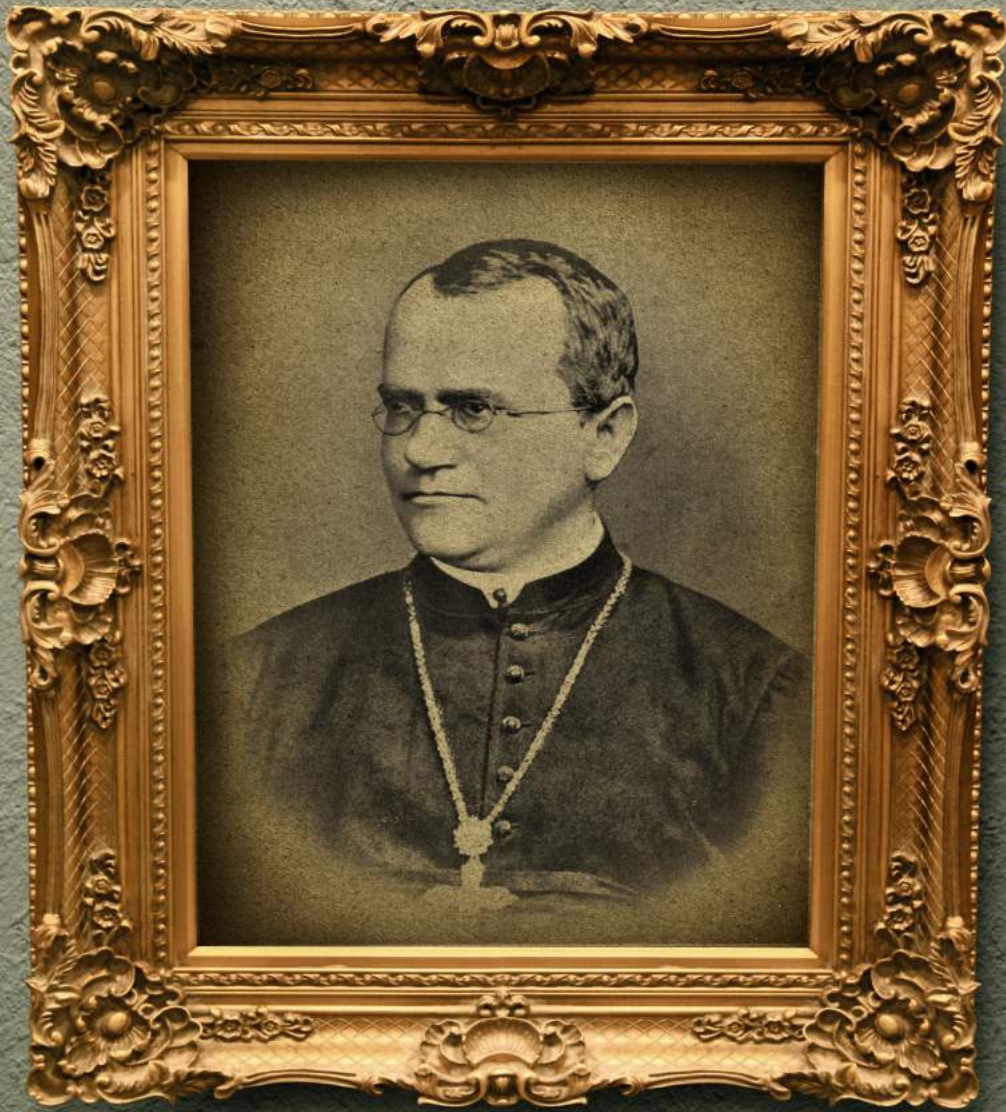


O Mendel mítico sob um olhar crítico:



o papel de Mendel na história da Genética

Charbel N. El-Hani

Laboratório de Ensino, Filosofia e História da Biologia (LEFHBio),
Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Brasil.

Autor para correspondência: charbel@ufba.br

É praticamente universal a descrição de Mendel como responsável pela formulação das leis que recebem seu nome, numa forma que menciona genes situados nos cromossomos – que ele teria chamado de ‘fatores’ – e sua distribuição pelas células-filhas nas divisões meióticas. É bastante comum, além disso, uma imagem de Mendel como um monge supostamente isolado num mosteiro em Brünn (atualmente, Brno), ignorado pela comunidade científica de sua época e posteriormente vingado pelo seu papel fundador na história da Genética. Estes são elementos do que podemos denominar o Mendel mítico, presente tanto na ciência escolar quanto na literatura científica. Contudo, esta é uma descrição incorreta do papel de Mendel na história da Genética. Ela está comprometida por erros metodológicos importantes em termos historiográficos, por ser anacrônica, atribuindo a Mendel ideias posteriores ao seu trabalho, e por ignorar o contexto em que ele realmente trabalhou. Quanto a este último problema, Mendel não era, de um lado, um monge isolado e ignorado, mas, de outro, não era parte da comunidade científica que se dedicava ao problema da herança na segunda metade do século XIX. Assim, outro problema decorre da ênfase apenas sobre o papel de Mendel nos estudos da herança que teriam levado à emergência da Genética na virada para o século XX: ignoram-se as contribuições de cientistas muito importantes, como Darwin, Spencer, Galton, Nägeli, Brooks, Weismann e de Vries. Foi o trabalho desses cientistas que propiciou o caminho para o surgimento da Genética e foi no novo contexto estabelecido por essa disciplina que o trabalho de Mendel foi reinterpretado a partir de 1900. O Mendel mítico decorre, em parte, de uma confusão entre o conteúdo de seu trabalho original, publicado em 1866, e o conteúdo dessa reinterpretação. Nesse texto, abordaremos alguns aspectos do Mendel mítico, como base para uma discussão de qual foi, afinal, seu papel na história da Genética.

Mendel é retratado, de modo praticamente universal, como o primeiro cientista a propor uma teoria da hereditariedade, baseada nas duas leis que levam seu nome. Essas leis são apresentadas, por sua vez, como se tivessem sido expostas em seu trabalho, publicado em 1866, na forma em que as entendemos hoje, mencionando genes situados em cromossomos – que Mendel teria chamado de ‘fatores’ – e sua distribuição pelas células-filhas nas divisões meióticas. Numa descrição heroica, também é comum encontrarmos a imagem de Mendel como um monge supostamente isolado num mosteiro em Brünn (atualmente, Brno), ignorado pela comunidade científica, apenas para ser depois vingado pela história, quando foi reconhecido seu papel fundador na história da Genética.

Estes são elementos do que podemos denominar o *Mendel mítico*. Todas as pessoas que aprenderam Genética o conhecem bem, como parte garantida do ensino desta disciplina. É importante destacar, contudo, que este não é um mito restrito à ciência escolar. Na literatura científica, encontramos os mesmos problemas, inclusive em textos de natureza histórica.

