

# Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelha?



Cléia Rosani Baiotto<sup>1,2</sup>, Lenira M. N. Sepel<sup>2,3</sup>, Elgion L. S. Loreto<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Ciências da Saúde e Agrárias, Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), Cruz Alta, RS

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Universidade Federal de Santa Maria, RS

<sup>3</sup> Departamento de Ecologia e Evolução, Universidade Federal de Santa Maria, RS

<sup>4</sup> Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Universidade Federal de Santa Maria, PPG Educação em Ciências, RS

Autor para correspondência: cbaiotto@unicruz.edu.br

**Palavras-chave:** ensino de genética, padrões de herança mendeliana, contextualização nos livros de genética

Os “padrões de herança mendelianos” constituem um dos principais assuntos do ensino de Genética no ensino médio. Compreender o que é uma herança autossômica dominante ou recessiva é muitas vezes o ponto de partida da maioria dos professores, 150 anos depois da publicação dos trabalhos de Mendel. Contudo, a escolha de exemplos pode ser problemática, visto que vários dos casos comumente escolhidos para ilustrar a Primeira Lei de Mendel não representam, de fato, características monogênicas que se transmitem de forma mendeliana. Neste trabalho, analisamos exemplos comumente presentes em livros didáticos e propomos que a escolha dos casos, a ser feita por cada professor, seja objeto de reflexão que pondere vantagens e riscos, particularmente quando os exemplos referem-se a características humanas. Essa reflexão pode garantir que os exemplos escolhidos sejam conceitualmente corretos e, ao mesmo tempo, motivadores para os estudantes.

## A HISTÓRIA DE MENDEL NO ENSINO DE GENÉTICA

Partindo do senso comum é fácil constatar que indivíduos de uma mesma família podem ser muito semelhantes; é consenso, por exemplo, que pais transmitem aos filhos muitos de seus traços. A percepção da existência de características hereditárias é muito antiga e, ao longo do tempo, muitas teorias tentaram explicar como essas heranças ocorriam. Somente no século XIX, a partir da observação cuidadosa dos resultados de cruzamentos entre plantas de ervilhas, que o mistério da transmissão de características hereditárias começou a ser desvendado.

Há 150 anos, em um modesto jardim de um mosteiro da cidade de Brno (hoje República Tcheca), Gregor Mendel lançou as bases para o entendimento de como as características herdáveis são transmitidas. Mendel analisou mais de 10.000 plantas de ervilha e os resultados obtidos por ele trouxeram evidências de que as teorias vigentes na época estavam erradas. Mendel concluiu que era impossível explicar a semelhança entre pais e filhos como se fosse uma mistura de líquidos parentais (como o sangue, por exemplo). Ao contrário, os descendentes pareciam herdar unidades particuladas ou fatores que se mantinham independentes. Mais tarde, esses fatores foram denominados genes.

Acompanhando o resultado de milhares de cruzamentos entre ervilhas, Mendel percebeu que as características alternativas (por exemplo, produzir ervilhas verdes ou amarelas) apareciam nas proles em proporções que eram constantes e típicas para cada tipo de cruzamento. As análises desses resultados levaram Mendel a concluir que os indivíduos apresentavam os fatores hereditários sempre aos pares, sendo um proveniente da mãe (planta que forneceu o óvulo) e outro proveniente do pai (planta que forneceu o pólen), sendo que apenas um dos membros estaria presente no pólen ou no óvulo. Essa observação atualmente é ensinada sob a designação de Primeira Lei de Mendel.

As observações também permitiram que Mendel detectasse a existência de interação entre os fatores hereditários, pois quando

um indivíduo herdava fatores diferentes, em alguns casos, apenas um dos fatores seria responsável pelos efeitos visíveis. Os termos dominante e recessivo surgiram dessas observações iniciais com os indivíduos que Mendel chamava de híbridos, que na atualidade chamamos de heterozigotos. Mendel designou como dominantes os fatores que eram responsáveis pelas características que se manifestavam nas plantas “híbridas” (heterozigotas) e percebeu com clareza que os fatores recessivos não desapareciam, embora não se manifestassem nos heterozigotos.

Outro conjunto importante de conclusões dos trabalhos de Mendel são as associações entre características e fatores hereditários (genes), sendo que cada característica com seus estados alternativos é definida por um conjunto de fatores hereditários (hoje chamados de “alelos”) e esses conjuntos são independentes. Essa observação foi a base para o que hoje chamamos de Segunda Lei de Mendel ou Lei da Segregação Independente.

