

Mendel para todas as idades – uma prática na educação de jovens e adultos



Luiz Filipe de Macedo Bartoleti

EMEJA Nísia Floresta Brasileira Augusta, Campinas, SP

Autor para correspondência - luiz.bartoleti@educa.campinas.sp.gov.br

Palavras-chave: primeira lei de Mendel, práticas complementares, cruzamentos, dominância, educação de jovens e adultos, EJA

Este artigo relata a aplicação de uma prática simples e de baixo custo utilizada para trazer a complexidade dos temas da genética para as salas de aula da Educação de Jovens e Adultos (EJA). A atividade coloca os alunos no papel de Gregor Mendel ao realizar cruzamentos entre diferentes plantas de ervilha e busca demonstrar, de forma lúdica, os processos que guiam a formação dos diferentes fenótipos. Espera-se que esta atividade sirva como um ponto de partida para a apresentação e discussão de temas mais profundos da genética que despertam a curiosidade dos alunos.

A educação de jovens e adultos

Apesar de seus alicerces enquanto políticas públicas datarem da Constituição de 1988, a Educação de Jovens e Adultos (EJA) no Brasil ainda trilha caminhos tortuosos. Mesmo sendo uma modalidade dentro da educação básica e contando com um público potencial de mais de 50 milhões de jovens e adultos que não concluíram o ensino fundamental, a EJA frequentemente é relegada às sobras do ensino regular.

Os alunos que ousam desbravar a modalidade costumam ter trajetórias de escolarização truncadas pela necessidade de trabalhar, em casa ou fora dela. Frequentemente descrevem seu tempo na escola como “fracassado” e carregam consigo dificuldades e bloqueios que demandam muito tempo e dedicação para serem superados.

A EJA e o currículo de ciências naturais

A ausência de menção à EJA na nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é emblemática sobre o tratamento à margem dispensado à modalidade. Essa característica confere ampla autonomia aos docentes para criar um plano pedagógico específico para cada sala de aula. Nesse sentido, repensar o currículo trabalhado na EJA deve ser prática frequente. As ciências naturais, que no ensino básico são tradicionalmente ensinadas como uma sucessão de nomes e fatos a serem

decorados, merecem uma atenção ainda mais especial. É de suma importância que os conteúdos ministrados sejam capazes de dialogar com as histórias de vida dos indivíduos que a frequentam. Para isso, os docentes devem ser capazes de acessar os assuntos que despertam curiosidade dos alunos e incluí-los em seus programas disciplinares. Práticas complementares, que envolvam experimentação, dinâmicas, pesquisas, também devem ser utilizadas, de acordo com a disponibilidade de cada instituição. O compartilhamento de práticas de baixo custo voltadas especificamente a esse público, que em geral apresenta dificuldades diferenciadas e trajetória escolar descontínua, deve ser fortemente encorajado.

A genética tem vez na EJA?

Geralmente, assuntos mais complexos costumam ser evitados pelos docentes em suas turmas de EJA. Entre esses assuntos estão a discussão dos conceitos genéticos, considerados como abstratos demais para o entendimento desses estudantes. Entretanto, mesmo sem saber, a curiosidade dos alunos por esse tema é frequentemente expressa nas mais diversas situações dentro da sala de aula, seja indagando sobre doenças e síndromes congênitas; levantando questões sobre testes de paternidade; tentando entender como funciona a herdabilidade das características humanas; ou buscando orientação sobre o que são os alimentos transgênicos – uma vez que a genética permeia o imaginário desses alunos de muitas maneiras. O ensino da genética na educação básica é costumei-

ramente voltado aos conteúdos que são mais frequentes nos vestibulares do país, sem necessariamente estabelecer relações com o cotidiano dos alunos. É importante, então, que os docentes encontrem maneiras de abordar as bases da genética de forma a aproximar os estudantes do assunto, sempre que possível estabelecendo um diálogo entre o conteúdo e suas experiências de vida e corrigindo conceitos errôneos frequentemente assimilados em situações não escolares.