Quando examinamos os estudos sobre hereditariedade na segunda metade do século XIX, somos surpreendidos, no entanto, com a ausência de Mendel nos debates da comunidade científica que se debruçava sobre a busca de uma compreensão desse fenômeno. Encontramos nessa comunidade grandes nomes da ciência como Charles Darwin, Herbert Spencer, Francis Galton, Carl Nägeli, William Brooks, August Weismann e Hugo de Vries, mas não Mendel. E não é o caso de que Mendel fosse um completo desconhecido. Sua correspondência com Nägeli é bem conhecida e há evidências de que Darwin, embora não tenha lido o artigo original de Mendel, tomou conhecimento de seus estudos por meio de um trabalho de Hermann Hoffmann, *Untersuchungen zur bestimmung des wertes von spezies und varietät* (Uma investigação sobre a qualidade de espécies e variedades, #112 na coleção de separatas de Darwin). Por que então o trabalho de Mendel não foi considerado nas discussões sobre hereditariedade na ciência novecentista?

Como discutiremos mais adiante, a questão de pesquisa a que Mendel se dedicou não dizia respeito à herança, ao menos não em primeiro plano: tratava-se antes de elucidar uma questão que ocupava a pesquisa em horticultura, o principal campo de interesse de Mendel, havia muitos anos, a saber, se a hibridização poderia dar origem a novas espécies genuínas. Mendel estava situado, em suma, em outra comunidade científica, dedicada a investigações sobre o cultivo de plantas, na qual figuram nomes importantes da ciência como Joseph Gottlieb Kölreuter e Karl Friedrich von Gärtner. Além disso, ele tinha uma série de outros interesses, como a apicultura e a meteorologia, mas não fazia parte da comunidade de cientistas que investigavam na mesma época o fenômeno da herança.

Com essa visão panorâmica inicial, podemos perceber a necessidade de colocar em questão o modo como tem sido entendida a contribuição de Mendel na história da ciência e, em particular, da Genética. Nesse texto, discutimos alguns aspectos relativos ao Mendel mítico, com o intuito de contribuir para uma visão mais informada sobre seu trabalho e o que ele representou para a ciência.



O TRABALHO DE MENDEL EM SEU CONTEXTO HISTÓRICO

A publicação de *Origem das espécies* colocou a questão da herança no centro das atenções de vários cientistas da época, incluindo o próprio Darwin, que desenvolveu uma teoria da herança, a teoria da pangênese, como um complemento à sua teoria da seleção natural. Outros cientistas contemporâneos, como Spencer, Galton, Brooks, Nägeli, Weismann e de Vries, também apresentaram teorias para explicar o fenômeno da herança. Eles formavam uma comunidade ativa em torno desse problema, composta por cientistas que conheciam os trabalhos uns dos outros e se engajavam numa crítica mútua construtiva que levou a mudanças nas teorias de cada um deles.

Para entender por que Mendel não estava incluído nessa comunidade, vale a pena considerar a apreciação de seu trabalho por contemporâneos como Nägeli e Darwin. Nägeli tomou conhecimento do artigo de Mendel na época em que foi publicado, mas não lhe deu muita atenção, o que sugere não ter concordado com as conclusões alcançadas. Darwin pode ter tido contato com os estudos de Mendel através do artigo de Hoffmann mencionado anteriormente. De fato, ele comentou o trabalho de Mendel com *Phaseolus*, que também conheceu por meio do relato de Hoffmann, mas não fez referência aos estudos com *Pisum*. Contudo, Darwin tinha outra interpretação do achado crucial do estudo de Mendel, a proporção 3:1 na segunda geração dos híbridos. O próprio Darwin encontrou essa proporção em seus experimentos com *Anthirrinum majus* (Boca-de-leão). Em sua interpretação, a reversão à forma parental era explicada, como ele discute no último capítulo de *Variations of animals and plants under domestication* (1868), em termos da mudança sofrida pela 'prepotência' das gêmulas, postuladas por sua teoria da pangênese, com as circunstâncias ambientais. A reversão seria um reflexo da mudança da planta para um solo com diferenças na fertilidade. Temos aí uma explicação bastante distinta daquela fornecida por Mendel, mas compatível com a teoria da herança de Darwin, que entrava em

tensão com os argumentos daquele cientista. Além disso, Darwin pode ter enfrentado dificuldades para compreender com clareza o tratamento matemático usado por Mendel na análise das gerações de híbridos, em virtude dos limites de suas habilidades matemáticas (admitidos pelo próprio Darwin).

Por sua vez, Mendel conhecia o trabalho de Darwin. Dificilmente ele poderia, como um membro ativo da comunidade científica europeia à época, ter ignorado as controvérsias em torno de *Origem das espécies*. Numa das sessões da Sociedade de História Natural de Brünn, em que Mendel leu seu trabalho, uma figura destacada, o botânico e geólogo Alexander Makowski, falou com entusiasmo sobre o livro clássico de Darwin. Por fim, como qualquer visitante do Mosteiro Agostiniano de S. Tomás pode ver, há uma cópia de *Origem* disponível na biblioteca do mosteiro, com anotações feitas pelo próprio Mendel.

Contudo, a posição de Mendel sobre a teoria de Darwin não é clara. Malgrado argumentos na literatura numa direção ou noutra, a conclusão mais consistente é de que não dispomos de evidências fortes o suficiente para estabelecer se Mendel apoiava ou rejeitava a teoria de Darwin, ou, em termos mais gerais, a própria ideia de evolução. Quanto à teoria da pangênese, parece não haver informação disponível sobre o conhecimento ou a posição de Mendel a seu respeito.

Não se trata, em suma, de que o trabalho de Mendel tenha sido somente pouco conhecido. Sua explicação para os padrões observados nas gerações dos híbridos estava em desacordo com as teorias em discussão na comunidade científica que se debruçava sobre o problema da herança. Em 1900, quando seu trabalho foi redescoberto, o conhecimento científico sobre hereditariedade, citogenética, estrutura e funcionamento celular havia sofrido importantes mudanças e, nesse novo contexto, os achados de Mendel foram reinterpretados pelos geneticistas mendelianos. A própria redescoberta está relacionada ao fato de que o trabalho de Mendel foi cooptado para resolver uma disputa de prioridade entre Carl Correns e Hugo de Vries. Para o historiador Peter Bowler, a própria história da redescoberta pode ser vista como um ar-



tefato histórico decorrente de um exagero das coincidências entre os achados de Mendel e de Correns, de Vries e Tschermak.

A reinterpretação foi decorrente da nova luz que foi lançada sobre os resultados de Mendel por uma série de ideias que se afirmaram a partir do final do século XIX: herança dura (*hard inheritance*), defendida por Galton e Weismann, com ênfase sobre variação descontínua, caracteres que não se misturavam e ausência de herança de caracteres adquiridos; a visão de que partículas no interior da célula, como os determinantes de Weismann ou os pangenes de Hugo de Vries, controlavam o desenvolvimento dos caracteres, defendida não somente por estudiosos da herança, mas também por citologistas; e uma compreensão cada vez maior do papel dos cromossomos. A formulação das leis de Mendel, tal como as conhecemos, resultou desses desenvolvimentos na transição do século XIX para o XX.