A narrativa da história de Mendel pode ser útil em nossas salas de aula sob vários pontos de vista. O destaque para os cruzamentos planejados, para as observações e registros precisos, bem como a evolução dos conceitos ao longo do século XX, têm potencial para ilustrar a natureza do conhecimento científico. Nesse sentido, há vários recursos muito úteis para apresentar esses aspectos aos alunos, como por exemplo, os vídeos sobre a história de Mendel (<https://www.youtube.com/watch?v=0zsjSuYtYR4>) e (<https://www.youtube.com/watch?v=tfDJE4kWhM>)

## A GENÉTICA MENDELIANA NO SÉCULO XXI

O século XX assistiu a um crescimento vertiginoso da Genética. Logo nas primeiras décadas demonstrou-se que as observações de Mendel eram aplicáveis a outros organismos, o que levou à generalização das chamadas “Leis de Mendel”. Os estudos de células em divisão tornaram evidente que os genes estão localizados nos cromossomos. A genética molecular desenvolveu-se com a identificação da estrutura do DNA e a compreensão do fluxo da informação nas células. Em poucas décadas, aprendemos como

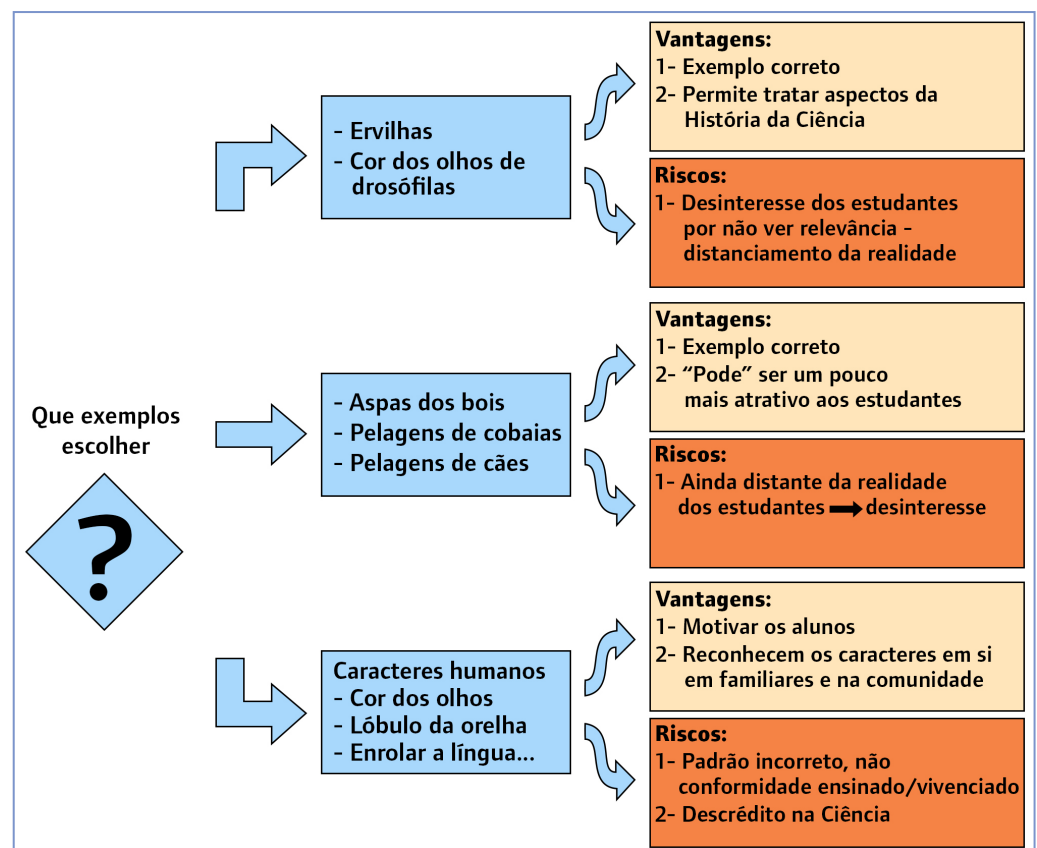


genes funcionam ao nível molecular e surgiram as primeiras aplicações práticas desses conhecimentos, com o desenvolvimento de tecnologias baseadas na manipulação de DNA em diversas áreas, como na produção de organismos transgênicos, no desenvolvimento de testes diagnósticos para doenças, produção de fármacos, na identificação de indivíduos e até mesmo na determinação de paternidade. A prevalência dessas aplicações no nosso cotidiano é mais uma justificativa para que as Leis de Mendel, ponto de partida de todo esse conhecimento, sejam ensinadas na escola.

