	25% BC, 25% BM, 25% CM e 25% MM
BM X MM	50% Brancos e 50% Marrons	50% BM e 50% MM
CC X CC	100% Cinzas	100% CC
CC X CM	50% Cinzas e 50% Mesclados	50% CC e 50% CM
CC X MM	100% Mesclados	100% CM
CM X CM	50% Mesclados, 25% Cinzas e 25% Marrons	50% CM, 25% CC e 25% MM
CM X MM	50% Mesclados e 50% Marrons	50% CM e 50% MM
MM X MM	100% Marrons	100% MM

Gene LT

Cruzamentos	Frequência Fenotípica	Frequência Genotípica
LL x LL	Não ocorre/LL não compatível com a vida	Não ocorre/LL não compatível com a vida
LL x LT	100% Grandes	100% LT (indivíduos LL não são compatíveis com a vida)
LT x LT	66,7% Grandes e 33,3% Pequenos	66,7% LT e 33,3% TT (indivíduos LL não são compatíveis com a vida)
LT x TT	50% Grandes e 50% Pequenos	50% LT e 50% TT
TT x TT	100% Pequenos	100% TT