A reinterpretação de seu trabalho pelos geneticistas mendelianos é comumente atribuída ao próprio Mendel, tornando difícil para a maioria das pessoas ler seu trabalho original sem colocá-lo sob a luz (anacrônica) de ideias posteriores que foram usadas para reinterpretá-lo. Daí resulta um dos elementos do Mendel mítico, a ideia de que encontramos as chamadas leis de Mendel em sua obra na forma como se apresentam hoje, com uma distinção clara entre genótipo e fenótipo, e uma referência aos genes como unidades de herança (retornaremos a esse ponto mais abaixo). Ao lermos, 150 anos depois, o artigo de Mendel apresentado em 1865 na Sociedade de História Natural de Brünn e publicado em 1866, ficamos impressionados com sua clareza e seu estilo moderno. Esta é uma familiaridade enganosa, decorrente de uma reinterpretação do que Mendel escreveu em nossos próprios termos. De fato, é muito fácil incorporar à leitura do artigo, de maneira anacrônica, ideias que não estão presentes com clareza nos argumentos originais, ou mesmo ideias que claramente não estão ali presentes. Demanda esforço ler o que foi escrito por Mendel à luz do conhecimento de sua época, dos seus propósitos e do contexto no qual ele trabalhou, bem como

tendo em vista como cientistas posteriores reinterpretaram e ajustaram o trabalho de Mendel aos seus próprios interesses. Um limite importante para esse esforço é que praticamente tudo que aprendemos sobre Mendel, inclusive quando somos treinados como geneticistas, representa de modo pobre ou, pior ainda, equivocadamente a história e as contribuições deste cientista. Somos deixados sem ferramentas para uma leitura de seu trabalho que evite as armadilhas do anacronismo e procure elucidá-lo sob a luz da época e do contexto conceitual em que foi escrito.

Outro elemento do Mendel mítico é a descrição heroica do monge isolado vingado pela história. Esta é uma visão que não sobrevive ao mais breve escrutínio histórico. Mendel realizou seus famosos experimentos no Mosteiro Agostiniano de S. Tomás, em Brünn. Brünn era parte do Império Austro-Húngaro, que tinha um papel importante na pesquisa científica da época. O mosteiro onde Mendel trabalhava estava longe de ser um lugar distante da vida científica de então. Ele era um dos principais centros de vida espiritual e intelectual do Império. Os estudos de Mendel trouxeram uma nova perspectiva para uma atividade de pesquisa em andamento no Mosteiro desde 1840, que buscava desenvolver uma perspectiva científica acerca das práticas de cultivo.

Além disso, Mendel estudou em Viena com cientistas importantes da época, como Christian Doppler e Franz Unger. Sua formação em Física, com Doppler, teve uma influência decisiva sobre o modo como abordou o problema da hibridização, com uma ênfase sobre a quantificação que não era tão comum na Biologia da época. A revista na qual publicou seu trabalho, *Verhandlungen des Naturforschenden Vereins Brünn* (Anais da Sociedade de História Natural de Brünn) era a publicação oficial desta Sociedade, distribuída para 134 instituições científicas, incluindo a *Royal Society* e a *Linnean Society*. Apelos à imagem de um monge isolado em algum mosteiro pouco conhecido não permitem explicar o impacto limitado do trabalho de Mendel em sua época, como mostra a raridade de citações antes de 1900.





QUAL ERA O OBJETIVO DO TRABALHO DE MENDEL?

Se perguntarmos a praticamente qualquer pessoa que tenha conhecimento sobre o que Mendel estudava, muito provavelmente receberemos como resposta “herança”. Contudo, se lemos o original de Mendel, uma primeira surpresa é que o termo “hereditariedade” e seus derivativos na língua alemã não são encontrados no texto. Isso não é fortuito. O objetivo do artigo que Mendel publicou em 1866 é responder se a hibridização poderia produzir novas espécies. Ele se inseria assim em uma tradição de pesquisa sobre híbridos, abordando uma questão que interessara muito a cientistas como Kölreuter e von Gärtner, que concluíram que novas espécies não poderiam resultar de híbridos, ou seu professor Unger, para quem a hibridização geraria espécies novas. Para Mendel, o significado mais importante de seu achado de uma proporção de três indivíduos exibindo o caráter dominante, para cada um exibindo o caráter recessivo, na segunda geração dos híbridos (a famosa proporção 3:1) era que ocorria uma reversão ao estado parental entre os descendentes desses híbridos. Isso mostraria que Kölreuter e von Gärtner estavam certos: as características de híbridos não seriam suficientemente estáveis para que pudessem gerar novas espécies.

Naquela época, a comunicação informal tinha um papel central na comunidade científica, como mostra, por exemplo, a grande quantidade de cartas intercambiadas por Darwin e estudiosos ao redor do mundo. Assim, o impacto limitado do trabalho de Mendel talvez seja explicado, ao menos em parte, pelo fato de que ele era pouco conhecido na rede de comunicação informal de então. Com exceção das cartas trocadas com Nägeli entre 1866 e 1873, Mendel não se engajou em correspondência com outros cientistas. Embora não fosse um monge isolado, fazendo estudos no jardim de um mosteiro qualquer, ao fim e ao cabo não foram muitos os contemporâneos que conheceram seu trabalho. Mas, para além disso, era difícil mesmo para aqueles que o conheciam conciliar a abordagem de Mendel, em grande medida matemática e estatística, com seus próprios estudos, o que colocava uma dificuldade adicional para que seu trabalho tivesse impacto.

Este é um exemplo eloquente da importância de ler o trabalho de um cientista situando-o apropriadamente em seu tempo e, mais do que isso, na tradição de pesquisa à qual pertence. É contra esse pano de fundo que podemos apreciar com mais clareza quais perguntas se estava buscando responder e como se conformam as respostas. Uma leitura anacrônica e descontextualizada pode levar-nos a ver no texto de um cientista não as suas questões e interesses, mas os nossos próprios. O caso do texto de Mendel é uma ilustração disso: se não o lermos com o devido cuidado, repetidamente interpretaremos o que está sendo dito com os olhos que nos foram dados pelo que aprendemos sobre ele desde a educação básica. É claro que seu estudo terminou por ser central para nossa compreensão de como características são herdadas. Mas, isso responde mais sobre os interesses que a posteridade teve pelo seu trabalho do que sobre os interesses do próprio Mendel.

MENDEL FORMULOU A PRIMEIRA E A SEGUNDA “LEIS DE MENDEL”?

Na literatura histórica, há bastante polêmica sobre a presença ou não das chamadas leis de Mendel no artigo de 1866. A tal respeito, concordo com a conclusão de Kostas Kampourakis de que há no artigo passagens que sugerem a formulação das leis da segregação e da segregação independente. São passagens que se referem a leis aplicáveis de maneira geral à formação e ao desenvolvimento dos híbridos, que o próprio Mendel afirmou estar procurando. Essas leis explicavam a reversão da progênie a um caráter encontrado na geração parental e mostravam que híbridos não poderiam originar espécies genuínas.

