Mendel e seus abismos

Luiz Antonio Botelho Andrade[1], Edson Pereira da Silva[2]

[1] Departamento de Imunobiologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.
[2] Laboratório de Genética Marinha e Evolução, Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

Autor para correspondência: labauff@yahoo.com.br

Neste artigo, os autores contextualizam, científica e epistemologicamente, a obra clássica de Gregor Mendel. Do ponto de vista científico, ressalta-se o delineamento experimental, a produção de conceitos e a proposição de um modelo explicativo completamente novo para se compreender o fenômeno da herança biológica. Do ponto de vista epistemológico, mostra-se o hiato intransponível entre o fenômeno observado e a explicação do mesmo, na construção do conhecimento científico.

Como a teoria celular estabeleceu a unidade (estrutural e funcional) e, a Teoria Evolutiva darwiniana, a história (ancestralidade comum) dos seres vivos, foi o modelo mendeliano de herança que estabeleceu sua continuidade na reprodução (os mecanismos da hereditariedade). Contudo, a palavra "herança" sempre trouxe consigo uma familiaridade que, muitas vezes, dificultou o seu entendimento em biologia. Isto porque "herança" define, na maioria das línguas, tanto a herança legal e cultural quanto a biológica. Tal fato marcou, durante muito tempo, as ideias por trás de muitas pesquisas envolvendo a hereditariedade. Foi o trabalho meticuloso de Gregor Johann Mendel (1922-1884), um monge desconhecido da comunidade científica de sua época, que trouxe, ainda na década de 1860, a ruptura definitiva entre os dois sentidos da palavra herança.

O modelo mendeliano de herança é, até os nossos dias, a base de toda ciência da Genética (MENDEL, 1865, 1869) e, além disso, trouxe consigo rupturas irreconciliáveis, à luz da história da ciência, com o que se pensava sobre o fenômeno da herança biológica até aquele momento. Mais ainda, o trabalho de Mendel explicitou, de um ponto de vista epistemológico, hiatos intransponíveis entre o conhecimento científico e os fenômenos que se dedicou a estudar. Neste sentido, Mendel estabeleceu abismos, os quais serão apresentados e discutidos a seguir, mas não sem terminar com uma ponte, em dupla hélice.

CAVANDO O FOSSO

Entre a chegada de Gregor Johann Mendel, filho de humildes camponeses, ao Mosteiro de Brünn (Brno), da Ordem de Santo Agostinho, em 1883, quando ele completara 21 anos, e o início de seu trabalho com as famosas ervilhas-de-cheiro da espécie *Pisum sativum* (SALAMANCA, 2000), duas perguntas instigam pesquisadores e historiadores da ciência, quais sejam: (a) Como ele formulou a pergunta e (b) como ele delineou o seu experimento (HARTL; OREL, 1992; WEISS, 2002; DEGUSTA, 2003.

Tudo indica que o abade Cyrill Napp (1792-1867), chefe hierárquico do Mosteiro de Brunn, quando da chegada de Mendel, deve ter influenciado positivamente, seja pelo investimento na formação intelectual do noviço, seja na formulação mesmo de sua pergunta científica, haja vista que:

1) Napp foi membro, consultor e presidente das principais sociedades agropecuárias da Moravia e como tal tinha de lidar com as perguntas de seus sócios que queriam saber como criar e manter grandes estoques de carneiros (sem perder a qualidade da lã) ou como realizar a fertilização artificial para criar e selecionar novas variedades de plantas.

2) Poucas pessoas possuíam o conhecimento e a autoridade de Napp em matéria de agricultura, horticultura e criação de carneiros. Nesse contexto, ele se perguntava sobre o significado da herança de certos caracteres em muitas variedades e raças economicamente importantes para a região da Moravia, mesmo antes de Mendel ingressar no Mosteiro.

3) Napp promovia vários encontros científicos e alguns cursos de formação. Em um deles, ministrado por Franz Diebl (1770–1859) e frequentado por Mendel, o renomado cientista ressaltou, dentre outras coisas, a importância do pareamento de plantas com diferentes caracteres para criar variedades produtivas; que a ervilha e o feijão eram espécies propícias para investigação sobre herança; e que a contribuição de disciplinas irmãs poderia ajudar na resolução do grande mistério que era a herança.

