

Registros escritos do conhecimento mútuo entre Gregor Mendel e Charles Darwin:

uma proposta para trabalho em sala de aula com história contrafactual da ciência e didática invisível

Nelio Bizzo¹, Paulo T. Sano², Paulo H. Nico Monteiro³


¹ Faculdade de Educação, EDEVO, Universidade de São Paulo

² Instituto de Biociências, EDEVO, Universidade de São Paulo

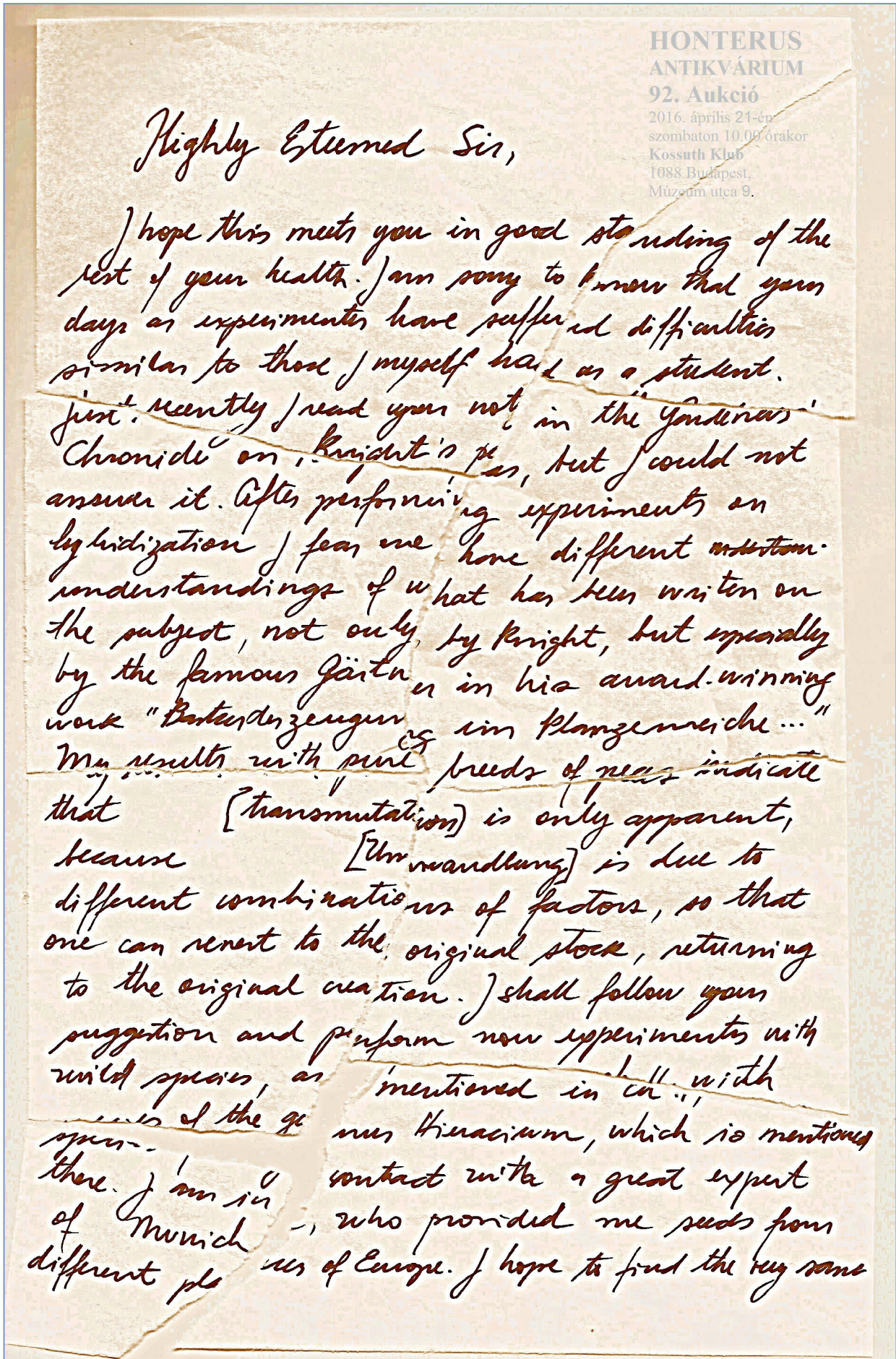
³ Instituto Butantan, EDEVO, Universidade de São Paulo

Autor para correspondência: bizzo@usp.br

Palavras-chave: darwinismo, evolução, genética, ensino de evolução, Augusto Boal, ensino de genética



Charles Darwin conhecia os trabalhos de Gregor Mendel? Se sim, haveria algum tipo de influência no desenvolvimento de seu pensamento? Parece haver um entendimento generalizado, a partir das afirmações de William Bateson, de que o primeiro desconhecia os trabalhos do segundo e que, se tivesse conhecido, possivelmente suas conclusões seriam outras. Esse “consenso” acabou por influenciar os currículos escolares e as propostas para o ensino de Biologia, tanto na educação básica quanto no ensino superior. No entanto, existem fortes evidências que refutam essa ideia. A partir de uma abordagem que utiliza a história contrafactual da ciência, e a “didática invisível”, baseada principalmente no Teatro do Oprimido de Augusto Boal, o presente texto apresenta uma possibilidade de trabalho em sala de aula. A partir de fatos históricos pode-se criar condições para que os alunos discutam ativamente o estatuto de verdade do conhecimento científico, desenvolvam habilidades de investigação, compreendam o método científico e sejam capazes de posicionar-se criticamente frente a temas controversos.



Highly Esteemed Sir,

I hope this meets you in good standing of the rest of your health. I am sorry to know that your days as experimenter have suffered difficulties similar to those I myself had as a student.

Just recently I read your note in the *Gardiner's Chronicle* on Knight's pea, but I could not answer it. After performing experiments on hybridization I fear we have different understandings of what has been written on the subject, not only by Knight, but especially by the famous Gärtner in his award-winning work "*Barterdenzeuger im Pflanzenreiche...*"

My results with pure breeds of peas indicate that [transmutation] is only apparent, because [Umwandlung] is due to different combinations of factors, so that one can revert to the original stock, returning to the original creation. I shall follow your suggestion and perform new experiments with wild species, as mentioned in "I" with

specimens of the genus *Thiracium*, which is mentioned there. I am in contact with a great expert of Munich, who provided me seeds from different parts of Europe. I hope to find the very same

Darwin publicara em novembro de 1862 um pequeno artigo na revista *Gardeners' Chronicle and Agricultural Gazette* perguntando se alguém, versado em ervilhas, poderia esclarecer a origem de duas variedades utilizadas por Thomas Andrew **Knight** (1759-1838).

Karl Friedrich von **Gärtner** (1772–1850). Botânico alemão, que ganhara um prêmio com a obra mencionada.

Referência ao trabalho "*Versuche und Beobachtungen über die Bastarderzeugung im Pflanzenreiche*," (*Experimentos e observações sobre a geração de híbridos no reino vegetal*).

Termo em inglês que designava o que chamamos hoje "evolução". Darwin utilizou o termo na primeira edição do "Origem das Espécies" com esse sentido.