É claro que essas leis não são formuladas no artigo original na mesma linguagem que encontramos nos textos escolares atuais. Mas, mais importante do que questionar se as leis estão presentes no artigo original, ou se estão escritas na mesma forma de hoje, é perguntar se, ao formular as leis da segregação e da segregação independente, Mendel de fato estava se referindo a elementos hereditários que trariam em si o potencial dos traços, o que hoje chamamos de ‘genes’, e que ele supostamente teria chamado de ‘fatores’.

Encontramos aí aquele que é, provavelmente, o principal ponto de discórdia entre os historiadores que estudam Mendel. Há quatro anos, quando estava escrevendo um artigo sobre como as contribuições de Mendel são abordadas em artigos dirigidos a professores, deparei-me com tal discórdia e decidi, então, ler cuidadosamente o original de Mendel, em sua tradução em língua inglesa, mas cotejando com o original em alemão, para chegar à minha própria conclusão a este respeito.

Minha conclusão foi a de que Mendel *não* estava tratando de elementos hereditários subjacentes aos caracteres ao apresentar seus resultados experimentais no artigo de 1866. Todo o argumento pode ser lido de modo claro supondo que ele está o tempo todo falando dos caracteres em si mesmos. Ou seja, podemos entender o argumento de Mendel se o lemos como se estivesse sempre se referindo ao que hoje denominamos fenótipos,

sem mobilizar a ideia de que haveria uma menção ao que hoje chamamos de genótipo. Desse modo, após me dedicar a analisar o trabalho de Mendel cuidadosamente, coloquei-me do lado do debate em que se encontram historiadores como Robert Olby, que insiste que Mendel constrói seus argumentos em torno do conceito de caráter (*Merkmale*), e não mediante um apelo a fatores hereditários. Nesse ponto, alguns exemplos são úteis. No começo de seu artigo, Mendel escreve:

Einige ganz selbständige Formen aus diesem Geschlechte besitzen constante, leicht und sicher zu unterscheidende Merkmale, und geben bei gegenseitiger Kreuzung in ihren Hybriden vollkommen fruchtbare Nachkommen (Mendel 1866, p. 6, grifo nosso).

Na tradução original para a língua inglesa, feita por William Bateson em 1901, lemos:

Some thoroughly distinct forms of this genus possess characters which are constant, and easily and certainly recognizable, and when their hybrids are mutually crossed they yield perfectly fertile progeny (Mendel 1866/1996, p. 3, grifo nosso).*

O foco recai claramente sobre o caráter, expresso pelo termo “*Merkmale*”. Esse uso do termo segue por todo o artigo, sugerindo reiteradamente que Mendel constrói seu argumento com um foco sobre caracteres como a cor e a forma das sementes.

É possível ver no termo “*Merkmale*”, no entanto, mais do que um foco sobre fenótipos. Para Raphael Falk, por exemplo, o termo “*Merkmale*” não significa somente “características”, ou “caracteres”, mas literalmente “marcadores”, o que o leva a propor que Mendel teria compreendido que os caracteres são apenas marcadores externos de unidades hereditárias não observáveis, mas ainda assim reais.

Sinceramente, acho muito difícil acreditar que Mendel tivesse chegado a tal conjunto de ideias. Isso significa supor que ele teria formulado uma distinção entre genótipo e fenótipo quase cinquenta anos antes de Wilhelm Johannsen tê-la proposto em 1908,

Podemos traduzir esse trecho **para o português** como segue: “Algumas formas inteiramente distintas desse gênero possuem caracteres que são constantes, e fácil e certamente reconhecíveis e, quando seus híbridos são mutuamente cruzados, produzem progênie perfeitamente fértil” (grifo nosso).

como uma solução para as dificuldades trazidas pela expressão “caráter unitário” (“*unit-character*”), que confundia o caráter com o potencial para exibir o caráter. Não considero crível que uma solução de tal modo dependente de avanços da citologia e da citogenética, que tiveram lugar após o tempo de Mendel, pudesse ter ocorrido a ele.

Em português: “Devemos

portanto tomar como certo que fatores [*Factoren*] exatamente similares também devem estar operando na produção das formas constantes nas plantas híbridas” (grifo nosso).

Uma lição interessante sobre como lidar com documentos históricos aparece nesse caso, a qual vale a pena destacar aqui: problemas importantes podem resultar das traduções que usamos, o que mostra a importância de examinar os originais.

Para defender a interpretação que oferece para o significado de “*Merkmale*”, Falk cita a seguinte passagem de uma tradução inglesa do texto de Mendel:

In our experience we find everywhere confirmation that constant progeny can be formed only when germinal cells and fertilizing pollen are alike, both endowed with the potential for creating identical individuals (Mendel 1866, p. 24, as quoted in Falk, 1986, pp. 135-136, grifo nosso).*

Em português: “Na nossa

experiência encontramos em todo lugar confirmação de que progênie constante pode ser formada apenas quando células germinativas e pólen fertilizante são similares, ambos dotados de potencial para criar indivíduos idênticos” (grifo nosso).

Contudo, se examinamos a primeira tradução para o inglês, feita por Bateson, eis o que encontramos:

So far as experience goes, we find it in every case confirmed that constant progeny can only be formed when the egg cells and the fertilizing pollen are of like character, so that both are provided with the material for creating quite similar individuals (Mendel 1866/1996, p. 20, grifo nosso).*

Em português: “Até onde vai a

experiência, vemos em todos os casos confirmado que progênie constante só pode ser formada quando células-ovo e pólen fertilizante são do mesmo caráter, de modo que ambos são dotados do material para criar indivíduos bastante similares” (grifo nosso).

No original alemão, o termo é ‘*Anlage*’, traduzido como ‘potencial’ no texto usado por Falk, e como “material” na tradução de Bateson. Ambas as traduções podem ser admitidas, de modo que não podemos resolver a situação apelando para algum possível erro de tradução. O problema é que, nesse caso, a opção pela tradução “potencial” tem consequências importantes, porque sugere a ideia de elementos hereditários. Contudo, não há razão para necessariamente optar por tal tradução, salvo se já estivermos convencidos de

que Mendel está tratando dos mesmos elementos. Mas isso não resolve a questão, antes a pressupõe.

Vejamus como o argumento de Mendel prossegue:

*We must therefore regard it as certain that exactly similar factors [*Factoren*] must be at work also in the production of the constant forms in the hybrid plants* (Mendel 1866/1996, p. 20, grifo nosso).*

Em princípio, o uso do termo ‘fator’ parece favorecer a leitura em termos de ‘potencial’. Mas até que ponto isso decorre de estarmos já acostumados a pensar que Mendel, ao escrever ‘fator’, estaria referindo-se ao que hoje chamamos ‘genes’? Se nos ativermos à frase citada acima, não fica realmente claro se os fatores em questão são caracteres ou potenciais para exibir caracteres.