Objetivos

Esta proposta buscou elaborar uma dinâmica de baixo custo para trabalhar a primeira Lei de Mendel com alunos dos anos finais do Ensino Fundamental na modalidade de Educação de Jovens e Adultos. A dinâmica é centrada na simulação de cruzamentos entre plantas de ervilha-de-cheiro (*Pisum sativum*), similares aos realizados por Gregor Mendel (1822-1884) no século XIX, sendo os alunos responsáveis por realizar todos os cruzamentos, anotar os genótipos e inferir os fenótipos de cada indivíduo. Assim, os alunos assumiriam o protagonismo do experimento, não se limitando a decorar as proporções passadas pelo professor.

Dentre os seus objetivos específicos, essa dinâmica busca que o aluno compreenda que:

- as características hereditárias são transmitidas pelos parentais por meio de estruturas denominadas cromossomos, presentes nos gametas masculino e feminino;
- nos cromossomos existem segmentos de DNA chamados genes que são as unidades genéticas das informações hereditárias;
- os gametas dos parentais contêm apenas metade do número de cromossomos da espécie;
- a união dos gametas masculino e feminino recompõe o número original de cromossomos e dá origem a uma prole com material genético formado por metade de cada parental;
- os alelos de um gene podem se apresentar em dois estados: recessivos (que se expres-

sam em homozigose) e dominantes (que se expressam em homozigose e heterozigose);

- a característica observável na prole depende do estado dos alelos oriundos de ambos os parentais;
- num cruzamento entre heterozigóticos para uma característica com dominância completa, a proporção fenotípica da prole respeitará a proporção 3:1.

Contextualização das turmas

A atividade foi aplicada em duas turmas do 3º termo (equivalente ao 8º ano do ensino fundamental) do período noturno da EMEJA Nísia Floresta Brasileira Augusta, em Campinas/SP, sendo uma turma no primeiro semestre de 2019 e a outra turma no semestre seguinte. A faixa etária dessas turmas variava dos 26 aos 68 anos. Apesar da diferença nas idades, eram turmas de convivência bastante harmoniosa e que, em comum, não conheciam e nem dominavam quaisquer conceitos relacionados à genética.

1ª parte: abordagem prévia dos assuntos

Para que fosse assegurada a total compreensão da prática, alguns assuntos foram tratados anteriormente na forma de aulas expositivas. Os temas abordados foram: natureza do material genético, o que é e onde se encontra o DNA; hereditariedade das características genéticas e como o DNA dos parentais é transmitido à prole; os estados possíveis de dominância entre alelos (alelos dominantes e recessivos); como é determinado o fenótipo em caracteres monogênicos com dominância completa, isto é, de que forma os genes expressam características que podemos observar externamente nos organismos; como se dá a reprodução sexuada, com enfoque principal em plantas angiospermas, em estruturas florais envolvidas na reprodução sexuada entre indivíduos diferentes. Todos os assuntos foram adaptados - tanto na forma quanto no tempo dispensado a cada um deles - para serem adequados à realidade de salas de EJA.

Cerca de cinco aulas foram utilizadas para abordar todos esses conteúdos, num modelo prevalente de: explicação teórica mais debate simultâneo, leitura de textos de apoio e realização de exercícios de fixação.

2ª parte: Gregor Mendel, muito prazer

No dia de aplicação da atividade prática, o processo foi iniciado pela contextualização histórica de Gregor Mendel. O objetivo não foi fornecer descrição detalhada de sua vida e obra, mas apenas chamar a atenção dos alunos para quem era o cientista por trás da descoberta. Chama bastante atenção o fato de os alunos da EJA não estarem familiarizados com cientistas quando se pergunta, em uma sala cheia de alunos, quantos saberiam infor-

mar o nome de um cientista. Muitas vezes a resposta é o silêncio. Assim, mostrar que Mendel fugia do estereótipo esperado de um cientista, pode aproximá-lo dos estudantes.

Além disso, a abordagem histórica da ciência é fundamental para compreendê-la como mutável e dinâmica. Frequentemente os alunos são informados que a ciência traz respostas definitivas, estáticas, de forma que passam a desacreditá-la quando as descobertas de hoje contradizem as de outra época. Entender que a mudança e a quebra de paradigmas estão no cerne do processo científico é fundamental para a sua devida compreensão. Nesse sentido, é sempre necessário que o docente se aproprie do método científico e busque trabalhar quaisquer conteúdos das ciências naturais sob essa ótica.



Figura 1. Estátua de Gregor Mendel, localizada no mosteiro onde viveu e realizou seus experimentos em Brno, atual República Tcheca (Créditos da imagem: autoria própria).