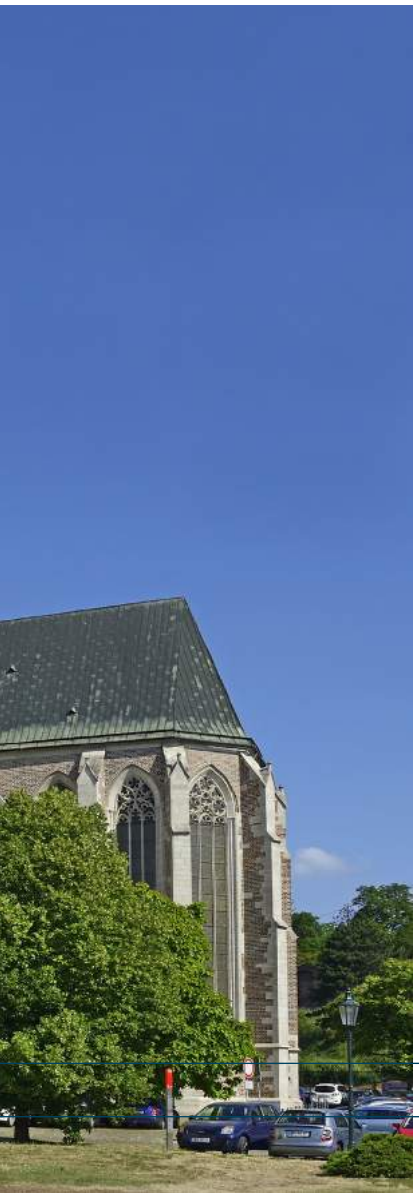
É importante que se diga, ainda, que Napp custeou os estudos de Mendel na Universidade de Viena, incentivou também que participasse das sociedades científicas e de cursos de formação e, além disso, financiou a construção de uma estufa para proteger as ervilhas de insetos polinizadores que pudessem interferir no trabalho experimental de Mendel (KLEIN; KLEIN, 2013).

Por sua parte, Mendel transitava entre os agricultores da região e conhecia bem os estudos que tentavam desvendar os segredos que envolviam a herança de certos caracteres expressos por diferentes espécies de plantas, incluindo as ervilhas. Através da literatura especializada e dos cursos de formação, incluindo sua passagem pela Universidade de Viena (1851-1852), onde ele participou de cursos de física experimental, com Christian Doppler (1803-1853); anatomia e fisiologia vegetal, com Franz Unger (1800-1870); morfologia e sistemática de plantas, com Eduard Fenzl (1808-1879); cálculo, análise combinatória e uso das tábuas de logaritmo e trigonometria, com Franz Moth (1802-1879) e Andreas von Ettingshausen (1796-1878), entre outros, ele aprendeu que a herança manifestada nas plantas e nos animais dependia de uma lei fisiológica e, como uma necessidade metodológica de seu trabalho, planejou cuidadosamente todos os experimentos, incluindo a fertilização artificial cruzada para a produção de híbridos entre diferentes variedades de ervilhas (MONAGHAN; CORCOS, 1983; KLEIN; KLEIN, 2013).

Além da pergunta, o delineamento experimental é, também, importante em qualquer investigação científica, pois é através dele que se manifesta a criatividade do cientista ao conceber a estratégia metodológica para responder a pergunta. Qual foi, então, o delineamento experimental de Mendel? É importante ressaltar um aspecto muito importante deste delineamento, qual seja: a concepção de que algumas leis do mundo natural, incluído os sistemas biológicos, podiam ser expressas por relações matemáticas e que os números presentes nestas relações, representando unidades discretas, não se misturam como os fluidos. Assim, a escolha da ervilha de cheiro Pisum sativum adveio dos ensinamentos de Diebl, dos seus estudos na Universidade de Viena e da experiência prévia de vários agricultores no trato com as ervilheiras.

A ervilha cresce rápido, possui flores completas (com os dois sexos) e já estavam disponíveis nas mãos dos agricultores, na forma de variedades, com traços transmissíveis e facilmente discerníveis aos olhos do observador. Com isso em mente, Mendel focou o seu trabalho em sete caracteres transmissíveis dos quais ele estudou dois a dois, de cada vez, com muito rigor e atenção, registrando e quantificando todas as suas observações. Outro diferencial do delineamento experimental de Mendel foi a sistemática investigativa, analisando os caracteres estudados por mais de uma geração (F1, F2, F3). A maioria dos investigadores, que o precedera interrompia o experimento na primeira geração (F1) ou continuava por mais de uma geração, mas não quantificava os resultados, pois não via razão para se usar números em questões de biologia. Além deste diferencial, Mendel foi cuidadoso no controle de algumas variáveis como o clima e a presença de insetos polinizadores que pudessem colocar em dúvida os seus experimentos, razão pela qual ele solicitou a construção de uma estufa no jardim do Mosteiro.

Nesta perspectiva, Mendel formulou uma hipótese, planejou os experimentos, quantificou e interpretou os resultados e chegou a uma conclusão geral, utilizando relações matemáticas que, mais tarde, os autores denominariam de "Leis de Mendel".