No capítulo II do "Origin..." Darwin menciona o gênero **Hieracium** como exemplo de polimorfismo conducente à especiação, **sem** ação da seleção natural.

Termo em alemão que designava transformação de uma espécie em outra por "fertilização artificial" (hibridização), como descrito no trabalho de Gärtner, sem configurar "transmutação".

"Highly Esteemed Sir,

I hope this meets you in good standing of the best of health. I am sorry to know that your days as experimenter have suffered difficulties similar to those I myself had as a student. Just recently I read your note in the *Gardeners' Chronicle* on Knight's peas, but I could not answer it. After performing experiments on hybridization I fear we have different understandings of what has been written on the subject, not only by Knight, but especially by the famous Gärtner in his award-winning work "*Bastarderzeugung im Pflanzenreiche*" - [*Versuche Beobachtungen und über die Bastarderzeugung im Pflanzenreiche*]. My results with pure breeds of peas indicate that (*space*) [transmutation] is only apparent, because the (*space*) [Umwandlung] is due to different combinations of factors, so that one can revert to the original stock, returning to the original creation. I shall follow your suggestion and perform experiments with wild species, as mentioned in chapter II, with species of the genus *Hieracium* which is mentioned there. I am in contact with a great expert in Munich, who provided me seeds from different places of Europe. I hope to get the very same (...)"

"Altamente Estimado Senhor,

Espero que esta o encontre em pleno gozo do melhor de sua saúde. Fico triste em saber que seus dias como experimentador têm padecido de dificuldades semelhantes às que eu mesmo tive quando estudante. Só há pouco tempo li sua nota no *Gardeners' Chronicle* sobre as ervilhas de **Knight**, mas não saberia responder. Após realizar experimentos sobre hibridização, eu temo que tenhamos compreensões diferentes sobre o que já se escreveu a respeito, não apenas por Knight, mas em especial pelo famoso **Gärtner**, em sua premiada obra "*Bastarderzeugung im Pflanzenreiche*" Meus resultados com linhagens puras de ervilhas indicam que a (*espaço*) [**transmutation**] é apenas aparente, pois a (*espaço*) [**Umwandlung**] é devida a combinações diferentes dos fatores, de modo que é possível reverter as linhagens originais, retornando à criação original. Seguirei sua sugestão e realizarei agora experimentos com espécies selvagens, como mencionado no ch II, com espécies do gênero **Hieracium**, lá mencionadas. Estou em contato com um grande especialista de Munique, que me forneceu sementes de vários locais da Europa, com as quais espero obter exatamente os mesmos (...)"

As relações entre Charles Darwin (1809-1882) e o monge agostiniano Gregor Mendel (1822-1884) são objeto de polêmica, desde o primeiro livro publicado sobre as leis mendelianas de herança, há mais de um século. De fato, William Bateson (1861-1926) ao publicar seu famoso “Mendel’s Principles of Heredity”, em 1909, afirmou:

“Se o trabalho de Mendel tivesse chegado às mãos de Darwin, não é exagero dizer que a história do desenvolvimento da filosofia evolucionária teria sido diferente daquilo que testemunhamos.” (BATESON, 1909[1902], p. 39).

Em outro trecho, escreveu que se Darwin tivesse tido notícia dos resultados de Mendel, ele teria “revisto imediatamente” sua visão de herança (p. 19). Assim, Bateson convenceu diversas gerações de biólogos e historiadores de que Darwin jamais ouvira falar de Mendel e suas ideias. Os biógrafos de Mendel fiaram-se no relato de Bateson, por exemplo:

“Nós aprendemos, por intermédio de Bateson, que Francis Darwin, o botânico, um dos filhos de Charles Darwin, não encontrou uma cópia do trabalho de Mendel em sua biblioteca, apesar de ela ter ficado intacta após sua morte. Parece indubitável, portanto, que Darwin nada sabia a respeito do trabalho de Mendel.” [ILTIS, 1965(1932), p. 206].

Transcorridos mais de 100 anos, a versão de Bateson é amplamente aceita por biólogos, como se constata na afirmação: “Mendel claramente conhecia Darwin em detalhe, mas Darwin nada sabia de Mendel, nem teve uma oportunidade razoável para conhecer seu trabalho.” (FAIRBANKS, 2008, p. 310). Assim, suponhamos que, em um leilão, um antiquário de Budapeste oferecesse uma carta enviada por Mendel a Darwin e supostamente resgatada da Biblioteca de Dresden durante a II Guerra Mundial. Nenhum cientista ou historiador moderadamente bem informado a tomaria por verdadeira, ainda mais se tivesse o aspecto de um rascunho descartado. Esse achado, portanto, dificilmente encontraria comprador até os dias atuais.

A sociedade científica na qual os trabalhos de Mendel foram publicados mantinha in-

tercâmbio com a maioria das academias da Europa, inclusive a Sociedade Lineana de Londres, onde o trabalho de Darwin e Wallace foi lido. Isso significa que, a princípio, o trabalho de Mendel esteve ao alcance dos maiores cientistas da época. Portanto, de um lado, nada impediria que Darwin houvesse conhecido o trabalho de Mendel, e, de outro, seria impossível que Mendel não conhecesse o trabalho de Darwin.

É bem sabida a existência da cópia pessoal da tradução alemã do livro “Origem das Espécies” (doravante “Origin...”) que Gregor Mendel possuía. No entanto, persiste razoável desinformação e nenhum consenso não apenas sobre os contatos entre os dois pensadores, mas principalmente sobre a compatibilidade de suas perspectivas teóricas.

Uma das consequências mais danosas dessa situação nebulosa recai sobre os currículos escolares que se vinculam a uma interpretação alinhada com o testemunho de Bateson. Dessa forma, tais currículos assumem a plena compatibilidade entre os dois sistemas, e procuram, então, antecipar a base de genética mendeliana aos estudos evolutivos, deslocando-os para momentos terminais da jornada curricular (TIDON, LEWONTIN, 2004). Essa decisão tem uma série de consequências para a estruturação dos estudos na educação básica, com reflexos na educação superior.

Neste artigo, propomos uma atividade em sala de aula para estudantes de nível superior, motivando-os a examinarem uma carta que estaria à venda em um antiquário próximo



da cidade onde Mendel viveu. Os estudantes devem decidir sobre a suposta autenticidade da carta, baseando-se em elementos de história da ciência. A proposta é inspirada no trabalho do dramaturgo brasileiro Augusto Boal (1931-2009), ancorada no conjunto de estratégias conhecidas como “Teatro Invisível”, um dos desdobramentos da experiência de seu “Teatro do Oprimido”.

Inspirado na pedagogia de Paulo Freire (1929-1997), Boal preconizava a ação como forma de transformação, baseada na participação das camadas sociais excluídas da vida cultural das cidades. Além do acesso das classes populares, Boal criava situações nas quais a plateia ganhava voz ativa na encenação e dela participava ativamente, discutindo questões da realidade social e política do momento.