3ª parte: cruzando plantas de ervilhas

A proposta partiu do princípio de que os alunos seriam colocados no papel de Mendel, em pleno século XIX, mas com boa quantidade de conhecimento científico acumulado. Eles seriam responsáveis por reproduzir os cruzamentos feitos por Mendel e, a partir de-

les, verificar a consistência da hipótese de que a prole de indivíduos heterozigóticos para uma dada característica respeita a proporção fenotípica de 3:1. A característica escolhida para esta prática foi a cor da flor da ervilha-de-cheiro, que pode ser púrpura (genótipos AA, Aa e aA) ou branca (genótipo aa). Na aplicação desta prática, os dois fenótipos foram nomeados “Vermelha” e “Branca” e serão, deste ponto em diante, assim referidos.



Figura 2.
Acima - Sementes de ervilha destacando fenótipos observados por Mendel (cores verde ou amarela, textura lisa ou rugosa). **Abaixo** - Canteiros de ervilhas, similares aos cultivados por Mendel. Notar a proporção 3:1. Mendel Museum, Brno, atual República Tcheca (Créditos das imagens: autoria própria).

Todo o material utilizado nesta prática já estava disponível na escola, e a preparação foi feita individualmente por cada aluno. Materiais necessários:

- Copos plásticos (2 por aluno);
- Papel colorido (duas cores contrastantes, de preferência do mesmo material);
- Tesoura;
- Caneta (para escrever no copo plástico e no papel colorido);
- Folha sulfite com a tabela do Anexo I impressa.

Cada aluno recebeu dois copos plásticos, representando os dois parentais, e foram instruídos a identificá-los com a caneta como “P1” e “P2”. Em seguida, receberam pedaços dos papéis coloridos, que deveriam recortar em pequenos círculos de mesmo tamanho, o que é muito importante para que não haja diferenças na probabilidade de sorteio de um dos alelos. Os círculos de uma cor repre-

sentavam os alelos dominantes e os alunos deveriam identificá-los com a letra “A”, e os da outra cor eram os alelos recessivos, identificados com a letra “a”. Então, como ambos os parentais eram heterozigóticos para a característica estudada, os alunos colocaram o mesmo número de círculos de cada cor em cada um dos copos, representando a proporção idêntica da produção de gametas com o alelo dominante e o alelo recessivo.

A partir disso, cada aluno iniciou os cruzamentos, retirando um círculo colorido do copo correspondente ao P1 e outro do copo correspondente ao P2. Os alelos representados por cada círculo foram transcritos para uma das linhas de uma tabela entregue previamente (Anexo I), já impressa com a separação por cruzamentos, e o fenótipo inferido para cada cruzamento também foi anotado. Os alelos retirados em cada cruzamento foram devolvidos aos copos, para que a proporção entre dominantes e recessivos não fosse alterada. Esse processo foi repetido por 15 vezes.