### A NECESSIDADE DE CONTEXTUALIZAR

Em consonância com os documentos oficiais curriculares e com as concepções mais contemporâneas de educação, os professores de Genética buscam contextualizar o ensino desses conteúdos. A partir daí, surge a questão: Que exemplos usar?

Nos livros didáticos, diferentes exemplos são utilizados, mas alguns são recorrentes: as próprias ervilhas de Mendel, a cor dos olhos e forma das asas das moscas das frutas, forma e cor de abóboras, os chifres em bovinos e também várias características humanas como o lóbulo da orelha ou a capacidade de enrolar a língua, o albinismo, entre outras. Em geral, o professor dispõe de tempo limitado e apenas alguns exemplos são desenvolvidos. A escolha de um ou outro conjunto de explicações e exercícios poderá ter consequências diversas e importantes (Figura 1). Ao escolher os exemplos históricos como as características das ervilhas estudadas por Mendel, ou os mutantes de cor de olho de *Drosophila*, o professor terá oportunidade de abordar aspectos da história e desenvolvimento das descobertas científicas. Além disso, esses exemplos são conceitualmente corretos, ou seja, abordam características com o exato padrão de herança mendeliana, que é o que se pretende ensinar.



**Figura 1.** Vantagens e riscos de diferentes de exemplos comumente utilizados no ensino das Leis de Mendel.

No entanto, o apelo histórico e a exatidão científica não auxiliam na superação do distanciamento da realidade do aluno. Por mais bem estruturados que sejam os exemplos, muitas vezes ervilhas e moscas não despertarão interesse, o que pode ser um problema. Dois tipos de questões que surgem em sala de aula representam bem essa situação: “Para que eu preciso saber de cor de olho de mosca?” “E a cor do olho da gente?”

Para superar esse desinteresse e aproximar os exemplos do cotidiano dos alunos, uma possibilidade é tratar das características de animais domésticos que tenham padrões de herança desejados. Outra possibilidade é abordar características humanas, pois assim o próprio indivíduo, seus colegas e familiares passariam a ser “amostras observáveis”. Essa última possibilidade costuma gerar um envolvimento muito maior dos estudantes, mas o professor tem de estar ciente dos problemas que podem surgir quando são usadas características humanas.

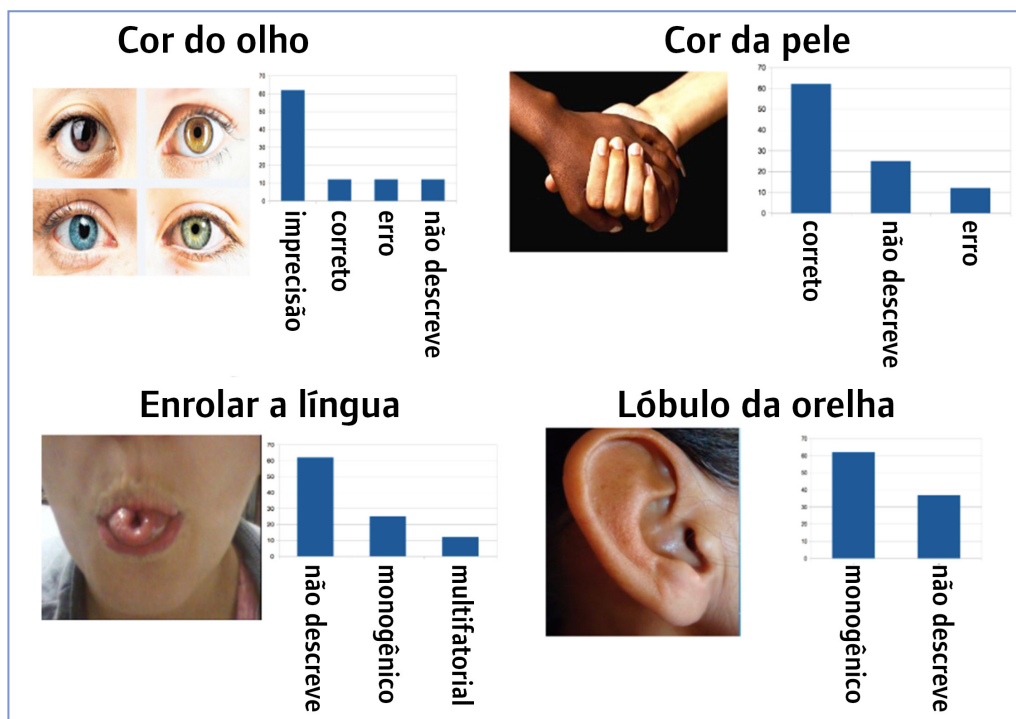
### CONTEXTUALIZAÇÃO NOS LIVROS DE GENÉTICA