Ao ponderar sobre esse problema, imaginei que ajudaria examinar se Mendel usava os termos “*Factoren*” e “*Anlage*” com um mesmo significado ao longo de todo o texto e se esse significado poderia ser melhor reconciliado com uma leitura relativa ao caráter ou a algum potencial responsável pela herança do caráter. Infelizmente, essas duas palavras aparecem somente uma vez em todo o artigo. O termo “*Merkmale*”, contudo, aparece 140 vezes. Perguntei-me, então, se seria consistente ler esse termo em todas as suas ocorrências como se fizesse referência ao “caráter fenotípico” em si mesmo. Minha conclusão foi a de que, na maioria dos casos, esta era uma leitura consistente. Isso foi decisivo para que eu me convencesse de que Mendel constrói seu argumento, em todo o artigo, com referência aos caracteres, ao fenótipo, sendo difícil aceitar a interpretação de Falk de que ele estaria referindo-se a marcadores de unidades hereditárias que carregariam ou seriam o potencial para os caracteres. Simplesmente pareceu excessivo interpretar os argumentos de Mendel como se apontassem para unidades ou elementos hereditários a partir da ocorrência tão limitada de termos como “*Factoren*”, “*Anlage*”, ou mesmo “*Elemente*” (que ocorre dez vezes no texto), que podem ter vários significados.

Vale a pena perguntar-se, ainda, por que Mendel não teria construído seu argumento de modo mais explícito em termos de elementos ou partículas hereditárias se esta era uma ideia com a qual estava lidando. Afinal, todos os cientistas que estavam estudando hereditariedade, na segunda metade do século XIX, eram bem mais explícitos a este respeito, como mostram as gêmulas da teoria da pangênese de Darwin, ou os determinantes de Weismann, ou os pangenes de Hugo de Vries. Claro, podemos considerar que Mendel, como eu mesmo argumentei, não fazia parte da mesma comunidade. Contudo, sua formação em Física fornecia-lhe as bases para postular a existência de partículas que pudessem explicar seus resultados. Ainda assim, este é um argumento que não aparece de modo explícito em seu texto, no qual não temos mais do que um ou outro termo sugestivo, ao qual lançamos significados que não estão aparentes, ao quisermos ler neles – possivelmente – mais do que eles querem dizer. Sem dúvida, há trechos no artigo que parecem sugestivos de uma referência a elementos nos gametas que seriam potenciais para os traços herdados, mas em nenhuma passagem parece inteiramente claro que é desses elementos nos gametas que Mendel está tratando.

Outro argumento a favor da ideia de que Mendel estaria pensando em elementos hereditários subjacentes aos caracteres poderia basear-se em seu uso dos termos ‘dominante’ e ‘recessivo’ (sempre como adjetivos, não como substantivos correspondentes). Contudo, é bem claro no texto original que ele usa esses termos para referir-se aos próprios caracteres. Por exemplo:

Henceforth in this paper those characters which are transmitted entire, or almost unchanged in the hybridization, and therefore in themselves constitute the characters of the hybrid, are termed the dominant, and those which become latent in the process recessive (Mendel 1866/1996, p. 7).*

É interessante notar um aspecto do texto de Mendel que sugere a ausência da ideia de fatores presentes em formas variantes (dominantes e recessivas); adotando uma notação de Nägeli, ele não usava o símbolo *aa* e *AA*

para os homocigotos dominantes ou recessivos, mas somente *a* e *A*. Assim, ele parece representar os caracteres presentes em cada indivíduo, não pares de ‘fatores’ subjacentes aos caracteres. Considere-se, por exemplo, a seguinte passagem:

If A be taken as denoting one of the two constant characters, for instance the dominant, a, the recessive, and Aa the hybrid form in which both are conjoined, the expression

$$A + 2Aa + a$$

shows the terms in the series for the progeny of the hybrids of two differentiating characters (Mendel 1866/1996, pp. 13-14).*

No entanto, como acontece com muitos aspectos do trabalho de Mendel, há controvérsia em torno do que podemos derivar dos símbolos por ele empregados. Alguns autores argumentam que o tratamento matemático exposto por Mendel sugere que ele estaria pensando em termos de pares de caracteres, empregando, digamos, *A* em vez de *AA* apenas porque, em análise combinatória, cada elemento é representado somente uma vez, com exceção dos casos em que se lida com permutações. Contudo, mesmo que o tratamento matemático seja feito considerando os pares *AA* e *aa*, isso não significa necessariamente que Mendel estivesse trabalhando com a ideia de fatores não observáveis, em vez de caracteres observáveis.

Poderíamos seguir apontando trechos ou aspectos particulares do argumento que apoiam uma interpretação do texto de Mendel que não apela à ideia de elementos hereditários não observáveis. Parece-me, contudo, que a melhor maneira de chegar a uma conclusão a esse respeito é evitar um foco apenas sobre passagens isoladas do texto. Em vez disso, é mais proveitoso interpretar todo o texto como um único argumento e inferir, então, se ele é compreensível pensando em termos apenas de caracteres fenotípicos, ou se sua compreensão demanda um papel central para a ideia de fatores ou elementos hereditários. É a partir de uma inferência dessa natureza, sobretudo, que alcancei a conclusão de que podemos entender o argumento sem maiores dificuldades se pensarmos que

Em português: “Se **A** for entendido como denotando um dos dois caracteres constantes, por exemplo, o dominante, **a**, o recessivo, e **Aa**, a forma híbrida em que ambos estão combinados, a expressão

$$A + 2Aa + a$$

mostra os termos na série para a progênie dos híbridos dos dois caracteres diferenciadores”.

Em português: “Daqui em diante nesse artigo aqueles caracteres que são transmitidos inteiros, ou quase sem mudança na hibridização, e portanto constituem em si mesmos os caracteres do híbrido, são denominados os dominantes e, aqueles que se tornam latentes no processo, os recessivos”.

ele é construído em referência ao fenótipo. Soma-se a isso o problema – comentado acima – de atribuir anacronicamente a Mendel uma distinção complexa como aquela entre genótipo e fenótipo, quase cinquenta anos antes de sua proposição, já no âmbito da genética mendeliana.

É claro que não tenho qualquer pretensão de que os argumentos aqui elencados poderiam encerrar uma controvérsia a respeito do assunto que segue na literatura histórica especializada. Tudo que pretendo aqui é mostrar o raciocínio que me levou à conclusão pessoal, após examinar o artigo de Mendel, de que seu argumento é construído em termos dos fenótipos que estão sendo observados nos cruzamentos, sem uma referência clara e explícita a fatores hereditários não observáveis.

Caso esta interpretação seja aceita, isso significa que somos nós que lemos retrospectiva, anacronicamente a distinção entre genótipo e fenótipo no artigo de Mendel, atribuindo ao seu uso esporádico de termos como ‘Factoren’, ‘Anlage’ e ‘Elemente’ mais do que ele queria dizer. Vemos unidades hereditárias que ele próprio, Mendel, não teria discernido. No mínimo, podemos dizer que o caso a favor do apelo de Mendel a elementos hereditários particulados não é forte, como admitem até mesmo autores que propõem que Mendel tratava de tais elementos, a exemplo do próprio Falk.