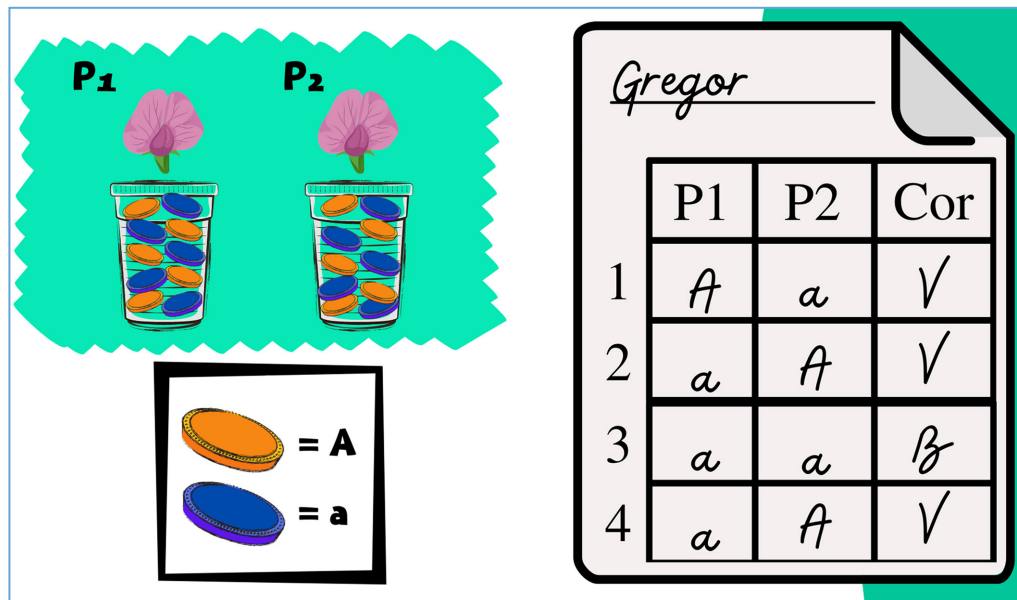


Figura 3. Representação esquemática da dinâmica. Os dois copos plásticos são os parentais, com números iguais de círculos de duas cores diferentes, que correspondem aos gametas com os alelos dominantes e recessivos. À direita, representação da ficha de cruzamentos, indicando o alelo proveniente de cada parental e o fenótipo de cada indivíduo da prole (V = vermelha, B = branca).

Após a finalização desse processo por cada aluno, houve o compilamento das informações de toda a sala e a construção de uma tabela única. Nela, deveriam constar apenas a informação de quantas flores vermelhas e brancas foram obtidas em cada conjunto de

15 cruzamentos feitos por cada aluno. Na lousa, foi efetuada a soma das flores vermelhas e brancas obtidas. Para obter a proporção entre os dois fenótipos, foi feita a divisão entre o número total de flores vermelhas pelo número de brancas.

4ª parte: resultados obtidos

Houve um empenho bastante notável da parte dos alunos em todas as etapas práticas do experimento, mesmo nas partes de preparação dos materiais que exigiam apenas dedicação manual (as tarefas de recortar e identificar os círculos coloridos, por exemplo).

A Figura 4 mostra os dados reais obtidos por um dos grupos de alunos. Foi realizado um total de 150 cruzamentos, dos quais 111 resultaram em indivíduos com flores vermelhas e 39 com flores brancas. A proporção entre flores vermelhas e brancas foi de 2,85, algo bem próximo das proporções obtidas por Mendel em seus experimentos reais.

	Vermelha	Branca	Total
Marli	10	5	15
Audeci	11	4	15
Claudete	10	5	15
Helena	10	5	15
Jamaína	12	3	15
Adriana	13	2	15
Raissa	13	2	15
Miguel	8	7	15
Juliano	12	3	15
Anderson	12	3	15
Total	111	39	150

Figura 4. Tabela construída por uma das turmas em que a atividade foi aplicada (Créditos da imagem: autoria própria).

5ª parte: consolidando os conhecimentos

É importante ressaltar que os educandos matriculados na Educação de Jovens e Adultos costumam apresentar dificuldades em articular suas ideias em forma de linguagem

escrita, mesmo quando dominam plenamente o assunto abordado. Devido a isso, boa parte das atividades de consolidação dos conhecimentos são feitas em formato de círculos de cultura, por meio de sessões abertas de discussão entre todos os envolvidos em determinada atividade.

Após a ampla discussão dos mais variados temas levantados por meio da atividade prática, os alunos foram convidados a realizar alguns exercícios de fixação de conteúdo (Anexo II). Esses exercícios buscavam verificar se a dinâmica havia cumprido os seus objetivos específicos, de forma a propiciar a apropriação dos conceitos pelos alunos. As questões em que os alunos apresentaram maiores dificuldades foram as dissertativas (4, 5 e 6). Na primeira, a principal dificuldade foi a capacidade de abstração, ou seja, de reconhecer que o conhecimento aplicado para a coloração das flores de ervilhas também se aplica às características monogênicas humanas. Na questão 5, a grande dificuldade foi transpor o conhecimento consolidado para a forma de resposta escrita estruturada. É interessante notar que, mesmo após a incorporação dos termos genéticos adequados em seu vocabulário, os alunos continuaram utilizando em suas respostas expressões que já conheciam e que cumprem bem o papel da ideia que eles queriam passar (alelos “mais fortes” ou “mais fracos” em vez de “dominantes” e “recessivos”). Por fim, as respostas dadas para a questão 6 mostram que houve consolidação do conhecimento sobre a relação entre características observáveis (fenótipo) e as características genéticas (genótipo) e a maneira como elas influenciam a determinação de características da prole.