Quando essas encenações foram proibidas nos teatros, no período ditatorial argentino da década de 1970, as montagens passaram a ser feitas sem cenário, substituído pelo próprio local onde a ação estava ambientada. Assim, encenações do cotidiano passaram a ser realizadas em vagões de trem e pontos de ônibus, a partir de roteiro pré-estabelecido, fazendo com que atores e espectadores tivessem igual participação, a partir de discussões sobre o custo e a qualidade do serviço de transporte público, por exemplo, visando a transformação da realidade:

“Essas transformações podem ser buscadas também em ações ensaiadas, realizadas teatralmente, como teatro que é, mas de forma não revelada, ao público ocasional de transeuntes, não conscientes de sua condição de espectadores. (...) Atores e espectadores encontram-se no mesmo nível de diálogo e de poder, não existe antagonismo entre sala e a cena, existe sobreposição. Esse é o Teatro Invisível.” [BOAL, 2013(1977)].

Para levar esse princípio para a sala de aula, situações verossímeis e com forte apelo emocional são apresentadas aos alunos, criando as condições necessárias para provocar reações de posicionamento pessoal e coletivo. Temos desenvolvido diversas situações a partir dessa proposta, denominando-as “Didática Invisível”, estimulando o posicionamento

ativo dos alunos frente a temas polêmicos. Nossos resultados indicam ser esse um caminho bastante interessante para desenvolver diversos temas em sala de aula. Com a presente proposta, pretendemos contribuir para a História Contrafactual da Ciência aplicada ao ensino da ciência, explorando possibilidades alternativas para as discussões sobre as relações entre os trabalhos de Darwin e Mendel. Com isso, pretende-se que sejam pensadas novas possibilidades para o arranjo curricular da Biologia na educação básica e superior, e que não se deixe a evolução como a última parte a abordar na Biologia, ao mesmo tempo em que se propõe uma discussão epistemológica sobre o estatuto da verdade em ciência.

A partir desse pressuposto, a carta descrita acima poderia ser utilizada como desencadeador de uma atividade que tivesse por objetivo discutir sua autenticidade. Utilizando os argumentos favoráveis e contrários listados na página seguinte (300), o professor poderia propor um desafio aos alunos (individualmente ou divididos em grupo) de pesquisarem e sistematizarem evidências de que Darwin não conhecia os trabalhos de Mendel, o que reforçaria o entendimento originário dos trabalhos de Bateson, ou, contrariamente, buscariam evidências de que os trabalhos eram conhecidos mutuamente, o que traria uma nova perspectiva a essa questão.

Mais do que chegar a uma conclusão definitiva sobre a autenticidade, espera-se com essa atividade que os alunos sejam capazes de discutir aspectos relacionados à verossimilhança do documento (é possível que ele tenha existido?), ao estatuto do conhecimento científico e seu caráter temporário, ao método científico, à pesquisa em fontes históricas, dentre outros.

O caráter “invisível” da proposta, está no fato de que a discussão da autenticidade ou não da carta é apenas o pretexto para o desenvolvimento de habilidades mais amplas. Em outras palavras, não tem um fim em si mesmo. Nesse sentido, o professor deve ter clareza desses objetivos educacionais que extrapolam o objeto visível, ou seja, a carta, para aspectos mais amplos do processo ensino-aprendizagem.

Autenticidade da carta: evidências de sua falsidade

- I.F-** A caligrafia de Gregor Mendel é bem conhecida, inclusive em cartas para o botânico suíço Carl Nägeli (1817-1891) disponíveis na internet. Não há dúvidas de que se trate de caligrafia diversa;
- II.F-** Mendel escrevia em alemão, e não em inglês, e Darwin lia alemão, ainda que com dificuldade. Darwin nunca mencionou tal carta;
- III.F-** Não há data, destinatário (apenas uma alusão a um “altamente estimado senhor”), não há certeza de quem seja o remetente, e aparentemente é apenas a primeira folha. A “carta”, se verdadeira, pode nunca ter sido remetida;
- IV.F-** O fato de ter sido picotada confere ainda menor credibilidade à carta, pois, mesmo se verdadeira, pode ser simplesmente uma versão descartada e jamais remetida;
- V.F-** A origem da carta como sendo a biblioteca de Dresden não pode ser confirmada, pois ela (junto com toda a cidade) foi pesadamente bombardeada durante a Segunda Guerra Mundial. Diversas falsificações foram produzidas tendo como suposta origem a biblioteca de Dresden;
- VI.F-** Não existem evidências de que Darwin tenha tido conhecimento do trabalho de Mendel, seja com ervilhas, feijão ou Hieracium, havendo inclusive testemunhos de que Mendel era totalmente desconhecido de Darwin, não apenas por Bateson, mas também por seu filho, Francis Darwin, que auxiliou o pai em experimentos de botânica.

Autenticidade da carta: evidências de sua veracidade

- I.V-** A carta pode ter sido escrita por alguém que o auxiliava na tradução, para que Mendel escrevesse de próprio punho a carta em inglês, língua que ele não dominava; uma rasura confirma essa hipótese;
- II.V-** Justamente por Mendel não dominar o inglês, a carta é um rascunho escrito por alguém que dominava a língua inglesa. Há termos técnicos de difícil tradução, que foram deixados entre parênteses, em alemão, indicando que havia uma outra versão, escrita possivelmente em alemão. Darwin utilizou o termo “transmutation” no “Origem das Espécies”, e Mendel adotou o termo, presente na tradução alemã que possuía. Escrever em inglês seria uma forma de demonstrar respeito a uma pessoa muito famosa.
- III.V-** Mendel colocava a data ao lado de sua assinatura, ao final da carta”, e a segunda folha, de fato, pode ter sido perdida; cartas a Nägeli também começam com a expressão “altamente estimado senhor”; Mendel costumava utilizar o nome abreviado do trabalho de Gärtner, inclusive em sua publicação de 1866; há detalhes que coincidem com os dois personagens;
- IV.V-** Em tempos de guerra, como era o caso, o papel usado não era considerado lixo; picotar um rascunho era forma usual de reutilizá-lo para outras finalidades;
- V.F-** A biblioteca de Dresden tinha grande acervo de manuscritos raros e antigos e seu bombardeio espalhou seu conteúdo pelas ruínas da cidade. Muito material foi recolhido e negociado durante a guerra e depois dela.
- VI.F-** Existem seguras evidências de que Darwin tinha conhecimento do trabalho de Mendel, e que tenha até mesmo solicitado a ajuda de seu filho, Francis, para refazer alguns de seus experimentos, ao ver indícios de imperícia na realização de cruzamentos, em especial com feijão de flores escarlate, publicados junto com o trabalho com as ervilhas. A carta pode, de fato, não ter sido remetida, mas testemunharia a visão oposta dos dois cientistas.

DOMESTICAÇÃO: ESPÉCIES ESTÁVEIS OU EM FORMAÇÃO?