A cor dos olhos, a inserção do lóbulo da orelha, a cor da pele e a capacidade de enrolar a língua são exemplos de caracteres huma-

nos presentes nos oito livros aprovados no PLND de 2012 e disponíveis nas escolas. A verificação desses caracteres no Banco de Dados OMIM (*Online Mendelian Inheritance in Man*, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/omim>), da Biblioteca Nacional de Medicina dos EUA que tem por objetivo disponibilizar informações atualizadas para a comunidade científica na área biomédica, permitiu detectar que características como as citadas acima não são exemplos exatos de herança mendeliana simples, monogênica; trata-se, de fato, de herança poligênica ou multifatorial, e que são imprecisamente utilizadas como exemplos de padrões da primeira e segunda lei de Mendel.

Analizamos as descrições dos livros didáticos para cada uma destas características e as classificamos em categorias: erros conceituais, imprecisão (situação em que o autor descreve um padrão de herança e utiliza no livro um exemplo que não corresponde a ele), descrição de acordo com a referência e situações em que o autor não descreve o caráter. Os principais resultados dessa análise estão destacados na Figura 2.

Nos casos de imprecisão em relação à descrição, poucos autores fazem menção ao fato de estar trabalhando desta forma devido à sim-



**Figura 2.** Como são descritas algumas características humanas nos livros didáticos do PNLD 2012. No canto superior esquerdo a porcentagem de livros com imprecisões, erros conceituais, que descrevem corretamente ou que simplesmente não tratam de cada caráter.

plificação. É claro que a transposição didática realizada pelo professor e que leva geralmente à simplificação é necessária para a abordagem do tema na Educação Básica, mas no caso desses exemplos, pode criar situações que favorecem o surgimento de concepções errôneas. Cabe ao professor ficar atento a esses exemplos, pois eles não estão totalmente errados, mas geram lacunas de informações que podem ser erroneamente interpretadas pelos alunos.