Analizando a experiência

Dinâmicas e práticas como a apresentada buscam aliviar o peso de aulas puramente expositivas e promover a assimilação dos conteúdos por meio da participação ativa dos alunos. Embora exista uma infinidade de atividades práticas criadas para trabalhar este conteúdo específico, optou-se por desenvolver uma nova abordagem que levasse em consideração o perfil dos alunos, os conhecimentos prévios da turma e a utilização apenas de materiais comumente disponíveis em escolas da Educação de Jovens e Adultos. Assim, a prática que apresentamos, apesar de não esgotar ou aprofundar o tema das leis de Mendel, foi eficaz em apresentá-lo a um per-

fil de alunos que costuma concluir os estudos do Ensino Fundamental sem nunca ouvir falar do assunto.

A ideia de colocar os alunos como realizadores dos cruzamentos foi primordial para o engajamento na aula. Embora feita de forma individual, a dinâmica gerou uma extensa troca de comentários por todos que estavam ávidos em saber se os resultados obtidos pelos colegas eram semelhantes aos seus. Nesse sentido, a prática cumpriu o papel de estimular os alunos a participarem da construção do aprendizado e a compreenderem o processo realizado por Mendel.

A partir dessa simples dinâmica, puderam ser abordados diversos temas, não apenas os relacionados às leis de Mendel. As discussões após a prática centraram-se amplamente no método científico e no fazer ciência: como extrapolar os resultados de seus experimentos e criar modelos que sejam válidos para outras situações e/ou outros organismos? Em que ponto o modelo estruturado passa a ser uma “lei”? Com isso, aspectos da filosofia e história da ciência tiveram que ser trazidos para a discussão, esclarecendo a necessidade de que o experimento possa ser replicado e que obtenha resultado semelhantes em outras condições e com outros organismos antes de ser caracterizado como Lei; e, também, a própria história dos resultados de Mendel, que não foram prontamente aceitos e ficaram eclipsados até o início do século XX, quando foram redescobertos, mostra que o percurso da ciência não é sempre linear, mas sim caracterizado por mudanças constantes.

A discussão também contemplou a extrapolação do observado nos cruzamentos com ervilhas para as características genéticas em geral, principalmente as humanas. Traços como a cor da pele, apesar de não serem estritamente mendelianos, foram levantados pelos alunos e utilizados como exemplos para auxiliar na compreensão do papel dos genes na determinação das características observáveis. Outros traços como tipo sanguíneo e daltonismo, que seguem herança mendeliana, foram trazidos também para complementar os exemplos.

Outro aspecto que chamou bastante a atenção dos estudantes foi o cálculo da proporção entre flores vermelhas e brancas. Boa parte deles argumentou que esperava que o resultado fosse exatamente 3, como previsto pela hipótese. Nesse ponto, foi necessário retomar o que são modelos científicos, além de aprofundar um pouco no que já havia sido falado de probabilidade. A compreensão por parte dos alunos foi maior quando entenderam que a proporção de 75% para 25% é um modelo que considera um número infinito de cruzamentos, ou seja, essa é a probabilidade esperada, e a chance de obtermos uma flor vermelha em um cruzamento é três vezes maior do que a de obtermos uma flor branca. Seguindo essa discussão, também foi bastante interessante falar sobre tamanho amostral. Observando os cruzamentos realizados individualmente, eles perceberam que poucos encontravam-se perto da proporção de 3:1. Quando

o cálculo foi realizado utilizando a soma de todos os cruzamentos, o valor encontrado chegou consideravelmente mais próximo da proporção esperada. Assim, compreenderam que a quantidade de cruzamentos afeta diretamente a proporção encontrada, e que quanto mais cruzamentos forem realizados, maiores as chances de alcançar um número mais próximo ao esperado pelo modelo. As possíveis dificuldades e resistência esperadas em relação à matemática por parte dos alunos foram facilmente contornadas, o que ressalta as vantagens de se trabalhar esses conceitos de forma lúdica e prática. É importante que essas dificuldades não desestimulem a aplicação dessa atividade nem a abordagem de outros conteúdos que exijam certo grau de compreensão matemática; é fundamental que o professor busque maneiras diferenciadas de abordar esses temas, de modo a facilitar a compreensão pelos alunos.