O interesse de Mendel pela questão da evolução é admitido amplamente hoje em dia, mesmo não existindo consenso sobre as opiniões do religioso austríaco em relação a Charles Darwin (FAIRBANKS, RYTTING, 2008). É certo que ele operava no contexto dos hibridistas de seu tempo, e acreditava ter selecionado um grupo de espécies do gênero *Pisum* – *P. quadratum*, *P. saccharatum*, e *P. umbellatum* – almejando generalizar suas conclusões para muito além delas. É verdade que ele chegou a discutir se essas três espécies eram apenas variedades de *P. sativum*, mas concluiu que isso não modificaria em nada o problema mais geral que investigava. Escreveu ele:

As posições que lhes possam ser dadas num sistema de classificação apresentam, no entanto, pouquíssima importância para os fins das experiências em questão. Até agora, não foi possível traçar um limite preciso entre as espécies e as variedades, assim como entre os híbridos das espécies e os das variedades. (Mendel, 1866, apud Freire-Maia, 1995, p.56)

Nisso, concordava inteiramente com a discussão realizada por Darwin, nos capítulos I e II de seu livro “Origem das Espécies”. Não havia dúvidas de que as variedades de *Pisum* eram domesticadas, e que poderiam se manter puras por autopolinização. Os hibridizadores dessa época discutiam, justamente, se as variedades desenvolvidas pela ação humana eram pequenos desvios do padrão da espécie original ou se, após muitas gerações, passariam a constituir espécies diferentes, mesmo reconhecendo a dificuldade de traçar uma linha divisória objetiva entre espécies e variedades.

Darwin admitia que a distinção entre espécies e variedades fosse algo subjetivo, mas expressou certa perplexidade quando relatou os resultados sobre o que ocorreu nos experimentos de hibridização com pombos domésticos:

A descendência do primeiro cruzamento entre duas linhagens puras é possível e

por vezes (como eu encontrei com pombos) extremamente uniforme, e tudo parece muito simples; mas quando esses híbridos são cruzados entre si por diversas gerações, dificilmente encontraremos dois descendentes iguais, e então a extrema dificuldade, ou mesmo a impossibilidade, da tarefa se torna aparente. (DARWIN, 1859, p. 20)

Ao ler esse trecho com o planejamento dos experimentos de Mendel em mente, é surpreendente o fato de que as diversas gerações dos híbridos podem ser explicadas por simples combinações matemáticas, sem a “extrema dificuldade, ou mesmo a impossibilidade” de prever os resultados, como pensava Darwin. Essa “impossibilidade” era, para o cientista inglês, uma indicação de que a variação progredia indefinidamente, separando cada vez mais a descendência a ponto de formar novas espécies. Mas, para Mendel, não havia “separação”, havia apenas uma expansão das combinações matemáticas. Afinal, ele também observava as manchas solares e conhecia o trabalho de Galileu, famoso pela frase: “A matemática é o alfabeto com o qual Deus escreveu o universo”. Escreveu Mendel:

*Todas as combinações constantes, possíveis em *Pisum* pela combinação dos já citados 7 caracteres diferenciais, foram realmente obtidas por repetidos cruzamentos. Seu número é de $2^7=128$. Desse modo, damos uma prova palpável de que os caracteres constantes que aparecem nas diversas variedades de um grupo de plantas podem ser obtidos em todas as combinações possíveis de acordo com as leis de combinação, através de repetidas fertilizações artificiais. (Mendel, 1866, apud Freire-Maia, 1995, p.72, ênfase no original)*

Mendel termina seu trabalho de 1866 discutindo justamente a possibilidade de uma “história do desenvolvimento” (“**Entwicklungsgeschichte**”), no sentido de aperfeiçoamento (“Fortbildung”) e transformação ou conversão (“Umwandlung”) de espécies, ao retomar as conclusões de outros hibridizadores, e cita J. G. Kölreuter (1733-1806) e Karl Friedrich von Gärtner (1772-1850), autores muito estudados também por Darwin. Mendel apresenta uma explicação

De acordo com Fairbanks and Rytting, 2008 (p. 292) as traduções inglesas adotaram a tradução “evolution” e “evolutionary history”

baseada em análise combinatória para explicar a razão de parecer impossível reverter às espécies iniciais após várias gerações depois da hibridização, mencionando as combinações matemáticas necessárias, que apontariam para números enormes, mesmo considerando sete pares de caracteres (ou seja, em experimentos de heptahibridismo). Seria isso que tornaria altamente improvável (mas não impossível) encontrar, na descendência, indivíduos idênticos às formas parentais. Ele afirma:

Se admitirmos que, nessas experiências, o desenvolvimento das formas tenha ocorrido de forma semelhante ao de Pisum, todo o processo de transformação [Umwandlungsprozess] encontrará uma explicação simples. O híbrido forma tantos tipos de óvulos quantas são as possíveis combinações constantes dos caracteres nele reunidos, e uma dessas combinações é sempre igual à dos grãos de pólen fertilizadores. (MENDEL, 1866, apud FREIRE-MAIA, 1995, p.95)

No mesmo trabalho de 1866, Mendel relata os resultados com espécies de feijão: *Phaseolus vulgaris*, *P. nanus*, e *P. multiflorus*. Neste caso, porém, os híbridos não tinham a mesma fertilidade daqueles de ervilhas e os experimentos não obtiveram o mesmo sucesso. Mesmo assim, ele escreveu que no cruzamento de *P. nanus* x *P. vulgaris* obteve “resultados perfeitamente concordantes”, uma vez que “as relações numéricas com que as diferentes formas apareceram nas várias gerações foram iguais às de *Pisum*” (Mendel, 1866, apud Freire-Maia, 1995, p.82). No caso do cruzamento de *P. nanus*, com flores brancas, com *P. multiflorus*, com flores violeta, os resultados apontaram, já na primeira geração, híbridos com flores que variavam do branco até o violeta, em uma gradação progressiva. Como “entre 31 plantas apenas uma se apresentou com o caráter recessivo da cor branca”, esses resultados “talvez possam, no entanto, ser explicados pela lei válida para *Pisum*”, escreveu Mendel. Bastaria considerar, escreveu ele, que a cor seja, na verdade, a combinação de “duas ou mais cores, completamente independentes”. Assim, mesmo diante de resultados diversos, Mendel acreditava que a matemática era o alfabeto que

poderia explicar os resultados, como, de fato, confirmou-se com o conhecido trabalho do sueco Nils Herman Nilsson-Ehle (1873-1949). Trabalhando em Lund, em 1909, ele demonstrou que a “mera hipótese”, como a havia chamado Mendel, era mesmo válida, fundando o estudo da herança quantitativa (ou poligênica).

Mendel encerra seu trabalho concordando com Gärtner, que teria se oposto aos naturalistas que acreditavam que as espécies não são estáveis e “aditem sua contínua evolução” [Fortbildung], acreditando que a transformação [Umwandlung] de uma espécie em outra é apenas aparente, pois ele obtivera, “prova indubitável de que existem limites fixos para as espécies, além dos quais não se pode variar” (Mendel, 1866, apud Freire-Maia, 1995, p.96). Mesmo uma biografia muito favorável à ideia da compatibilidade Darwin-Mendel acaba por concluir, ao considerar esse trecho, que “podemos inferir que Mendel era algo cético em relação à teoria da evolução, apresentada não muito antes por Darwin.” [ILTIS, 1965(1932), p. 160].