OS ABISMOS

1. Em relação ao passado

Antes de Mendel iniciar seus trabalhos, foram muitas as explicações para o fenômeno da hereditariedade, ou seja, eram tentativas de compreender por que existem mais semelhanças entre pais e filhos do que entre tios e sobrinhos, avós e netos ou entre vizinhos numa mesma rua ou comunidade.

Entre os filósofos gregos que pensaram a questão da herança biológica, Aristóteles (384-322 a.C.), por exemplo, argumentava que as contribuições sexuais para a geração de novos seres eram diferentes. Segundo ele, o sêmen do macho seria responsável pelo fornecimento do princípio gerador da forma, o *eidos*, enquanto o sangue menstrual seria uma substância informe a ser moldada pelo *eidos* do sêmen, na geração do novo ser (SOLHA; SILVA, 2004).

Mais de dois mil anos depois, Darwin (1809-1882), em seu livro *A Variação de Animais e Plantas sob Domesticação*, propôs para o problema da herança a sua "hipótese provisória da pangênese". Segundo tal hipótese, todas as partes do corpo expeliriam gêmulas que viajariam nos fluídos do organismo e por ocasião da reprodução iriam até as células germinativas. Dessa forma, as mudanças ocorridas no corpo do indivíduo durante a vida seriam transmitidas às próximas gerações porque afetariam as gêmulas produzidas nas partes modificadas. Se houvesse mutilação, aquela parte do corpo deixaria de produzir as gêmulas correspondentes (ARCANJO; SILVA, 2015).

Além da "hipótese provisória da pangênese" de Darwin, surgiram várias outras hipóteses explicativas para o fenômeno da hereditariedade no século XIX, dentre as quais a "Teoria das Estirpes" de Galton (1822-1911). Segundo esta teoria, os tecidos e as características dos descendentes se assemelhavam aos dos pais não porque gêmulas tivessem sido herdadas dos pais pelos filhos, como defendia Darwin, mas porque ambos, pais e filhos, tinham se originado a partir do que ele chamou de uma linhagem germinal. William Keith Brooks (1848-1908), nos Estados Unidos, defendia a hipótese de que óvulos e espermatozóides eram diferentes não só morfologicamente, mas apresentavam, também, diferentes funções hereditárias. Suas conclusões advinham do fato de que cruzamentos recíprocos entre híbridos (machos híbridos com fêmeas não hibridas X machos não híbridos com fêmeas híbridas) geravam prole com variação diferente. Em sua teoria, os espermatozóides seriam os repositórios das gêmulas. Os óvulos, por sua vez, guardariam as características gerais da espécie, o que explicaria as diferenças entre as proles dos diferentes cruzamentos recíprocos (SILVA; ANDRADE, 2012).

2. Em relação à realidade dos fenômenos

Outro dado interessante a respeito do modelo mendeliano de herança é que ele, para funcionar como uma explicação, precisava assumir a existência de entidades desconhecidas, os chamados "fatores" (ou "elementos celulares" ou "caracteres"). Mendel teve a coragem de imaginar, na razão, a existência destes objetos inexistentes na realidade, que eram construções racionais e, portanto, impossíveis para ele mostrar a existência concreta naquele momento da história (SOLHA; SILVA, 2004).

Os "fatores", mais tarde denominados genes, inauguravam, assim, uma ciência nova, de um objeto novo: a Genética (PROVINE, 1991ba 1991b). Dessa forma, uma das grandes novidades dos trabalhos de Mendel foi a aventura de construir tais objetos racionais para explicar as suas observações de como as características discretas das ervilhas-de-cheiro eram herdadas ao longo das gerações. Os "fatores" mendelianos sustentavam sua realidade apenas no interior do modelo mendeliano de herança que, para funcionar como explicação, dependia de assumir a sua existência.

A Genética estava começando ali, na própria construção teórica dos "fatores" hereditários que tinham a interessante característica de estarem aos pares (mesmo sem se conhecer, na época, o que significava ser haploide ou diploide) e o intrigante comportamento de se segregarem de forma independente na formação das células reprodutivas (mesmo sem serem conhecidos, na época, os mecanismos de mitose e meiose).

À luz da história, uma audácia a mais de Mendel: postular a hipótese de que aquilo que não era possível mostrar concretamente, estava em dose dupla, segregava na formação dos gametas, e voltava a se juntar, após a fecundação, como unidades discretas que não se misturavam como os fluidos (CANGUILHEM, 1977; SOLHA; SILVA, 2004).