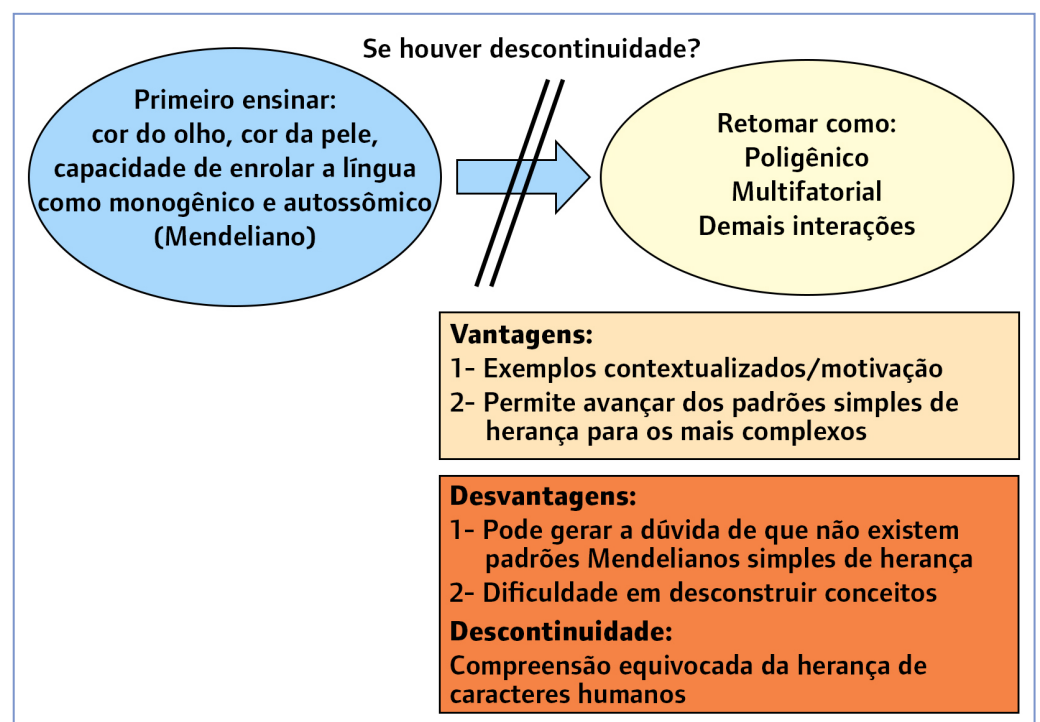
O uso desses exemplos pode implicar em erros conceituais e também ter consequências diretas na vida dos alunos, podendo gerar problemas associados a questões de familiaridade, grau de parentesco, entre outros (há casos, por exemplo, de alunos que desconfiam de sua filiação por conta da análise do padrão de herança de certas características em suas famílias). Pode também levar ao descrédito na informação científica como um todo, se o aluno perceber que há inadequação do que ele observa em sua família com as previsões decorrentes das informações simplificadas. Um bom exemplo é a ideia de que o lóbulo de orelha preso é recessivo; se isso é verdadeiro, então pais com essa caracte-

terística devem ter sempre filhos com lóbulo de orelha preso, o que não é exato. Para saber mais sobre a inadequação do exemplo do lóbulo da orelha ou outros caracteres humanos, sugere-se consultar “Mitos de Genética Humana” em <http://udel.edu/~mcdonald/mythearlobe.html>.

Usar exemplos simplificados cria a necessidade de aprofundamento e explicações adicionais que justifiquem as constatações que os estudantes farão em suas próprias famílias, e que podem estar em desacordo com o padrão que foi inicialmente apresentado.

### COMO EVITAR A ARMADILHA DA SIMPLIFICAÇÃO EXCESSIVA

Uma possibilidade de superar os problemas associados com o uso de exemplos simplificados é fazer uma abordagem em duas etapas. Primeiramente as características são tratadas como sendo de herança simples e, num segundo momento, elas são retomadas, com a apresentação do padrão de herança mais complexo e correto (Figura 3). A característica cor dos olhos, por exemplo,



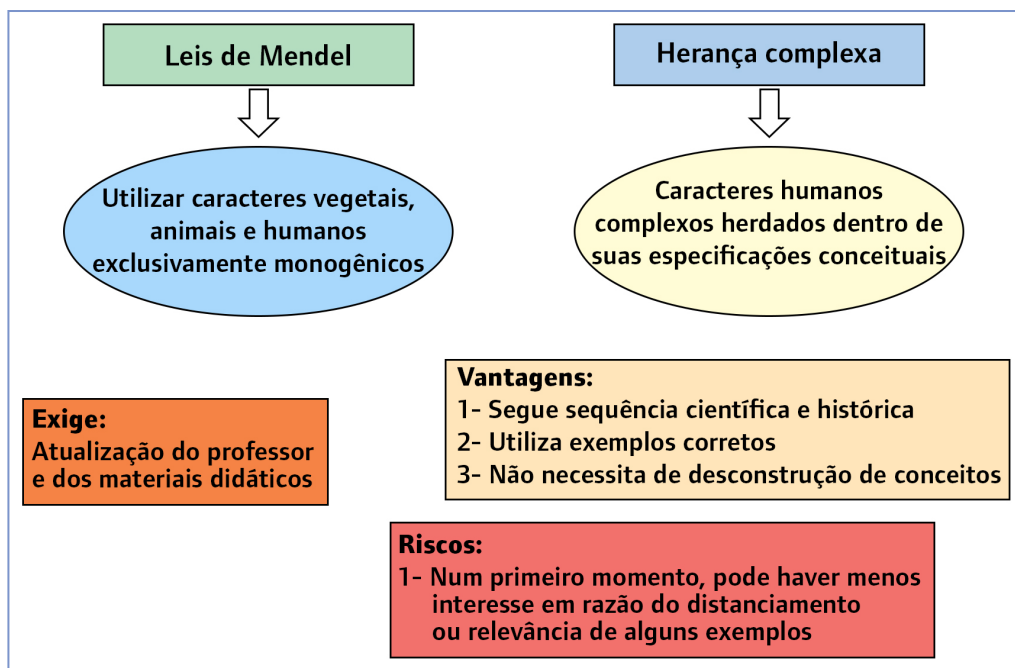
**Figura 3.** Sugestão de abordagem de exemplos de características humanas, primeiramente apresentando-as como herança mendeliana simples e depois avançando para os padrões complexos de herança (simplificação).