Freire-Maia adotou “**evolução**” como tradução de “Fortildung” e “**transformação**” para “Umwandlung”



DOMESTICAÇÃO: A PERSPECTIVA DE DARWIN

Não é necessário ser profundo conhecedor de Darwin para perceber a importância que ele conferia à variação das linhagens domesticadas como evidência da possibilidade de que não existiam limites fixos para as espécies. O livro “The Variation on Animals and Plants Under Domestication” (1868, doravante “Variation...”) era, na verdade, a versão mais aprofundada de sua obra mais famosa, “Origin...”, publicada em 1859. Nela, os dois capítulos iniciais eram versões muito abreviadas daquilo que escrevera em seu “Grande Livro das Espécies” (“Big Species Book”, como Darwin se referia a ele), que serviu depois de base para o “Variation...” (STAUFFER, 1975).

O primeiro capítulo do “Origem das Espécies” versa justamente sobre a variação no estado de domesticação, mas seu manuscrito original tinha dois capítulos sobre esse mesmo tema. O primeiro, com 67 folhas manuscritas, versava sobre questões gerais, como o

efeito da mudança de condições ambientais na constituição dos organismos, correlações entre crescimento e constituição e os efeitos da seleção feita pelos criadores. O segundo capítulo também versava sobre o mesmo tema, mas discutia casos específicos, como cães, cavalos etc., com tratamento mais extenso para os pombos, tomando outras 126 páginas manuscritas. O terceiro capítulo versava sobre “possibilidades de cruzamento de todos os organismos: sobre a susceptibilidade da reprodução para a mudança”, no qual tanto aspectos teóricos da reprodução, como o poder de polinizadores, como exemplos concretos de variações, em uma série de plantas e animais, eram relatados em outras 101 páginas escritas a mão, cuja redação, segundo seu diário, fora terminada em 16 de dezembro de 1856. (STAUFFER, 1975).

Entre as páginas 60 e 62 desse manuscrito, no terceiro capítulo, Darwin discute os relatos de grandes conhecedores de plantas domésticas, citando entre elas as ervilhas do gênero *Pisum*, da dificuldade de se garantir apenas autopolinização. Entre os conhecedores, ele cita ninguém menos que Gärtner. Assim escreveu Darwin:

O Sr. Masters de Canterbury, um grande cultivador de sementes de ervilhas e autor de um artigo sobre o assunto, me respondeu que sem nenhuma dúvida algumas variedades de ervilhas e feijões acabam por se cruzar com outras variedades (...). E novamente, nos grandes canteiros de sementes do Sr. Sharps nas quais as ervilhas crescem extensivamente e como elas são consideradas susceptíveis à adulteração, ‘precauções consideráveis são empregadas para garantir separação’ (STAUFFER, 1975, p.69-70).

No entanto, Darwin prossegue mostrando evidências contrárias obtidas a partir de outras fontes, como Andrew Knight publicara anos antes, assegurando a possibilidade de manter as espécies, inclusive de ervilhas, por autopolinização. Ele próprio realizará experimentos com essas plantas a fim de dirimir tais dúvidas, colocando frascos de vidro e redes de gaze recobrimdo flores de feijoeiros, obtendo resultados inequívocos. Ele publicará rapidamente seus resultados em um curto



artigo, em 24 de outubro de 1857, dizendo que “acredito, neste momento, que se todas as abelhas da Grã Bretanha fossem destruídas, não veríamos mais uma única vagem em nossos feijoeiros” (Darwin, 1857). Ele afirmava ainda que o mesmo ocorreria, ainda que em “grau menor”, com a ervilha-de-cheiro da espécie *Lathyrus grandiflorus*. Entretanto, com base nos experimentos realizados com *Pisum sativum*, ele concluiu que “as ervilhas, que nesse particular diferem de outras leguminosas, são perfeitamente férteis sem auxílio de insetos” (Darwin, 1868, p. 329).

Assim, seus manuscritos com quase 300 folhas, sobre variação de variedades domésticas, foram reduzidos a 37 páginas e 11.680 palavras no primeiro capítulo da primeira edição do “Origin...”, em 1859. O texto extenso, por sua vez, foi guardado para ser publicado de maneira integral em uma obra mais completa, o que de fato ocorreu em 1868, quando apareceu “Variation ...”, em dois volumes, que totalizavam quase 1.000 páginas impressas. Mendel também possuía a versão alemã deste livro.

A regra encontrada em *Pisum* originava-se de variedades domesticadas. Pela correspondência com Nägeli, sabe-se que Mendel realizou experimentos de hibridização com muitos outros gêneros (pelo menos 27!), tendo obtido resultados que confirmariam a “regra de *Pisum*”, tendo escrito a Nägeli que “seus híbridos se comportam exatamente como os de *Pisum*” (ILTIS, 1965[1932], p. 155). É interessante que Darwin tenha realizado experimentos com 41 variedades de ervilhas, inclusive com as mesmas características das utilizadas por Mendel (plantas altas e baixas, sementes amarelas e verdes etc).

Darwin relata um resultado com boca-de-leão (*Antirrhinum majus*), em seu livro “Variation...”, no qual seguiu exatamente o mesmo procedimento de Mendel, tendo obtido, na primeira geração, 100% de plantas da forma mais comum, e, na segunda, 88 plantas do tipo mais comum, 2 “intermediárias” e 37 do tipo raro (flores pelóricas), em uma proporção próxima de 3:1. Esse resultado, ele descreveu como “curioso”, algo “esquisito”, pois “à primeira vista, oferece uma exceção” à regra geral, pois o caráter “latente” aparecia na geração seguinte, a partir de indivíduos

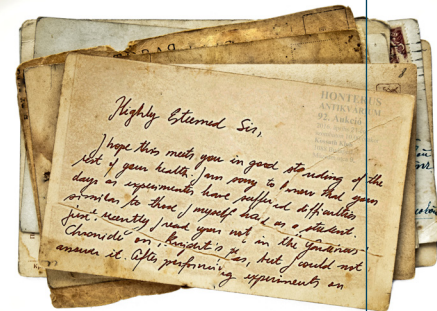
que exibiam apenas o caráter “prepotente”. Esse resultado era “curioso” porque ele tinha, na verdade, outra hipótese (ou teoria) para explicar a herança, radicalmente diferente daquela de Mendel (BIZZO, 2008).

Os caracteres “latentes” que reapareciam em gerações posteriores, após um aparente “desaparecimento”, não eram apenas “curiosos”, para Darwin, mas comprovavam a “extrema dificuldade, ou mesmo a impossibilidade” de prever os resultados. Já para Mendel, eles eram a prova de que a transformação de uma espécie em outra era apenas aparente. O abade agostiniano era capaz de explicar essa transformação por “leis bem definidas”, puramente matemáticas, pois “todo o processo de transformação encontrará uma explicação simples”.

VARIAÇÃO EM ESPÉCIES NATURAIS

Mendel escreveu ao suíço Carl Wilhelm Von Nägeli (1817-1891), prestigioso professor de Botânica na Universidade de Munique e diretor do Jardim Botânico daquela instituição, com quem manteve correspondência de 1866 a 1873. Na primeira carta, encaminhou-lhe cópia de seu trabalho apresentado no ano anterior, com *Pisum* e *Phaseolus*. Na resposta, Nägeli pediu-lhe sementes das plantas que utilizara, demonstrando ter uma hipótese implícita, qual fosse, a de que os resultados seriam uma particularidade das variedades domesticadas utilizadas, ou, ainda pior, falta de cuidado ao planejar ou colher os dados – hipótese que ocorreu imediatamente a Darwin na primeira vez que tomou conhecimento deles, como veremos adiante.