O que tudo isso implica no ensino de Genética? Trata-se de questionar se devemos ou não falar em leis de Mendel? Parece-me que não. Essas leis foram e continuam sendo fundamentais no contexto da genética mendeliana. A questão é que, embora presentes no trabalho de Mendel, não se encontram ali na formulação proposta após a emergência da Genética, com uma referência clara a uma herança particulada baseada em fatores hereditários (que viriam a ser denominados ‘genes’). Trata-se, assim, de não atribuir a Mendel a formulação encontrada na ciência escolar para as leis que levam seu nome. Em vez disso, ao discorrer sobre Mendel como figura histórica, devemos situá-lo e às suas realizações no contexto de sua época (inclusive em termos conceituais), apresentando uma visão mais correta da natureza de seu trabalho, à luz das evidências históricas de que

dispomos. Isso significa compreender que os geneticistas clássicos releram as modestas “leis da hibridização” de Mendel como um esquema geral de herança, com um alcance muito maior do que elas tinham no trabalho original, decorrentes de terem sido chamadas a responder a perguntas distintas daquelas que o próprio Mendel fez em seus estudos.

O CONCEITO DE "DOMINANTE" EM MENDEL

O conceito de dominância é outro desenvolvimento posterior a Mendel que tem sido sistematicamente atribuído ao seu trabalho original. A afirmação de que ele pensava que a dominância era sempre observada é outro aspecto do Mendel mítico. É um aspecto importante, porque a ideia de que a dominância seria a regra geral na relação entre caracteres ainda é um problema no ensino de Genética. Esta ideia é frequentemente atribuída a Mendel e nosso respeito por ele pode estar associado à prevalência da dominância no ensino de Genética. Contudo, ele jamais assumiu que sempre haveria um caráter dominante sobre outro.

Embora os sete pares de caracteres escolhidos por Mendel em seu estudo com ervilhas constituíssem exemplos de dominância completa, ele tinha consciência de que não era um fenômeno universal. No próprio artigo de 1866, ele mencionou um oitavo caráter, tempo de floração, que exibía dominância incompleta. O fato de que Mendel nunca usou o substantivo “dominância” ou o verbo correspondente, mas apenas o adjetivo “dominante”, sugere que ele não entendia a dominância como uma propriedade causal. Ele nunca afirmou, por exemplo, que um caráter apareceria nos híbridos porque era dominante e, tampouco, atribuiu o adjetivo ‘dominante’ a ‘fatores’ ou ‘elementos’ que seriam potenciais para o desenvolvimento do caráter. Ou seja, o conceito ‘mendeliano’ de dominância, que tem sido ensinado na ciência escolar, com os problemas associados, não é, no fim das contas, um conceito de Mendel.

Foi um dos redescobridores de Mendel, Hugo de Vries, que atribuiu ao fenômeno da dominância completa o estatuto de lei, tratando-o como o caso geral na relação entre caracteres. Contudo, não havia consenso a

tal respeito na comunidade científica da época. Outro dos redescobridores, Carl Correns, afirmou não entender por que de Vries havia assumido a dominância como regra geral, após encontrar tantas características de ervilhas e de outras plantas nas quais a dominância não é válida.

O QUE TERIA ACONTECIDO SE DARWIN ACEITASSE A TEORIA DE MENDEL?

Outro mito comum – inclusive entre cientistas – é o de que se Darwin tivesse conhecido e aceitado a teoria de Mendel, teria se engajado num trabalho teórico mais amplo, que poderia ter ‘adiantado’ a história do pensamento evolutivo em quase um século. Ou seja, o próprio Darwin poderia ter dado largos passos na direção da síntese evolutiva de meados do século XX.

Esta é mais uma ideia insustentável, que ignora uma série de aspectos históricos, alguns deles relativamente óbvios. Primeiro, que Darwin teve conhecimento dos estudos de Mendel, o que muitos não sabem. Isso mostra que a questão central é se Darwin teria ou não aceitado as ideias de Mendel. Um segundo aspecto, que é ignorado nessa ideia de que Darwin poderia ter dado um salto histórico até a síntese evolutiva, é que ele tinha sua própria teoria da herança, a qual exibía uma série de desacordos com as ideias de Mendel sobre hibridização. A teoria da pangênese é perdida de vista e isso leva a uma série de ilações injustificadas sobre a falta de uma teoria da hereditariedade como uma falha na teorização de Darwin sobre evolução. Note-se que, mesmo que a pangênese não tenha se mostrado aceitável para os contemporâneos de Darwin, esta é uma situação muito distinta da suposição de que ele nunca teria logrado construir uma teoria sobre a herança. Além disso, ignora-se nesse relato mítico que várias das ideias evolutivas que fizeram parte da teoria sintética não se encontram nos originais de Darwin, a exemplo do papel central da especiação geográfica e do isolamento reprodutivo. Ou seja, mesmo que Darwin tivesse aceito a explicação de Mendel, não teria necessariamente avançado na direção da síntese evolutiva. Nesse contexto, o Mendel mítico encontra-se com o Darwin mítico. O

que fica obscurecida é a compreensão da história e da natureza da ciência. A complexa história da construção da síntese evolutiva mostra claramente que Darwin jamais poderia ter antecipado o pensamento evolutivo em quase um século.

As origens do mito de que Darwin poderia ter feito tal antecipação, caso conhecesse e aceitasse as ideias de Mendel, podem ser traçadas até o influente livro de William Bateson *Mendel's principles of heredity: A defense* (1902) em que podemos ler:

Had Mendel's work come into the hands of Darwin, it is not too much to say that the history of the development of evolutionary philosophy would have been very different from that which we have witnessed (Bateson 1902, p. 39).*

Numa edição posterior, encontramos a mesma afirmação (p. 31) e, além dela, outro argumento similar:

I rest easy in the certainty that had Mendel's paper come into his [Darwin's] hands, those passages [about the views of evolutionary progress through blending] would have been immediately revised (Bateson 1909, p. 19).*

Como não deveria causar espanto, a melhor maneira de interpretar essas passagens de Bateson é situá-las em seu contexto histórico. Essas afirmações devem ser entendidas no contexto das controvérsias entre Bateson e os biometristas, seguidores de Galton, que insistiam no papel das variações contínuas na evolução, em contraste com a ênfase de Bateson sobre as variações descontínuas. Como os biometristas arregimentavam Darwin para seu lado do debate, Bateson estava tentando, com os argumentos citados acima, trazer Darwin para o seu lado, a partir de uma leitura comum antes de a herança poligênica ter sido proposta, isto é, a de que o trabalho de Mendel apoiava a importância das variações descontínuas no processo evolutivo.