Conclusões

Pelo empenho dos alunos na dinâmica, a qualidade da discussão que se seguiu e a observação dos exercícios de fixação realizados, percebe-se que esta prática foi efetiva em apresentar a primeira Lei de Mendel para o público da Educação de Jovens e Adultos.

Além da efetividade, o custo foi virtualmente nulo e o ganho de aprendizagem foi evidente. O modelo de simulação de cruzamentos utilizando alelos construídos pelos alunos é facilmente adaptável para explorar outros temas como formação de gametas, segunda Lei de Mendel e até mesmo assuntos mais avançados como endogamia e deriva genética, entre outros.

Anexo I:

Tabela para a realização dos cruzamentos.

	Parental 1	Parental 2	Cor da flor
Cruzamento 1			
Cruzamento 2			
Cruzamento 3			
Cruzamento 4			
Cruzamento 5			
Cruzamento 6			
Cruzamento 7			
Cruzamento 8			
Cruzamento 9			
Cruzamento 10			
Cruzamento 11			
Cruzamento 12			
Cruzamento 13			
Cruzamento 14			
Cruzamento 15			

Lembre-se:

AA, Aa ou aA = vermelha

aa = branca

Anexo II:

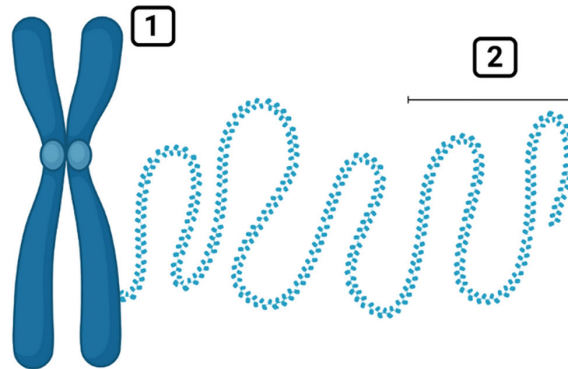
Exercícios de fixação dos conteúdos apresentados aos alunos após a prática.

CIÊNCIAS | LEI DE MENDEL

Responda às atividades abaixo sobre os conteúdos que discutimos em sala de aula.

DNA, CROMOSSOMOS E ESTRUTURAS CELULARES

- 1) Quais os nomes das estruturas marcadas pelos números 1 e 2 na figura abaixo?

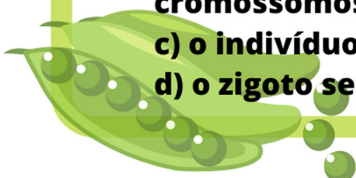


- 2) Uma célula anucleada (sem núcleo) não possui as estruturas responsáveis por:

- a) produzir a própria energia;
- b) produzir proteínas;
- c) transmitir informações genéticas hereditárias;
- d) realizar respiração celular.

- 3) Caso um gameta masculino seja produzido com um cromossomo a menos,

- a) o gameta feminino contribuirá com um cromossomo a mais e o zigoto será viável;
- b) será formado um zigoto com menor número de cromossomos, e ele poderá ser viável ou não;
- c) o indivíduo será fisicamente mais parecido com a mãe;
- d) o zigoto será, obrigatoriamente, inviável.



CIÊNCIAS | LEI DE MENDEL

Responda às atividades abaixo sobre os conteúdos que discutimos em sala de aula.

GENES, ALELOS E DOMINÂNCIA

- 4** Considere que a cor dos olhos em humanos é determinada por um único gene a . O genótipo AA determina olhos castanhos, enquanto o aa determina olhos azuis. Se ambos os parentais em um cruzamento possuem genótipo Aa, escreva os 3 possíveis genótipos dos filhos e os fenótipos a que eles correspondem.

- 5** Frequentemente ouvimos que um bebê é "a cara do pai" ou "a cara da mãe". Discuta essas afirmações baseado nos conceitos de alelos dominantes e recessivos.

- 6** Se Mendel tivesse realizado cruzamentos entre plantas de flores vermelhas e brancas, teria obtido os mesmos resultados dos experimentos feitos apenas entre flores vermelhas? Por quê?

BÔNUS

Elabore uma pergunta sobre algum conceito de genética que ainda não ficou claro para você.

