

A linguagem e a alfabetização científicas: características linguísticas e argumentativas de artigos científicos

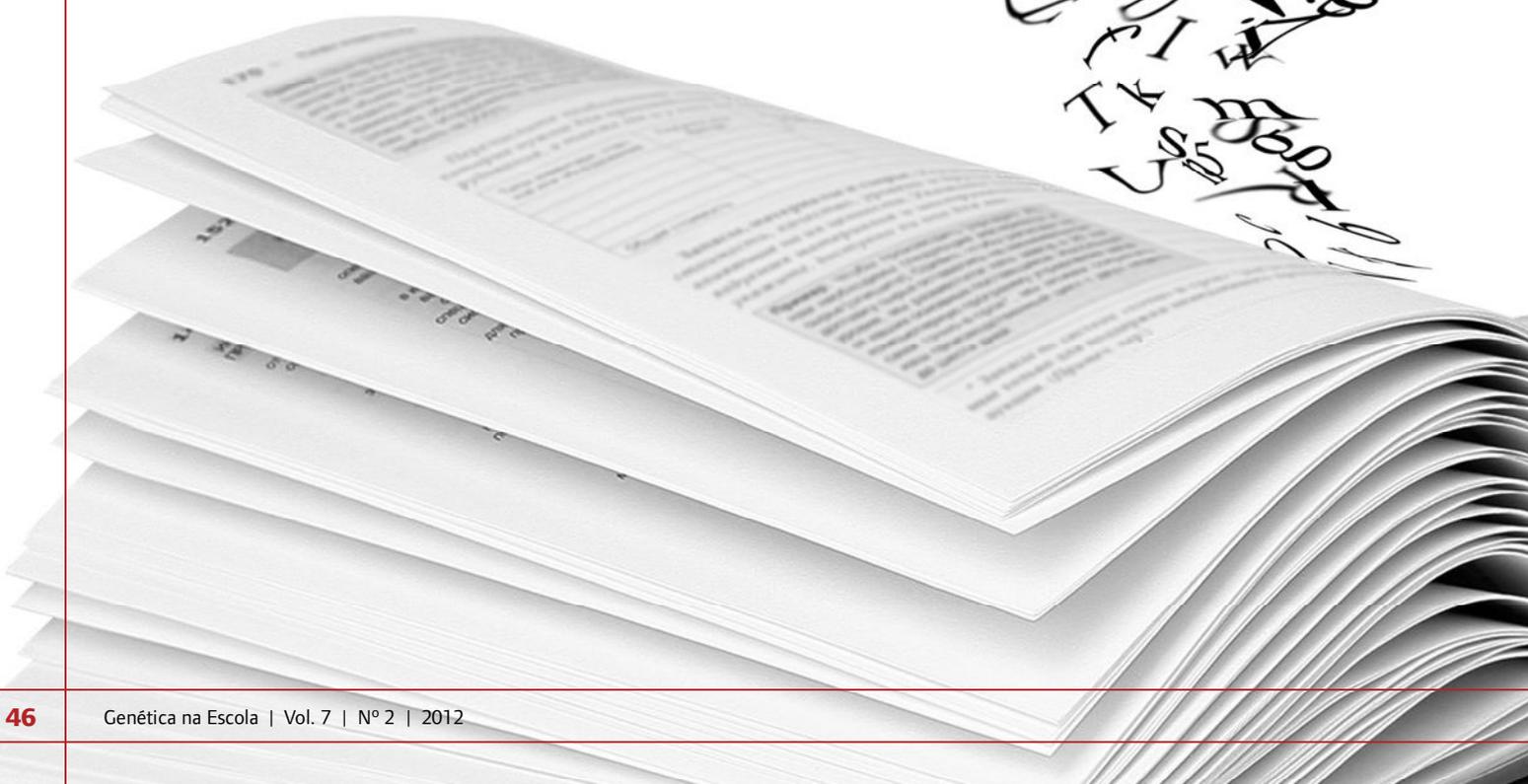
Daniela Lopes Scarpa¹, Sílvia Luzia Frateschi Trivelato²

¹Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo

²Departamento de Metodologia do Ensino, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo

Endereço para correspondência: scarpadani@gmail.com

Artigo apresentado originalmente no VIII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I CIEC - Congreso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias.