pode ser apresentada inicialmente como monogênica (alelo para cor azul recessivo e para cor castanha, dominante). Posteriormente, a existência de uma gama maior de colorações deverá ser apresentada e o professor poderá discutir com a turma sobre a determinação poligênica dessa característica. Do mesmo modo, a capacidade de enrolar a língua pode ser apresentada como autossômica, dominante para depois o padrão de herança multifatorial ser discutido. Além de motivar os alunos por tratar-se de características que eles próprios possuem, essa abordagem permite tratar dos padrões mendelianos simples e dos padrões mais complexos, ampliando os estudos.

Na execução dessa proposta é essencial que o professor se mantenha atento para duas situações indesejadas: a) o aluno pode construir uma concepção equivocada de que os padrões mendelianos de herança não existem, pelo fato de que houve a ‘desconstrução’ das explicações simples; b) o aluno pode sentir-

-se satisfeito com o argumento simplificado e acabar não aderindo à segunda parte da abordagem.

Na perspectiva de trabalhar com caracteres humanos herdados, é possível identificar primeiro características unicamente monogênicas, descontínuas, numa perspectiva histórica e científica, mas ao mesmo tempo contextualizada em exemplos próximos da realidade do aluno (Figura 4). Em seguida desenvolver os caracteres humanos complexos herdados dentro de suas especificações conceituais. Cabe destacar que para trabalhar deste modo, o professor precisa estar atualizado e utilizar referenciais confiáveis. Desta forma, não é necessária a desconstrução de conceitos, mas exige, fundamentalmente, o empenho em identificar exemplos corretos para cada padrão de herança e, ao mesmo tempo, que garantam a contextualização necessária para estimular e sustentar o processo de aprendizagem em Genética no ensino médio.



**Figura 4.**

Abordagem que respeita a sequência histórica e a necessidade de exemplos conceitualmente corretos.

Entretanto, é possível, que em algum momento o professor depare com situações inusitadas que levem o aluno a duvidar de sua paternidade. O professor que optar por tratar desses temas, deve ter mais que conhecimento, deve ter sensibilidade e maturidade para abordar de forma séria e responsável tais questões. Caso não se sinta preparado ou seguro para tal, sugere-se que evite o uso de exemplos humanos. Neste caso, uma boa alternativa seria escolher algumas características de animais domésticos, motivadoras também, ou o uso de modelos hipotéticos, como “Scoiso” em forma do jogo virtual, disponível em <http://www.ib.usp.br/microgene/index.php?pagina=atividades> ou construção de modelos como os descritos na atividade “Filho de Scoiso, scoisinho é!” que combinam atividade lúdica com noções básicas de padrões de herança, disponíveis em <http://genoma.ib.usp.br/educacao-e-difusao/materiais-didaticos/atividades-interativas>, elaborados pelo Instituto de Biociências/USP.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda é importante, 150 anos depois, ensinar os padrões de herança descobertos por Mendel. Ao escolher exemplos para isso, o professor pode ver-se em uma encruzilhada: utilizar casos conceitualmente corretos ou aproximar-se do contexto dos alunos, ainda que tenha que fazer simplificações? Essa é uma reflexão que precisa ser feita por quem ensina Genética.

Cabe ao professor saber ler o seu contexto para escolher a proposta mais apropriada ao ambiente (tipo de escola, localização, perfil do aluno), aos processos utilizados (estratégias didáticas, ou modo como apresenta seus conceitos) e aos condicionantes que determinam sua prática docente (por exemplo, número de horas de aula disponíveis para o assunto). Qualquer que seja o caminho escolhido, é importante que o professor seja crítico e saiba as limitações de suas escolhas.