Mais que isso, as observações de Mendel mostravam que a primeira geração do cruzamento entre linhagens puras para uma característica, por exemplo, ervilheiras que davam sementes lisas e ervilheiras que davam sementes rugosas, era toda ela composta de ervilheiras de sementes lisas (100% da prole). Contudo, no cruzamento desta prole, a característica sementes rugosas reaparecia na proporção de apenas um quarto das plantas da prole (25%). A explicação de Mendel para o fenômeno contava com o auxilio dos seus "fatores", como é bem conhecido pela representação realizada no esquema apresentado na Figura 1.

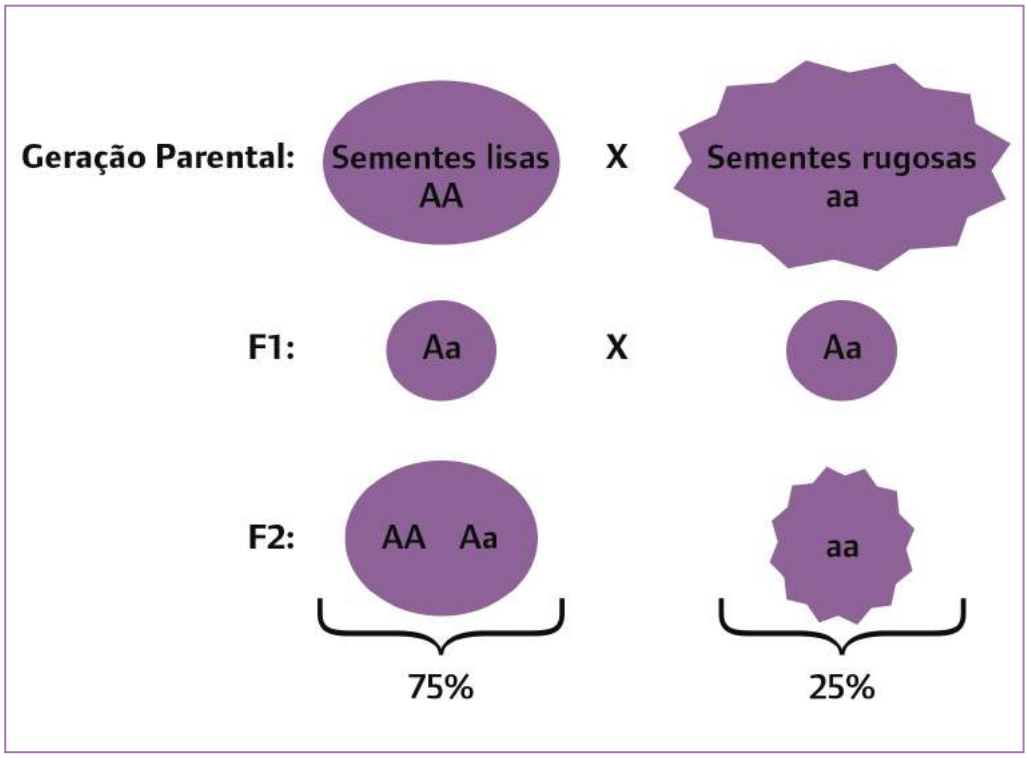


Figura 1.
Representação gráfica dos fenótipos obtidos nos experimentos de Mendel e seus respectivos genótipos como interpretado pelo seu modelo de herança.

Na observação do esquema da Figura 1 fica evidente uma incoerência entre as proporções dos tipos observadas (ervilheira que dão sementes lisas e ervilheiras que dão sementes rugosas) e aquelas dadas pelos "fatores" supostos pelo modelo mendeliano de herança. Primeiro, o tipo "semente rugosa" desaparece na F1 (primeira geração). Em segundo lugar, quando do cruzamento dos indivíduos com os "fatores" Aa da primeira geração e que se apresentam como sendo do tipo "semente lisa", esperamos indivíduos nas proporções 2Aa, 1AA e 1aa, ou seja, três classes. Contudo, observamos apenas dois tipos, "semente lisa" (AA + Aa) e "semente rugosa" (AA). Como é possível explicar isto?