REFERÊNCIAS

- FAIRCHILD, T. The City gardener. Containing the most experienced method of cultivating and ordering such evergreens, fruit-trees, flowering shrubs, flowers, exotic plants, as will be ornamental, and thrive best in the London Gardens. Disponível em <<http://www.tu-chemnitz.de/phil/english/chairs/linguist/real/independnt/lampeter/pdf/msca1722.pdf>> Acessado em 20 de julho de 2012.
- FAIRCHILD, T. An account of some new experiments, relating to the different, and sometimes contrary motion of the sap in plants and trees. *Philosophical Transactions* (1683–1775), v.33, p.127-129, 1683.
- FOCKE, W. O. Die Pflanzen-Mischlinge. Ein Beitrag zur Biologie der gewächse. Berlin: Borntraeger, 1881.
- GREEN, J. R. The history of botany in the United Kingdom from the earliest time to the end of the nineteenth century. London: General Books, 308p., 1914.
- PFEFFER, W. Ostwalds klassiker der exakten wissenschaften. Neue Folge. Frankfurt: Akademische Verlagsgesellschaft, n. 41, 1893.
- ROBERT, H. F. *Plant hybridization before Mendel*. Princeton: Princeton University Press, 374p., 1929.
- Society of Gardeners. *Catalogus plantarum*. London: Society of Gardeners. 165p., 1730.
- ZIRKLE, C. Some forgotten records of hybridization and sex in plants. 1716-1739. *Journal of Heredity*, v.23, n.11, p.433-447, 1932.

por ser o primeiro produzido manualmente, diferente do híbrido relatado por Cotton Mather (1663–1728). No ano de 1717, Mather estudou espécies de *Dianthus* com a finalidade de cruzar estas plantas e obter algo novo. Dentre as espécies estudadas escolheu *Dianthus caryophyllus* (*Carnation*) e *Dianthus barbatus* (*Sweet Willian*) e, artificialmente, cruzou ambas as espécies.

O resultado dos cruzamentos interespecíficos naquela época era desconhecido e, para a surpresa de Fairchild, a planta obtida tinha flores que se assemelhavam ao *Sweet Willian*, porém maiores e mais vermelhas. Entretanto, as sementes eram estéreis e a planta tornou-se conhecida como *Fairchild-mule*.

A designação *Fairchild-mule* foi criada por Richard Bradley (1688?–1732) no mesmo ano, 1717, logo que soube dos resultados. Bradley iniciou seu comentário mencionando que não precisava explicar como o “pó” (como era chamado o pólen) de uma flor fecundava outra flor que estivesse nas proximidades, e que, para formar um híbrido, bastaria semear as plantas originais desejadas próximas umas das outras e o vento faria o restante. Zirkle (1932) relatou que o híbrido obtido assemelhava-se tanto ao cravo *Sweet Willian* como ao *Carnation* e que o resultado deste cruzamento não era diferente do cruzamento entre o cavalo e o burro que produz a mula, que é estéril.

Quando os resultados de tal cruzamento chegaram às mãos de outros investigadores da época, dentre eles os botânicos Wilhelm Olbers Focke (1834–1922) e Wilhelm Friedrich Philipp Pfeffer (1845–1920), as críticas foram volumosas, provocando descrédito quanto aos resultados dos cruzamentos em *Dianthus*. Focke assim se pronunciou: “O sucesso na fertilização artificial não serviu nem para o progresso da ciência, nem para dar maior estímulo aos cultivadores a fim de realizarem investigações”, e Pfeffer foi mais drástico ainda: “Provavelmente o cruzamento entre os dois cravos era puramente uma experiência hortícola sem significado científico” (citado por ZIRKLE, 1932).