O contexto desses debates mostra que o fato de que nós, retrospectivamente, vemos mendelismo e darwinismo como teorias complementares é, em si mesmo, uma consequência da própria síntese evolutiva. Nem Darwin, nem os primeiros geneticistas ou os

Em português: “Caso o trabalho de Mendel tivesse chegado às mãos de Darwin, não é exagero dizer que a história do desenvolvimento da filosofia evolutiva teria sido muito diferente daquela que nós testemunhamos”.

Em português: “Eu fico tranquilo com a certeza de que se o artigo de Mendel tivesse chegado a suas mãos [de Darwin], aquelas passagens [sobre as visões do progresso evolutivo através da mistura] teriam sido imediatamente revisadas”.

biometristas podiam ver o potencial de síntese entre as duas teorias. Inicialmente, a genética mendeliana apresentou-se como uma rival da teoria darwinista, na medida em que parecia destacar a importância das variações descontínuas, em contraste com a insistência darwinista no papel de pequenas variações que, se favorecidas pela seleção natural, poderiam levar, no curso de milhares a milhões de anos, a grandes diferenças entre as espécies. Encontramos na genética mendeliana, inclusive, uma teoria evolutiva rival – a teoria da mutação – que pode ser entendida, como argumenta o historiador Peter Bowler, como uma das responsáveis pelo chamado eclipse do darwinismo, ou seja, pelo fato de que este parecia ser, na virada do século XIX para o XX, uma teoria refutada.

Uma vez considerado o contexto histórico em que Darwin e as gerações subsequentes de cientistas trabalharam, até pelo menos a década de 1920, fica claro como é muito difícil sustentar que a aceitação da teoria de Mendel por Darwin poderia oferecer a este último uma espécie de atalho até a síntese evolutiva.

O PAPEL DE MENDEL NA HISTÓRIA DA GENÉTICA

Diante de tantas controvérsias a respeito do trabalho de Mendel, é importante deixar claro que não se trata de colocar em questão o impacto de seu trabalho ou seu papel na história da Genética. Trata-se, antes, de compreender que esse impacto resultou da refração de seus resultados e argumentos sob a lente das perspectivas teóricas da virada do século XIX para o século XX, quando seu trabalho foi redescoberto. Não é motivo de espanto que tal refração tenha ocorrido, mas ainda assim isso merece atenção porque nos leva a ponderar em que medida somos levados a ler no artigo de Mendel ideias que somente se tornaram disponíveis vários anos após seus estudos.

Em seu livro *Origins of Mendelism*, Robert Olby se pergunta se Mendel era ou não um “mendeliano” e sua resposta sugere uma maneira interessante de entender o impacto de seu trabalho. Para Olby, Mendel *não era um mendeliano* quanto à suposição da existência

de um número finito de elementos ou partículas hereditárias, *mas era um mendeliano* no sentido de que tratava a herança por meio de pares de caracteres independentes e relações estatísticas na progênie dos híbridos que se aproximavam da série combinatória. A conclusão que podemos alcançar é importante para uma compreensão bem fundamentada sobre o impacto de Mendel sobre a Genética. O impacto decorreu em parte da ideia de que se encontraria no trabalho de Mendel o mecanismo da hereditariedade estabelecido pela genética clássica. Mas este não é um crédito que pode ser atribuído a Mendel sem grandes problemas. Esse mecanismo parece ter sido lido anacronicamente sobre o artigo de 1866. Como discutimos acima, no artigo não há indicações claras de tal mecanismo e, mais do que isso, ele admite uma leitura consistente considerando-se somente o nível do fenótipo. A ideia de um mecanismo da hereditariedade teve impacto devido ao modo como o texto de Mendel foi reinterpretado na virada para o século XX.

Há, contudo, um desenvolvimento claramente exposto no texto de Mendel que teve grande impacto sobre a ciência posterior e ao qual cabe um crédito ao texto original sem maiores dúvidas. Encontramos ali um desenho experimental que tornou possível que Mendel observasse as consequências das duas leis pelas quais ele é famoso e, mais do que isso, que viria a ser uma das principais fundações da Genética, quando outros cientistas que estudavam a hereditariedade passaram a usar uma abordagem similar àquela que encontrariam em Mendel, após seu trabalho ser redescoberto. A importância desse método experimental ultrapassou, além disso, as fronteiras da Genética, na medida em que esta disciplina foi uma das principais responsáveis pela transformação da Biologia numa ciência largamente experimental no século XX. É sobretudo com base na presença desse método experimental que é inteiramente justo tratar o trabalho de Mendel como fundador da Genética. No entanto, quando se tenta explicar o impacto desse trabalho, é bem mais comum encontrarmos uma maior ênfase sobre a ideia de fatores hereditários do que sobre o método experimental por ele desenvolvido.

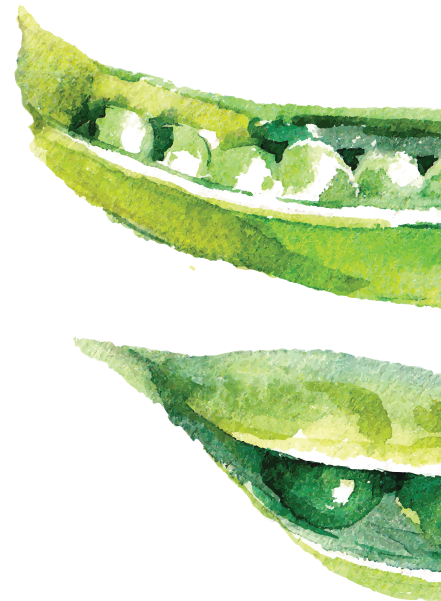
MENDEL COMO EXEMPLO DE UMA VISÃO IDEALIZADA DOS GRANDES CIENTISTAS

O exame da literatura histórica, lado a lado com o trabalho original de Mendel, mostra que a interpretação dos estudos deste cientista e de sua contribuição para a ciência é bastante polêmica. Nas salas de aula de Ciências, bem como no entendimento da maioria dos profissionais que se dedicam à Genética, estas polêmicas estão ausentes. Trata-se de um caso de uma dificuldade mais geral no uso da história da ciência na educação científica, que é o predomínio de uma visão idealizada dos grandes cientistas, que distorce a maneira como a ciência se desenvolve como uma atividade social. Como no caso de outros desenvolvimentos científicos, como a teoria da seleção natural ou a mecânica clássica, uma grande realização é explicada como se fosse o trabalho de um único estudioso, e não o produto de toda uma comunidade científica.