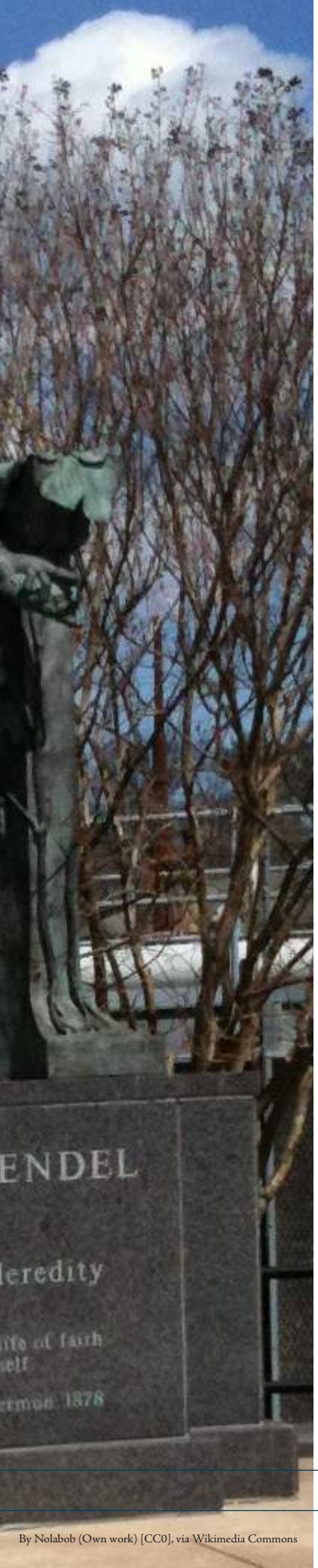
Dois conceitos novos são necessários para adequar a expectativa teórica (aquela dos "fatores" do modelo) com a observação concreta (aquela dos tipos de ervilheiras observadas). Primeiro, é necessário assumir que existem "fatores" dominantes e "fatores" re-

cessivos e, segundo, é preciso se conformar com o fato de que modelos explicam fenômenos, mas não são os fenômenos. Ou seja, é preciso saber que existe uma diferença entre aquilo que é, neste caso em específico, os tipos de ervilheira, de agora em diante chamados de fenótipos; e as nossas explicações sobre aquilo que é, neste caso específico, as suas representações teóricas no modelo, de agora em diante chamados genótipos. Fenótipos são coisas que se observam concretamente no mundo, enquanto genótipos são inferências teóricas, explicações que são dadas para aquilo que é visto (SILVA; ANDRADE, 2012).

Embora nem Mendel, nem seus seguidores do início do século XX fizessem a distinção entre genótipo e fenótipo, que foi proposta apenas no fim dos anos 1900 por Wilhelm Johannsen, a intenção aqui é apontar para o fato de que o modelo mendeliano de herança já trazia embutida a necessidade de se explicar conceitualmente o contraste entre esperado teórico e observado experimental. Desta forma, embora não percebido imediatamente, é o modelo mendeliano de herança que explicita o abismo que existe entre aquilo que é (o ontológico) e aquilo que podemos falar daquilo que é (epistemológico). Existe um abismo intransponível entre a realidade dos fatos e as nossas explicações. A interpretação atualizada do trabalho de Mendel deixa claro, para qualquer empirista primário, este abismo intransponível entre o ontológico e o epistemológico na atividade científica. O modelo mendeliano de herança foi e é, ainda além de revolucionário, perturbador.

3. De esquecimento

Uma questão instigante na história da ciência é o fato do trabalho de Mendel ter permanecido ignorado pela comunidade científica por quase quatro décadas (MONAGHAN; CORCOS, 1987; KESSEL, 2002; KEYNES, 2002). Algumas hipóteses têm sido propostas na literatura para explicar o porquê deste longo intervalo de tempo entre a publicação do principal artigo de Mendel, intitulado *Experimentos na hibridização de plantas*, em 1865, e a "redescoberta" de seus resultados pelos botânicos



By Nolabob (Own work) [CC0], via Wikimedia Commons

K. Correns (1864-1933; Alemanha), E. Tschermak (1871-1962; Áustria) e H. de Vries (1848-1935; Holanda), na virada do século XIX para o XX.

Uma hipótese muito aventada é a de que o esquecimento deve-se ao fato de Mendel ter publicado seu trabalho em uma revista científica periférica, desconhecida da comunidade científica da época. Contudo, naquela época, não havia um número expressivo de revistas científicas, portanto, um pesquisador da área, certamente, teria acesso à revista da Sociedade de História Natural de Brünn. Mais do que isso, o intercâmbio entre os cientistas, através de cartas, era comum, e Mendel aderiu e utilizou este expediente, visto sua correspondência com Nagelli (1817-1891), um dos mais famosos botânicos da época. O trabalho de Mendel foi publicado, ainda, em 1866, em uma revista de maior circulação, intitulada *Proceedings of the Natural History Society*. Diz-se, também, que o caráter matemático do trabalho de Mendel inibiu a sua recepção por uma audiência de naturalistas. No entanto, o período em que Mendel exerceu suas atividades é o mesmo de Francis Galton (1822-1911), primo de Darwin, que tinha vasta produção ligada diretamente à Matemática e à Biologia.