Demonstrando sua discordância com as conclusões de Mendel, Nägeli dizia-lhe que o “tratamento numérico” não deveria ser considerado “racional”, uma vez que não poderia perceber nenhum paralelo com fenômenos biológicos conhecidos. E, já de início, dizia duvidar da constância da progênie das variedades “puras”. Ele não sabia que Mendel tinha mantido, por dois anos, as variedades escolhidas de ervilhas reproduzindo-se apenas por autopolinização, observando a uniformidade de sua descendência. Em outras palavras, Mendel tinha certeza da “pureza” das sementes que produzia.



Ao enviar seu trabalho, Mendel contava os planos de expandir os experimentos e realizar testes com outras plantas dos gêneros *Hieracium*, *Cirsium* e *Geum*, pertencentes a famílias botânicas distintas da família da ervilha. Pediu a opinião desse cientista, famoso à época sobre o uso de outras plantas. Nägeli conhecia bem o gênero *Hieracium*, que contava com diversas espécies facilmente distinguíveis, mas adiantava, em carta datada 25 de fevereiro de 1867:

“com essas formas serão encontrados resultados notavelmente diversos (em relação aos caracteres hereditários). A mim me parece especialmente valiosa a fertilização de híbridos em Hieracium, pois esta será a espécie cujas formas intermediárias serão logo bem conhecidas.” [NÄGELI, 1867, apud ILTIS, 1965(1932), p. 192].

Mendel havia lido o livro de Darwin de 1859, o qual, em seu capítulo II, sobre a Variação na Natureza, cita diversos gêneros de plantas polimórficas, especificamente o gênero *Hieracium*, algo que deve ter tido alguma influência na escolha daquele material. É sabido que Nägeli tinha trabalhado por quatro anos com *Hieracium*, tendo inclusive solicitado a Darwin, em uma longa carta no **início de 1867**, sementes das plantas britânicas, oferecendo em troca as amostras de plantas alemãs e alpinas (provavelmente as mesmas enviadas também a Mendel).

Da carta de Darwin a Nägeli se conhece apenas um rascunho, escrito no verso de outra, datada de 8 de abril, na qual ele agradece a longa dissertação sobre *Hieracium*, que é comentada com Joseph Hooker. A opinião de Darwin sobre o trabalho do botânico suíço é inequívoca, no sentido de que os estudos com plantas polimórficas, citando esse gênero, são todos importantes para elucidar os “princípios da Variabilidade” (Carta de Darwin a Hooker, de 8/vii/1869). Assim, fica claro que Mendel estava sintonizado com os mais famosos cientistas da época, em termos das expectativas e do material experimental considerado válido.

A “regra de *Pisum*”, com a qual o próprio Darwin se defrontara, de fato, não era propriamente uma novidade. Darwin relata, no

“Variation...” outros autores com resultados semelhantes. No entanto, se fosse universalmente válida, aplicar-se-ia igualmente a espécies selvagens. Esse era o argumento de Darwin em seu livro de 1859, o que deve ter tido algum papel importante na escolha daquele grupo de espécies para o prosseguimento das pesquisas de Mendel. Se a mesma regra das ervilhas fosse encontrada em espécies selvagens, não mais haveria qualquer dúvida dos limites intransponíveis entre as espécies, domésticas ou naturais.

Seis semanas depois de receber a nada estimulante resposta de Nägeli, Mendel respondia-lhe apontando, de maneira muito respeitosa, mas muito segura, duas discordâncias. A primeira delas focalizava a constância da progênie das variedades puras. Ele lhe assegurava que a certeza dessa constância derivava de seis anos de observação cuidadosa, entre 1859 e 1865, com dois anos de autocruzamentos e outros quatro anos com polinizações cruzadas. A segunda discordância ia direto ao ponto da importância do tratamento numérico. Ele respondia que o rigor matemático era necessário e demonstrava que ele “tinha mesmo adentrado o domínio racional”. Era uma longa carta, a qual permaneceu sem resposta. Em novembro de 1867, Mendel insiste, encaminhando nova carta, na qual, no entanto, evita qualquer menção à sua teoria das ervilhas e ao tratamento matemático e racional dos resultados. Ele se concentra nas dificuldades que enfrenta com a parte experimental com as espécies de *Hieracium*.

De fato, a inflorescência dessa nova planta é extremamente difícil de manipular, mas a reprodução ocorre tão facilmente que é considerada uma verdadeira praga. Mendel acreditava ser um bom material de estudo, pois era rústica, fácil de germinar, de crescimento rápido e com alta prolificidade, além de apresentar numerosas espécies na natureza, com descendência constante. De fato, essa era uma das críticas implícitas de Nägeli à escolha de Mendel em relação às ervilhas, pois espécies domesticadas, cultivadas em condições constantes, não mantinham descendência constante, ou seja, não eram linhagens “puras”. E aí precisamente residia a recomendação de utilizar *Hieracium*: era

A carta teria a data de **31 de março de 1867**, mas não foi encontrada nos arquivos de Darwin, embora haja diversas referências a ela.

sobejamente conhecida a descendência absolutamente uniforme da planta, pois todas as sementes produziam plantas idênticas à forma materna.

Em 1869, Mendel apresentou seu segundo e último trabalho publicado sobre hibridismo, com resultados diferentes daqueles conseguidos com as ervilhas. Quase todos os “híbridos” produzidos eram exatamente iguais à forma materna e os problemas de viabilidade dificultavam o prosseguimento dos experimentos. De maneira muito honesta, escreveu no parágrafo final do trabalho que apresentou em 9 de junho de 1869, na mesma sociedade científica da pequena Brno:

Em Pisum os híbridos produzidos diretamente do cruzamento de duas formas são, em todos os casos, de um mesmo tipo, mas sua descendência é variável, em proporções que obedecem uma lei bem definida. Em Hieracium, no entanto, os experimentos realizados até o momento tiveram resultados que apontam exatamente para o oposto. [MENDEL, 1869, apud ILTIS, 1965(1932), p. 173].

Nesse trabalho, Mendel faz uma observação na qual menciona explicitamente a teoria darwiniana. Não se trata da seleção natural, mas sim do que Darwin desenvolve no capítulo II de seu livro “Origem das Espécies”, onde menciona inclusive o gênero *Hieracium*. Esse trecho tem merecido pouca atenção, mas é revelador do quadro teórico no qual Mendel operava, mantendo uma ligação intrínseca entre os experimentos de hibridização como elementos de confirmação ou refutação da possibilidade da origem de novas espécies. Na introdução de seu trabalho de 1869, Mendel deixa essa ligação clara, inclusive com uma referência algo irônica a seu correspondente Näegeli:

A questão sobre a origem das numerosas e constantes formas intermediárias tem ganhado, nos mais novos tempos, não pouco interesse, desde que um famoso conhecedor de Hieracium considerou, no espírito da teoria de Darwin, que essas mesmas derivaram (a partir) da Transmutação de espécies passadas ou ainda existentes. (MENDEL, 1869, tradução de Paulo Sano)

Os trabalhos de hibridização contemporâneos aos de Mendel, inclusive citados por ele, estavam intrinsecamente ligados à questão dessa suposta estabilidade como indicador da possibilidade de origem de novas espécies. O problema central do programa experimental de Mendel era o mesmo de Darwin, pois pretendia responder a mesma pergunta, relativa à origem das espécies.