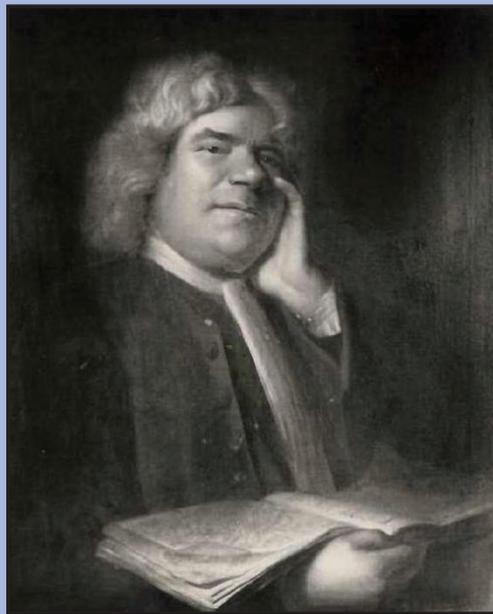
Todavia, alguns acreditavam no caráter de Fairchild de que não faria um experimento daquela natureza se não tivesse algum objetivo. Foi o caso dos artigos de Green (1914) e Roberts (1929) que não criticaram negativamente o trabalho, porém não conseguiram reverter a situação em que Fairchild fora colocado. O interessante desses investigadores críticos era que as observações foram publicadas após a morte de Fairchild que, então, não tinha mais condições para se defender.

Nem todas as observações aos resultados de Fairchild foram injuriosas. Houve quem aplaudisse e até mesmo propusesse uma aplicação para o híbrido de cravo. Philip Müller (1691–1771) foi florista renomado na Inglaterra e pertenceu à Sociedade dos Perfumistas. Como cultivador de flores chegou à direção do *Chelsea Physic Garden*, cargo que ocupou até perto de sua morte em 1771. Na sua trajetória como especialista em flores, Müller manteve os jardins do *Chelsea Physic Garden* com uma beleza incomparável e, para que o seu trabalho ficasse documentado escreveu *The Gardener Dictionary* em 1731. Nesse livro fez comentário ao híbrido de Fairchild dizendo que as flores de cravo

“...continuam florescendo por um longo tempo e são extremamente bonitas, especialmente o híbrido, que produz duas floradas, uma em maio e outra em julho... A flor descrita é de uma cor vermelha mais brilhante do que qualquer uma das anteriores, os cachos não são tão grandes, mas as flores têm um cheiro agradável” (ZIRKLE, 1932, p. 436).

Atualmente, apenas se encontram citações sobre as investigações de Thomas Fairchild. A produção artificial do híbrido de *Dianthus*, foi o legado ao estudo do hibridismo, que só seria compreendido muito mais tarde, com a descoberta dos cromossomos das plantas.

Esse artigo é o segundo de uma série baseada em revisão de literatura, com a finalidade de divulgar autores anteriores a Gregor Mendel (1822–1884). O primeiro artigo foi o de Cotton Mather (1663–1728) que descobriu que as plantas podiam se cruzar pela ação dos ventos que transportam os grãos de pólen. No presente artigo será revista a formação da primeira planta híbrida obtida por cruzamento artificial por Thomas Fairchild (1667–1729).



Thomas Fairchild

THOMAS FAIRCHILD

O trabalho de Fairchild está ligado à história da horticultura e da jardinagem. Em 1722, publicou *The city gardener* (FAIRCHILD, 1722) e nele descreveu as plantas que poderiam ser cultivadas em Londres. Relatou, igualmente, o prejuízo do rápido aumento da poluição devido à fumaça desprendida das chaminés das fábricas pelo efeito da revolução industrial na Inglaterra. A referida publicação foi preparada para que todos que desejassem ter uma Londres florida pudessem contribuir para isso com o plantio de árvores e flores e assim desfrutar de todo o embelezamento quando estivessem aposentados. Da mesma forma, era um estudo a respeito

da movimentação da seiva em árvores frutíferas com a finalidade de produzir enxertos (FAIRCHILD, 1683). Thomas Fairchild faz parte do *Catalogus plantarum* (SOCIETY OF GARDENERS, 1730) onde constam descrições detalhadas das plantas ornamentais e das árvores que poderiam ser cultivadas na cidade de Londres. Como se dedicava principalmente a esse ramo, tal trabalho foi o primeiro publicado pelos membros da Sociedade de Jardinagem. No ano de 1690, adquiriu uma propriedade em Hoxton, nas proximidades da capital inglesa e lá permaneceu até morrer. Utilizou essa área para desenvolver o crescente interesse por introduzir novas espécies de plantas que conseguia obter com o botânico americano Mark Catesby (1683–1749). Este, por sua vez, viajou pela América do Norte e Central coletando espécies de plantas que poderiam ser cultivadas e enviava as sementes obtidas para Thomas Fairchild, até que teve a oportunidade de viajar também para Londres, levando uma extensa coleção de plantas que poderiam ser cultivadas na cidade. Por ocasião de seu regresso à América, Mark Catesby levou várias plantas e animais da Inglaterra e, com suas anotações e desenhos, deu início às pesquisas em História Natural nos Estados Unidos da América.