Como já foi dito antes, o modelo mendeliano de herança rompeu com toda a tradição dos estudos sobre hereditariedade até aquele momento. Além disso, era fundado em um objeto novo e puramente racional (os "fatores"). Ou seja, era um modelo abstrato, no qual todas as suas explicações tinham como base objetos que eram construções hipotéticas. Mais que isso, desmascarava o abismo intransponível entre aquilo que é (o ontológico) e aquilo que podemos falar do que é (o epistemológico). Se não bastasse tudo isso, o modelo mendeliano de herança não agradava nem a gregos, nem a troianos. Por um lado, era um modelo da permanência e da invariância, pois explicava que a herança era um fenômeno no qual os "fatores" não sofrem mistura ou qualquer tipo de mudança ao longo das gerações, repetindo-se eles mesmos sempre em proporções fixas "para todo sempre, amém". Certamente, um modelo como o proposto não agradava o pensamento evolucionista do seu tempo (BISHOP, 1996; SILVA, 2001). Nem Lamarck (1744-1829), nem Darwin, mas a estabilidade (SILVA, 2001; RODRIGUES; SILVA, 2011) e, portanto, a displicência.

Por outro lado, para um fixista, a ideia de que as proporções mendelianas eram obtidas por cruzamentos e arranjos, ao acaso, era inconcebível. Deus é uma força determinista (onipotente, onipresente, onisciente; Deuteronômio 6:4; Mateus 28:19; 2 Coríntios 13:14; Efésios 4:4-6; 1 Pedro 1:2; 1 Timóteo 1:17; Apocalipse 14:7) e o jogo (o acaso, a probabilidade) é a própria negação da onisciência divina ("A sorte se lança no regaço, mas do Senhor procede toda a determinação". Provérbios 16:33). Desse modo, não é por acaso que o jogo sempre esteve associado ao Diabo. Se não houve insurgência entre seus pares religiosos deveu-se, provavelmente, ao fato de que não era disso que se tratava. Ou seja, não era um modelo e não tratava de herança, mas de hibridização de plantas.

As citações que o trabalho de Mendel recebeu desde a sua publicação foram restritas a estudos sobre a produção de híbridos. Foi necessário esperar até 1900 para que seu trabalho fosse interpretado sob a perspectiva de um modelo de herança. O esquecimento (a ignorância) da natureza do modelo mendeliano de herança, pode ser relacionado com a interpretação de que ele era revolucionário, perturbador e, também, subversivo. Quarenta anos de esquecimento, portanto, não foi um tributo tão grande assim para um modelo ser, pelo bem de todos, encoberto pelo véu do menosprezo e da incompreensão.

4. De dúvida

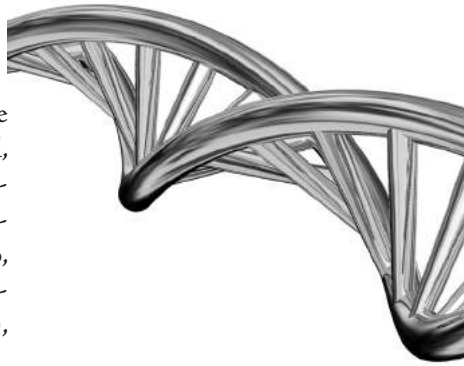
Os experimentos de Mendel são tidos como um exemplo de rigor científico devido ao seu planejamento meticuloso, os cuidados na obtenção de linhagens puras, descrição dos procedimentos e listagem dos resultados, além das suas análises matemáticas (MONAGHAN; CORCOS, 1985; OREL; WOOD, 2000; SANDLER,

2000; CHARLESWORTH, 2001). Seus resultados, no entanto, não puderam ser reproduzidos com o mesmo sucesso em relação a outras plantas, o que levou, o próprio Mendel, a duvidar da generalização de seus resultados como modelo explicativo para a herança biológica.

Os resultados dos experimentos de Mendel trouxeram dúvidas, também, para alguns autores, embora por outros motivos, pois desviam muito pouco em relação ao esperado, do ponto de vista da análise estatística (MONAGHAN; CORCOS, 1985; EDWARDS, 1986; PIEGORSCH, 1990; NOVITSKI, 1995, 2004a, 2004b). Diante deste fato, alguns autores especularam que resultados "tão bons" só poderiam ter origem com a manipulação dos dados. Ronald Fisher (1890-1962), que analisou cuidadosamente todos os resultados de Mendel, sugeriu, de maneira irônica, que Mendel deveria ter tido um ajudante muito zeloso que poderia ter modificado os dados, sem autorização, para agradar o mestre (FISHER, 1966). Theodosius Dobzhansky (1900-1975), geneticista ucraniano que fez sua carreira nos Estados Unidos, de forma menos severa, concede que poucos cientistas não cometem enganos ou acidentes no seu trabalho experimental. Assim, segundo ele, Mendel poderia ter descartado de seus resultados aqueles cruzamentos que mostrassem evidências de contaminação. Assim, como resultado final, os dados teriam ficado muito melhores do que o que seria esperado do procedimento experimental realizado (DOBZHANSKY, 1967). Sewall Wright (1889-1988), outro dos fundadores da teoria sintética da evolução, afirma, de maneira semelhante à de Dobzhansky, que se os cruzamentos com resultado ambíguos ou que dependessem de interpretação mais subjetiva tivessem sido eliminados nas contagens, o que levaria a uma tendência de aproximação dos dados aos resultados teóricos esperados sem, no entanto, configurar nenhum tipo de manipulação deliberada (WRIGHT, 1966).