Enquanto Darwin pensava todas as espécies atuais como resultado de processos de descendência com modificação ao longo das gerações, Mendel acreditava ter encontrado evidências de que as modificações na descendência eram apenas muito numerosas, mas que poderiam ser previstas matematicamente. Esta seria a “regra de *Pisum*”, que obedeceria uma “lei bem definida” a “lei das combinações”. Nos experimentos com *Hieracium*, que não seguiam essa mesma lei, Mendel, teria evidenciado outro fenômeno, a aparente formação de novas espécies, “híbridos” em senso restrito, como formas intermediárias estáveis, “mulas férteis” e não novas espécies (LORENZANO, 2011, p. 40). Assim, os experimentos com *Hieracium* não foram “decepções”, mas devem ter sido apresentados como evidências adicionais dos “limites das variações” defendidos por Mendel.

Os resultados com *Hieracium* se deviam a uma forma de reprodução assexuada denominada **apomixia**. Trata-se de um processo que ocorre apenas na parte feminina da flor (ovário), no qual o gametófito feminino desenvolve-se independentemente da meiose e o embrião desenvolve-se sem ocorrer fecundação do gameta feminino. Ali, a meiose não se completa, e a oosfera produzida tem apenas os cromossomos maternos, em mesmo número, sem a característica divisão reducional. Assim, não ocorre a fusão de gametas masculino e feminino, e o desenvolvimento do embrião é autônomo. Apenas em alguns casos, os cruzamentos de Mendel, de fato, originaram híbridos devidos à reprodução sexual.

E, como que por ironia, estudos recentes sugerem que a apomixia, que tanto perturbou os resultados com *Hieracium*, tem herança dominante e ligada a um único loco gênico, ou seja, é transmitida exatamente seguindo o que Mendel tinha encontrado com as ervilhas (CARNEIRO, DUSI, 2002).

OS CONTATOS DARWIN-MENDEL

A ideia de que o trabalho dos dois pensadores não estava em sintonia tem exatamente a mesma idade da versão de Bateson, grande admirador do trabalho de Mendel, e está na base do grande antagonismo que se estabeleceu entre os mendelianos e os seguidores de Francis Galton (1811-1922) e seu grupo de biometricistas, todos dentro do campo do evolucionismo (MARTINS, 2007). Deste grupo fazia parte Walter F.R. Weldon (1860-1906), sucedido por Ronald Fisher (1890-1962). Mesmo com toda a autoridade científica do grupo de Galton, que tinha inclusive vínculos pessoais com a família Darwin (Galton era seu primo e Fisher era muito ligado ao filho de Darwin, Leonard), seus alertas para as diferenças de perspectiva de Mendel e Darwin não foram ouvidos, nas chamadas “Mendel Wars” (SCHWARTZ, 2008). Os mendelianos insistiam que se Darwin tivesse conhecido as ideias de Mendel ele não estaria do lado dos biometricistas, ao passo que estes chegaram a acusar Mendel de ter forjado os dados dos experimentos (Fairbanks, Rytting, 2008). No entanto, existem evidências factuais de que os dados de Mendel foram conhecidos por Darwin.

Pelo relato de Bateson, Francis Darwin realizou uma busca infrutífera pela cópia da separata do trabalho de Mendel na coleção de trabalhos avulsos do pai. De fato, essa coleção está preservada até os dias atuais, na Biblioteca da Universidade de Cambridge. Trata-se de uma coleção com trabalhos que foram colecionados, tendo sido numerados, e

que têm muitas anotações feitas por Darwin. Uma das separatas traz um título sugestivo: “Investigações para determinar o valor de espécies e variedades: uma contribuição para a crítica da hipótese de Darwin” de Hermann Hoffmann (1819-1891), já famoso diretor do museu botânico de Giessen (pouco ao norte de Frankfurt), e frontalmente contrário às ideias darwinianas, como, aliás, fica claro desde o título do trabalho.

Esse livretinho trazia longa revisão de trabalhos de hibridização de nada menos do que 159 plantas, e um deles, à página 136, é justamente a comunicação de Mendel de 1866 (BIZZO, 1991, p. 136). Nessa página Hoffmann sintetiza a montagem dos experimentos com ervilhas e termina o parágrafo dizendo que “os híbridos possuem uma tendência de reverter à espécie original na geração seguinte”, destacando, assim, a conclusão de Mendel de que ele teria obtido “prova indubitável de que existem limites fixos para as espécies, além dos quais não se pode variar”.

Outras indicações de que Darwin leu o trabalho de Hoffmann com cuidado, apesar da difícil fonte tipográfica gótica utilizada, são os comentários deixados por ele na página final, possivelmente escritos em diferentes momentos:

Se Hoffmann acha que Ph. multiflorus (que, diga-se de passagem, é sinonímia de Ph. coccineus de Lamarck) é fértil na Alemanha onde os insetos são excluídos // ou o clima afetou a planta, o que eu não acredito, ou duas espécies são confundidas sob o mesmo nome. C. Darwin

Hoffmann descreve Ph. multiflorus como uma planta trepadeira alta com flores escarlate?

Meu caro F. aqui está um trabalho horrível que eu te imploro seja feito bem rápido, i.e., colocar à prova [“to make out”] as conclusões de Hoffmann sobre a fertilização de Phaseolus, p.47-80. Ele dá um resumo que talvez já seja suficiente. Phaseolus multiflorus, ou a trepadeira escarlate [“scarlet runner”], é planta com a qual já realizei experimentos, e meus resultados (i.e. não pode ser fértil sem insetos) têm sido confirmados por Ogle & Belt



– *Estou ciente que Ph vulgaris é plenamente auto fértil [DARWIN, s/d, apud BIZZO, 1991, p. 137, grifo no original].*

Aqui aparece outro detalhe interessante, pois a espécie de feijão que Darwin destaca, solicitando trabalho adicional de seu filho Francis (“meu caro F.”), é justamente uma das espécies citadas com as quais Mendel trabalhou. E, de fato, a comunicação feita por Darwin, de 1857, era de que, sem insetos, nenhum feijoeiro da Inglaterra formaria vagens. Além disso, ele pede ao filho que os experimentos sejam realizados “bem rápido”, e isso pode estar ligado ao livro que terminava quando realizou a leitura mais detalhada do relato de Hoffmann, “The Effects of Self and Cross Fertilization”, publicado em 1876. À página 150 desse livro tem início uma exposição sobre a fertilização de *Phaseolus multiflorus*.