Além da atividade de analisar o material vegetal enviado da América, Fairchild tinha espírito investigativo e interesse pelo estudo do hibridismo concentrando-se especialmente na obtenção do híbrido da espécie *Dianthus* (cravo). Após cruzamentos realizados nesta espécie, o híbrido foi obtido e se caracterizou

OS LONGÍNQUOS ANTECESSORES DE MENDEL. II

Luiz Augusto Salles das Neves¹; Guilherme Felin²; Gian Pereira Noal²; Claiomar Emílio Flores Hoffmann²; Miguel Weber May²

¹Departamento de Biologia/CCNE. Universidade Federal de Santa Maria.

²Acadêmicos do Curso de Agronomia/CCR. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. RS.

Endereço para correspondência: snaugusto@gmail.com

são chamadas de **mecanismos de isolamento pré-zigóticos** e podem atuar nos seguintes níveis:

- ♦ ecológico, quando os nichos diferem;
- ♦ sazonal, quando os períodos reprodutivos diferem;
- ♦ etológico, quando os sinais de reconhecimento diferem;
- ♦ fisiológico, quando hormônios importantes são específicos;
- ♦ mecânico, quando as genitálias não se encaixam por diferenças morfológicas;
- ♦ gamético, quando os gametas de um sexo são incompatíveis e resultam na morte dos do sexo oposto.

No entanto, as populações também podem permanecer geneticamente isoladas na ausência de reforço se a prole híbrida for inviável. Este tipo de barreira é denominado **isolamento pós-zigótico** e pode atuar no nível da mortalidade zigótica, embrionária ou do adulto, se ele for incapaz de sobreviver e ou de se reproduzir.

Os fatores envolvidos na especiação, conforme vistos nesta síntese, muitas vezes atuam simultaneamente e em mais de uma etapa do processo. O uso de conceitos facilita a compreensão e a interpretação de padrões observados na natureza, mas temos que nos manter cientes de que estes modelos teóricos constituem simplificações de algo muito mais complexo e intrincado.

REFERÊNCIAS

- COSTA-SCHMIDT, L. E.; ARAÚJO, A. M. Genital Variation and Taxonomic Discrimination in the Semi-Aquatic Spider Genus *Paratrechalea* (Araneae; Trechaleidae). *The Journal of Arachnology* v. 38, p. 242-249, 2010.
- DODD, D. M. B. Reproductive isolation as a consequence of adaptive divergence in *Drosophila pseudoobscura*. *Evolution* v.43, p. 1308–1311, 1989.
- FREEMAN, S.; HERRON, J. C. Análise Evolutiva. 4a ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 848 p.
- FUTUYMA, D. J. Evolution. 3a ed. Massachusetts: Sinauer Associates, Sunderland, 2005, 763 p.
- HOWARD, D.; BERLOCHER, S. Endless forms: species and speciation. New York: Oxford University Press, 1998, 470 p.
- JIGGINS, C. D.. Ecological speciation in mimetic butterflies. *BioScience* v.58, n.6, p. 541-548, 2008.
- RIDLEY, M. *Evolução*. 3a ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 752 p.
- MAVÁREZ, J.; SALAZAR, C.A.; BIRMINGHAM, E.; SALCEDO, C.; JIGGINS, C. D.; LINARES, M. Speciation by hybridization in *Heliconius* butterflies. *Nature* v.441, p. 868-871, 2006.
- MAYR, E. Animal Species and Evolution. Cambridge: Harvard University Press, 1963
- SHEPPARD, P. M.; TURNER, J. R. G.; BROWN, K. S.; BENSON, W. W.; SINGER, M. C. Genetics and the evolution of müllerian mimicry in *Heliconius* butterflies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)* v.308, p. 433-613, 1985.
- SILVA, L. M.; ARAÚJO, A. M. The genetic structure of *Heliconius erato* populations (Lepidoptera; Nymphalidae). *Revista Brasileira de Genética* v.17, n.1, p. 19-24, 1994.
- WEINER J. O Bico do Tentilhão – Uma História da Evolução no Nosso Tempo. Rio de Janeiro: Editora Rocco, 1995.