A despeito das dúvidas quanto aos resultados dos experimentos mendelianos, o que impressiona é a observação de que, mesmo que Mendel tivesse cometido uma manipulação deliberada dos seus dados para adequá-los a sua expectativa teórica, isso só poderia ser feito na precedência de uma teoria ou seja, o modelo mendeliano de herança já deveria estar pronto na cabeça do seu proponente antes mesmo que ele conferisse os resultados. Realmente alguma coisa inaugural estava florescendo naquele jardim. Portanto, entende-se o porquê de Mendel ser reconhecido como pai-fundador da Genética.

UMA PONTE



A despeito de todos os abismos, passados e presentes, sob responsabilidade de Mendel, seus experimentos, e especialmente seu modelo de herança, o grande legado desta história são as pontes lançadas, desde o passado, atravessando o presente, em direção ao futuro. Mendel, segundo Canguilhem (1977), um filósofo francês da Biologia:

> *Não se trata de um precursor. Precursor é, sem dúvida, aquele que corre à frente de todos os seus contemporâneos, mas é, também, aquele que para num percurso em que outros, depois dele, correrão até o final. Ora, Mendel correu toda a corrida.*

Basta dizer que a genética moderna foi inaugurada ali, na construção dos fatores hereditários, o resto é DNA.

REFERÊNCIAS

ARCANJO, F. G.; SILVA, E. P. A hipótese darwiniana da pangênese. *Genética na Escola*, v. 10, n. 2, p. 102-109, 2015.

BISHOP, B. E. Mendel's opposition to Evolution and to Darwin. *Journal of Heredity*, v. 87, p. 205-213, 1996.

CANGUILHEM, G. *Ideologia e Racionalidade nas Ciências da Vida*. São Paulo: Edições 70, 1977.

CHARLESWORTH, B. From Monastery to the laboratory. *Nature*, v. 409, p. 981-982, 2001.

DEGUSTA, D. More digging in Mendel's garden. *Evolutionary Anthropology*, v. 12, p. 1, 2003.

DOBZHANSKY, T. Looking Back at Mendel's Discovery. *Science*, v. 156, p. 1588-1589, 1967.

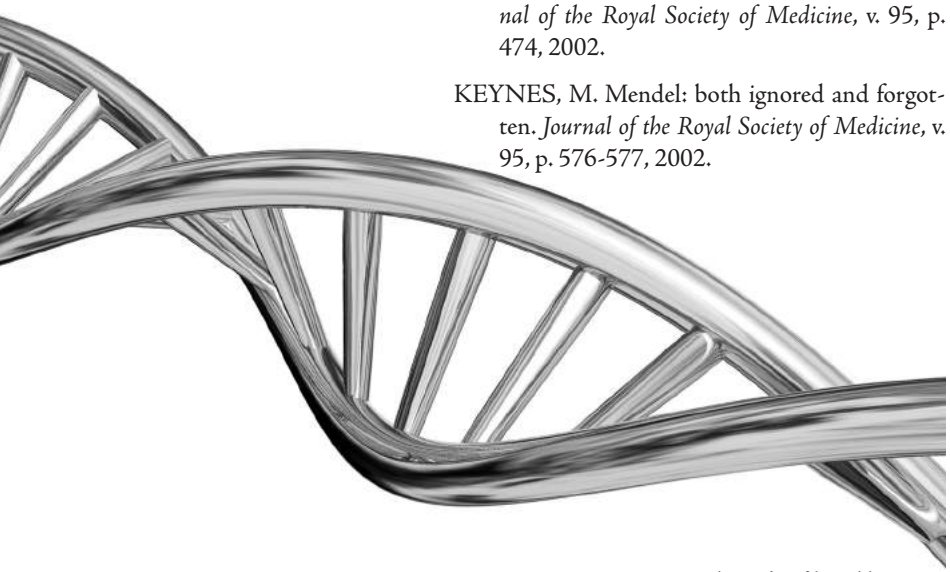
EDWARDS, A. W. F. More on the too-good-to--be-true paradox and Gregor Mendel. *Journal of Heredity*, v. 77, p. 138, 1986.