Como um sintoma de um problema mais geral, a imagem mítica de Mendel tem consequências importantes, até mesmo por ser uma das referências históricas mais comuns no ensino de Ciências. Ela obscurece a produção do conhecimento sobre a hereditariedade na segunda metade do século XIX como um processo social. Em vez da história complexa que levou à emergência da Genética na virada do século XIX para o século XX, temos somente a visão inadequada de que uma ciência poderia ter um fundador único. Somente uma figura fantástica, atemporal, dotada de uma suposta genialidade que o levaria a estar 'à frente de seu tempo', poderia cumprir o papel que lhe é reservado nesse mito de origem. Deve-se notar, ainda, que há um claro tom moral nas descrições de Mendel como um tipo ideal de cientista, imbuído de virtudes monásticas. O mito do monge trabalhando em isolamento dentro de um mosteiro traz consigo a imagem de um cientista exemplar, em busca apenas da verdade, e não de fama ou riqueza. Atributos de Mendel como sua capacidade de escolher o organismo correto para estudar são destacados, como meio de salientar sua genialidade, enquanto se negligencia o fato de que não foi

somente com *Pisum* que ele fez experimentos, mas também com outras plantas, como *Hieracium* ou *Phaseolus*, que não replicaram seus resultados obtidos com as ervilhas. Não há dúvida de que Mendel foi um experimentador habilidoso: é aos métodos que desenvolveu para investigar os padrões obtidos em cruzamentos que podemos atribuir seu impacto sobre a Genética nascente. Contudo, a descrição de seu trabalho científico exagera suas habilidades a ponto de obscurecer que, como qualquer cientista, ele enfrentou dificuldades e fez escolhas pouco produtivas no planejamento de seus estudos. A narrativa dominante reveste-se de tons moralizantes que se mostram problemáticos: defrontamos com a imagem paradigmática de um cientista dedicado a um paciente e metuciloso trabalho quantitativo de contar ervilhas por muitas gerações, ao longo de muitos anos, apenas para ser ignorado por seus contemporâneos, que não teriam sido capazes de apreciar a significância de seu trabalho. A redescoberta de Mendel torna-se, então, a estória épica de um homem que ganhou reconhecimento após ter sido quase esquecido.

No entanto, isso é feito à custa de distorções na descrição de seus experimentos. Por exemplo, é comum encontrarmos a afirmação de que seus resultados experimentais teriam mostrado que os sete pares de caracteres investigados eram herdados independentemente, apoiando, assim, a lei da segregação independente. Mas, Mendel relata, em seu artigo de 1866, cruzamentos diíbridos e triíbridos envolvendo apenas três dos sete caracteres. Quanto aos outros caracteres, ele apenas comenta que realizou também cruzamentos nos quais estiveram envolvidos, tendo obtido *aproximadamente* os mesmos resultados. Esses resultados não são, contudo, apresentados. O termo 'aproximadamente' é chave nesse argumento porque, como bem se sabe, segregação independente não ocorre se os genes associados aos traços localizam-se no mesmo cromossomo (a não ser que estejam em *loci* muito distantes) e, como foi estabelecido um século depois, vários dos caracteres estudados por Mendel estão associados a genes localizados nos mesmos cromossomos. Em particular, o relato dos resultados de experimentos de cruzamento diíbridos





envolvendo os caracteres comprimento do caule e formato da vagem seria muito interessante de examinar, uma vez que é bastante provável que eles não se conformariam à ideia de segregação independente, por estarem associados a genes que se situam relativamente próximos um do outro, no mesmo cromossomo. Como no caso dos resultados com *Hieracium* e *Phaseolus*, situações que se desviam da imagem de experimentador genial atribuída a Mendel não merecem a mesma atenção que outros achados.

A visão idealizada tem marcado o modo como Mendel é apresentado a cada geração de estudantes, da educação básica à pós-graduação, mediante o uso de conceitos superficiais que parecem autorizar-nos a pensar em avanços geniais conseguidos por experimentos cruciais. Mas, desse modo, perde-se a compreensão da natureza do trabalho científico. Retomar a natureza humana e social desse trabalho é fundamental para que um entendimento mais sofisticado da ciência emergja. Isso passa pelo questionamento de mitos como o de Mendel (ou o de Darwin, ou o de Newton, entre tantos outros). Desse questionamento, não decorre qualquer menosprezo pela contribuição de Mendel. Ao contrário, podemos admirar ainda mais seus feitos ao colocarmos nossa personagem com a roupagem de um homem de seu tempo, capaz de realizações como a do desenho experimental que elaborou, mas não de antever o que ainda levaria quatro décadas para ser pensado. Penso que, visto sob essas lentes, Mendel torna-se muito mais interessante do que a personagem descrita nas narrativas heroicas centradas em torno de um suposto monge solitário que teria fundado uma disciplina como a Genética com um único estudo.

PARA SABER MAIS

- ALLCHIN, D. Mending Mendelism. *Am. Biol. Teach.*, v. 62, p. 633-639, 2000.
- BIZZO, N.; EL-HANI, C. N. O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. *Filos. Hist. Biol.*, v. 4, p. 235-257, 2009.
- BIZZO, N.; EL-HANI, C. N. Darwin and Mendel: Evolution and Genetics. *J. Biol. Educ.*, v. 43, p. 108-114, 2009.

- BOWLER, P. J. *The Mendelian revolution: the emergence of hereditarian concepts in modern science and society*. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press, 1989.
- BOWLER, P. J. *Evolution: The history of an idea* (3rd ed.). Berkeley, CA: University of California Press, 2003.
- CORCOS, A.; MONAGHAN, F. Some myths about Mendel's experiments. *Am. Biol. Teach.*, v. 47, p. 233-236, 1985.
- FAIRBANKS, D. J.; RYTTING, B. Mendelian controversies: a botanical and historical review. *Am. J. Bot.*, v. 88, p. 737-752, 2001.
- EL-HANI, C. N. Mendel in genetics teaching: some contributions from history of science and articles for teachers. *Sci. Educ.-Netherlands*, v. 24, p. 173-204, 2015.
- FALK, R. What is a gene? *Stud. Hist. Philos. Sci.*, v. 17, p. 133-173, 1986.
- HARTL, D. L.; OREL, V. What did Gregor Mendel think he discovered? *Genetics*, v. 131, p. 245-253, 1992.
- ILTIS, H. *Life of Mendel*. New York, NY: Hafner, 1932/1966.
- KAMPOURAKIS, K. Mendel and the path to Genetics: portraying science as a social process. *Sci. Educ.-Netherlands*, v. 22, p. 293-324, 2013.
- MAYR, E. *The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982.
- MENDEL, G. Versuche über pflanzen-hybriden. *Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brunn*, v. 4, p. 3-47, 1866. <http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/gm-65-f.pdf>. Accessed 15 December 2012.
- MENDEL, G. *Experiments in plant hybridization*. New York, NY: Electronic Scholarly Publishing Project, 1866/1996. <http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/gm-65.pdf>. Accessed 15 December 2012.
- MONAGHAN, F. V.; CORCOS, A. F. The real objective of Mendel's paper. *Biol. Philos.*, v. 5, p. 267-292, 1990.
- OLBY, R. Mendel no Mendelian? *Hist. Sci.*, v. 17, p. 53-72, 1979.
- OLBY, R. C. (1985). *Origins of Mendelism* (2nd ed.). Chicago, IL and London: The University of Chicago Press, 1985.
- OREL, V.; HARTL, D. L. Controversies in the interpretation of Mendel's discovery. *Hist. Philos. Life Sci.*, v. 16, p. 423-464, 1994.