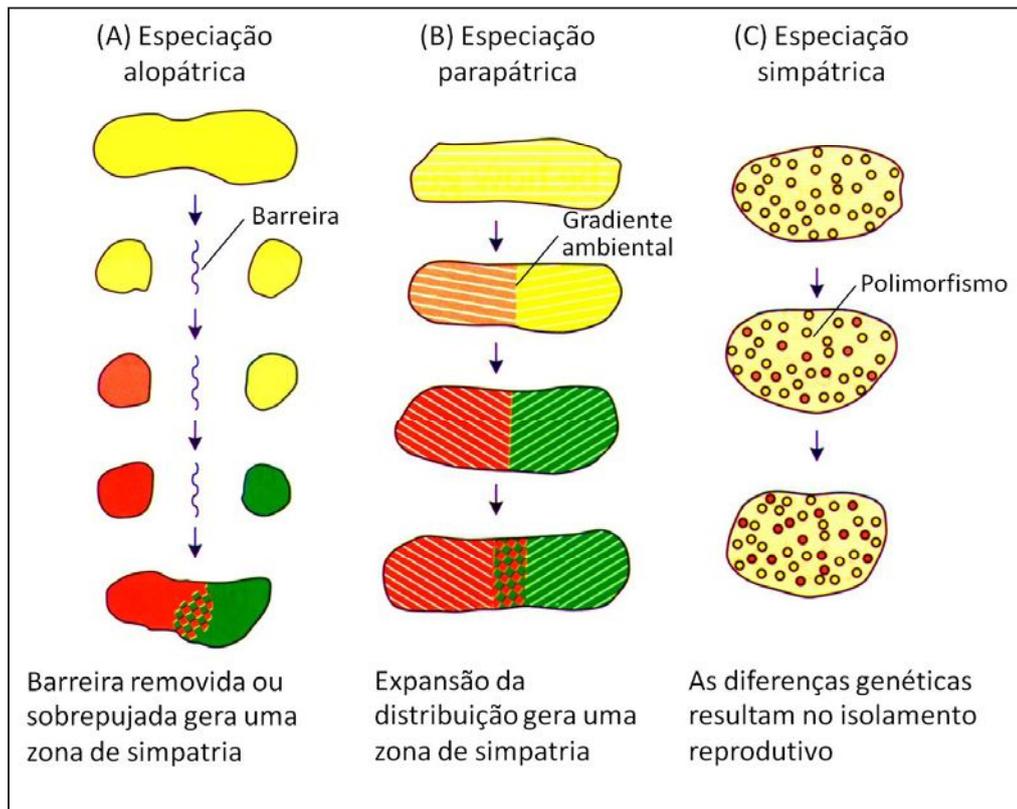


Figura 3. Estágios dos três modelos de especiação de acordo com sua configuração geográfica. A) Especiação alopátrica. B) Especiação parapátrica. C) Especiação simpátrica. (Adaptado de Futuyma, 2005).

portadores a capacidade e a preferência para explorar um novo fruto “B”. Se as moscas macho procuram por suas parceiras nos locais de oviposição, é provável que haja um maior número de cruzamento entre os portadores da nova variação genética do que com os demais, assim como entre os indivíduos que exploram o fruto “A”. O fator importante neste, assim como em todos os exemplos de especiação, é a **redução do fluxo gênico**; com ou sem isolamento geográfico.