FISHER, R. A. Has Mendel work been rediscovered? In: STERN, C.; SHERWOOD, E.R. *The Origin of Genetics: A Mendel Source Book*. S. Francisco: W.H. Freeman & Company, 1966. p. 139-172.

HARTL, D. L.; OREL, V. What did Gregor Mendel think he discovered? *Genetics*, v. 131, p. 245-243, 1992.

KESSEL, R. Mendel: forgotten or ignored? *Journal of the Royal Society of Medicine*, v. 95, p. 474, 2002.

KEYNES, M. Mendel: both ignored and forgotten. *Journal of the Royal Society of Medicine*, v. 95, p. 576-577, 2002.



KLEIN, J.; KLEIN, N. *Solicitude of humble genius – Gregor Yohann Mendel – Volume 1 - Formative years*. London: Springer Heidelberg, 2013.

MENDEL, G. Experiments on Plant Hybrids. In: STERN, C. & SHERWOOD, E. R. *The Origin of Genetics: A Mendel Source Book*. S. Francisco: W.H. Freeman & Company, p. 1-48, 1966. 1865

MENDEL, G. On Hieracium – Hybrids Obtained By Artificial Fertilisation. In: STERN, C.; SHERWOOD, E.R. *The Origin of Genetics: A Mendel Source Book*. S. Francisco: W.H. Freeman & Company, p. 49-55, 1966. 1869.

MONAGHAN, F.V. & CORCOS, A.F. Possible influences of some 19th century chemical concepts on Mendel's ideas about heredity. *Journal of Heredity*, v. 74, p. 297-299, 1983.

MONAGHAN, F.V.; CORCOS, A.F. Chi-square and Mendel's experiments: where's the bias? *Journal of Heredity*, v. 76, p. 307-309, 1985.

MONAGHAN, F.V.; CORCOS, A.F. Mendel, the empiricist. *Journal of Heredity*, v. 76, p. 49-54, 1985.

MONAGHAN, F.V.; CORCOS, A.F. Reexamination of the fate of Mendel's paper. *Journal of Heredity*, v. 78, p. 116-118, 1987.

NOVITSKI, C.E. Another look at some of Mendel's results. *Journal of Heredity*, v. 86, n. 1, p. 62-66, 1995.

NOVITSKI, C.E. Revision of Fisher's analysis of Mendel's garden pea experiments. *Genetics*, v. 166, p. 1139-1140, 2004a.

NOVITSKI, C. E. On Fisher's criticism of Mendel's results with the garden pea. *Genetics*, v. 166, p. 1133-1136, 2004b.

OREL, V.; WOOD, R.J. The essence and origin of Mendel's discovery. *C. R. Acad. Sci. Paris* (Sciences de la vie/Life Sciences), v. 323, p. 1037–1041, 2000.

PIEGORSCH, W.W. Fisher's contributions to Genetics and Heredity, with special emphasis on the Gregor Mendel controversy. *Biometrics*, v. 46, p. 915-924, 1990.

PROVINE, W. Gene. In: Enciclopédia Einaudi, Organismo – Hereditariedade, Vol. 19, Lisboa: Imprensa Nacional–Casa da Moeda, 1991a. p. 259-285.

PROVINE, W. Hereditariedade. In: *Enciclopédia Einaudi, Organismo–Hereditariedade*, Vol. 19, Lisboa: Imprensa Nacional–Casa da Moeda, 1991b. p. 212-258.

RODRIGUES, R.F.C.; SILVA, E.P. Lamarck: fatos e boatos. *Ciência Hoje*, v. 48, n. 285, p. 68-70, 2011.

SALAMANCA, F. *Gregor Mendel: El olvidado monje del huerto*. Santiago do Chile: Pangea Editores e Editorial Andrés Bello, 2000.

SANDLER, I. Development: Mendel's legacy to Genetics. *Genetics*, v. 154, p. 7-11, 2000.

SILVA, E.P.; ANDRADE, L.A.B. *Para um Estudante de Biologia Saber*. Niterói: PROAC, 2012.

SILVA, E.P. A short history of evolutionary theory. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 8, n. 3, p. 671-687, 2001.

SOLHA, G.C.F.; SILVA, E.P. Onde está o lugar do conceito de gene? *Episteme*, v. 19, p. 45-68, 2004.

WEISS, K. Goings on in Mendel's garden. *Evolutionary Anthropology*, v. 11, p. 40-44, 2002.

WRIGHT, S. Mendel's ratios. In: STERN, C.; SHERWOOD, E.R. *The Origin of Genetics: A Mendel Source Book*. S. Francisco: W.H. Freeman & Company, 1996. p. 173-175.