Nesse livro Darwin expõe seus experimentos sobre a falta de frutos em plantas com as flores cobertas por redes, e relata os experimentos do “Dr Ogle”, publicados em 1870, e de “Mr Belt”, publicados em 1874-5. As conclusões de Hoffmann são debatidas, sendo citada sua opinião sobre os experimentos nos quais as flores foram cobertas e não houve produção de frutos. A opinião do botânico alemão apontava para a cobertura das flores, que as teria danificado, e isso explicaria a ausência de frutos, colidindo frontalmente com a posição de Darwin. Este insistia não apenas na necessidade de insetos, como citava diversos relatos do intercruzamento espontâneo de variedades dessa espécie. Portanto, as variedades “puras” de *Ph. multiflorus*, utilizadas por Mendel, estavam sob séria suspeita, não apenas por Nägeli, mas também por Darwin.

Nägeli publicou em 1884 um livro sobre teorias evolutivas, chamadas “teorias da descendência”, sem citar Mendel, mas não que o tivesse esquecido. Anos depois, ao escrever um prefácio (1891) de outro livro, ele é citado, a propósito de seus experimentos sobre *Hieracium* (OLBY, GAUTREY, 1968).

Assim, é importante perceber como o trabalho de Mendel foi recebido pelos especialistas de seu tempo fluentes em alemão: de um lado, um famoso médico e botânico

antidarwinista o apresentou como evidência contrária à “hipótese de Darwin”, e, de outro, um famoso botânico evolucionista, que se correspondia com Darwin, tratou friamente Mendel, não respondeu cartas e não citou seu trabalho em seu livro sobre a “teoria da descendência”.

Mendel, por seu lado, menciona Darwin em quatro passagens bem conhecidas: além de seu trabalho sobre *Hieracium*, outras três vezes ocorrem nas cartas a Nägeli. Em uma mesma carta ele discorda de Darwin em relação à necessidade de muitos grãos de pólen para fecundar um único óvulo e discorda das descrições feitas por Darwin em seu livro de 1868 (“Variation...”) das formas híbridas de *Matthiola*, *Zea* e *Mirabilis*, que ele afirma se comportarem de acordo com *Pisum* (carta de 3/VII/1870). Na outra menção (carta de 27/IX/1870), ele retoma o relato de experimentos com *Mirabilis*, reafirmando o padrão *Pisum*, no qual os caracteres parentais reaparecem na segunda geração com toda “pureza”, o que contradiz evidentemente as ideias de herança de Darwin, presentes tanto no “Origin...”, como no “Variation...”, que Mendel também adquirira em tradução alemã.

Assim, como afirma Pablo Lorenzano, mesmo que não se considerem as evidências do contato direto de Darwin com os trabalhos de Mendel, os resultados que o naturalista inglês obteve diretamente, nas proporções mendelianas, não faziam parte de seu esquema teórico para explicar a evolução e apenas as considerou “curiosas”. Ao colocar em dúvida os resultados com os feijões, agiu corretamente, pois, de fato, conhecia bem a polinização dessas leguminosas. Dessa forma, mesmo que Mendel tivesse aproveitado sua estada em Londres em 1862 e visitado o autor do livro que tanto rabiscara, e que permanece até hoje em sua estante em Brno, Darwin nada teria aprendido para explicar a evolução biológica (BIZZO, 1991, 2008; LORENZANO, 2011).

Essa conclusão tem profundas repercussões para o ensino de Genética e Evolução, na educação básica e superior. O exercício de “didática invisível” proposto neste artigo pode ser uma contribuição para essa discussão.

REFERÊNCIAS/FONTES

- BATESON, W. *Mendel's principles of heredity*. Cambridge: Cambridge University Press, 1909, 1902.
- BIZZO, N. Ensino de Evolução e História do Darwinismo. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1991. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48133/tde-16082013-145625/pt-br.php>
- BIZZO, N. A teoria genética de Darwin e sua oposição ao mendelismo. *Filosofia e História da Biologia* v. 3, p. 317-333, 2008. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-03/FHB-v03-17-Nelio-Bizzo.pdf> [acesso em 12 de junho de 2016].
- BOAL, A. *Teatro do Oprimido e outras poéticas políticas*. São Paulo: Cosac Naify, 2013.
- CARNEIRO, V. T. C.; Dusi, D. M. A. Apomixia: em busca de tecnologias de clonagem de plantas por sementes. *Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento* v. 25, n.2, p. 36-42, 2002. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio25/apomixia.pdf> [acesso em 29 mar 2013]
- DARWIN, C. Bees and the fertilisation of kidney beans. *Gardeners' Chronicle and Agricultural Gazette* no. 43 (24 October): 725, (1857), disponível em: <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F1697&viewtype=text&pageseq=1>, acesso em 21/04/2016.
- DARWIN, C. *On the Origin of Species by means of natural selection*. London: John Murray, 1859.
- DARWIN, C. *Variations of Animals and Plants under domestication*. London: John Murray, 1868.
- FAIRBANKS, D. J.; RYTTING, B. Mendelian Controversies: A Botanical and Historical Review. P. 264-301. IN FRANKLIN, A. et al (orgs) *Ending the Mendel-Fisher Controversy*. Pittsbrigh: Univ Pittsburgh Press, 2008.
- FAIRBANKS, D. J.; RYTTING, B. Mendelian Controversies: An update, p.303-312. IN FRANKLIN, A. et al (orgs) *Ending the Mendel-Fisher Controversy*. Pittsbrigh: Univ Pittsburgh Press, 2008.
- FREIRE-MAIA, N. *Gregor Mendel, vida e obra*. São Paulo: T.A. Queiróz Editor, 1995.
- HOFFMANN, H. *Untersuchungen zur Bestimmung des Wertes von Species und Varietät: ein Beitrag zur Kritik der Darwin'schen Hypothese* [Investigações para determinar o valor de espécies e variedades: uma contribuição para a crítica da hipótese de Darwin] Giessen: J. Ricker'sche Buchandlung, 1869.
- ILTIS, H. *Life of Mendel*. New York: Hafner Pu. Co., 1965, 1932.
- LORENZANO, P. What would have happened if Darwin had known Mendel (or Mendel's work)? *History and Philosophy of the Life Sciences* v. 33, n.1, p.3-49, 2011.
- MENDEL, G. Letters to Nägeli. Material disponível em: <http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/holdings/b/birth.pdf>, [acesso em 29 mar 2013]
- MENDEL, G. Versuche über Pflanzenhybriden. Material disponível em: http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d08_mend/mendel.htm, [acesso em 29 mar 2013]
- MENDEL, G. Ueber einige aus künstlicher Befruchtung gewonnene Hieracium-Bastarde. Material disponível em: http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d08_mend/mendel.htm, [acesso em 29 mar 2013]
- OLBY, R.; P., Gautrey Eleven references to Mendel before 1900. *Annals of Science*, v.24, p. 7-20, 1968.
- SCHWARTZ, J. *In pursuit of the gene: from Darwin to DNA*. Cambridge (Mass): Harvard University Press, 2008.
- STAUFFER, R. C. (ed). *Charles Darwin's Natural Selection; being the second part of his big species book written from 1856 to 1858*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.
- TIDON, R.; LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. *Genet. Mol. Biol.*, v. 27, n.1, p. 124-131, 2004.