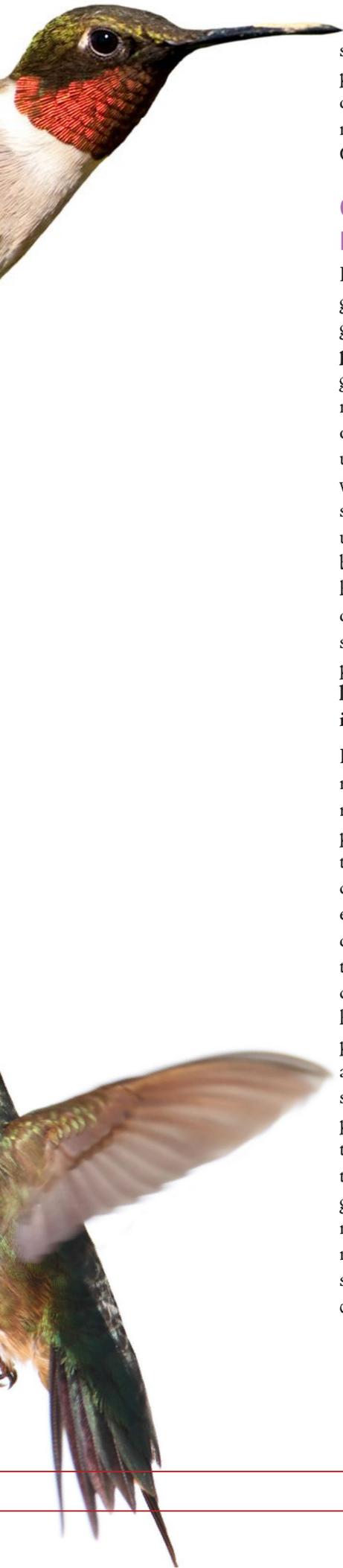
COMO AS ESPÉCIES SE MANTÊM?

Uma vez que duas espécies já tenham se diferenciado, os fatores que as mantêm reprodutivamente isoladas são necessariamente os mesmos que as levaram às suas origens? Uma questão mais específica neste contexto

é: o que acontece se as populações que divergiram recentemente têm a oportunidade de inter cruzar? O **contato secundário** entre espécies pode ter algumas consequências evolutivas importantes e uma delas já foi brevemente discutida neste artigo: a hibridização. Assim, se os híbridos tiverem menor aptidão do que as formas parentais, o reforço entra em jogo, aumentando uma divergência já iniciada. O reforço, portanto, pode atuar tanto durante quanto após um evento de especiação.

O reforço pode levar ao surgimento de “barreiras” que impedem ou diminuem significativamente as chances de hibridização. É importante mencionar, contudo, que estas barreiras também podem surgir por diversos outros caminhos além do reforço, dependendo da história evolutiva das espécies. Elas





seu próprio padrão. A divergência causada por uma adaptação de defesa, portanto, teve como subproduto um grau inicial de isolamento reprodutivo entre as subespécies (JINGGINS, 2008).

CONCEITOS MAIS DEBATIDOS

De acordo com o que vimos, tanto a deriva genética quanto a seleção natural podem gerar isolamento reprodutivo como um **subproduto da diferenciação** entre populações geograficamente afastadas. Mas, a seleção natural não poderia favorecer diretamente o isolamento reprodutivo? Aqui, cabe fazer um parêntese: as duas etapas da especiação vistas até agora – isolamento geográfico e o surgimento do isolamento reprodutivo como um subproduto – são visões estabelecidas há bastante tempo na teoria evolutiva. Porém, há alternativas para estes processos, as quais consistem em conceitos que começaram a ser evidenciados e aceitos mais recentemente pelos biólogos. São eles: **especiação sem isolamento geográfico** e **seleção natural para isolamento reprodutivo**.

Respondendo à nossa pergunta feita anteriormente (se a seleção natural poderia favorecer diretamente o isolamento reprodutivo) podemos introduzir o segundo dos conceitos, isto é, seleção para isolamento. Imagine duas das subespécies de *Heliconius erato*. Os eventuais híbridos formados em zonas de contato entre as populações podem apresentar um padrão de coloração misto que os predadores locais não aprenderam a evitar. Se os híbridos forem menos viáveis devido a esta perda da coloração defensiva, como deverá atuar a seleção natural? A menor chance de sobrevivência dos híbridos resulta na menor propagação dos genes que promovem este tipo de cruzamento. A seleção natural, portanto, favorecerá os indivíduos portadores de genes que promovem o outro tipo de cruzamento, isto é, entre aqueles que possuem o mesmo padrão mimético. Se esta seleção resultar em critérios de preferência e/ou sinais de reconhecimento específico cada vez mais

eficazes, estas subespécies podem se isolar permanentemente, completando o processo de especiação. Esta seleção para o isolamento reprodutivo, portanto, reforça a divergência iniciada pelo isolamento geográfico, de modo que este processo é justamente denominado **reforço**.

A partir do mesmo cenário inicial imaginado, suponha que os híbridos sejam viáveis e prefiram acasalar com seus semelhantes de coloração mista. O que aconteceria? Novamente o reforço estará ocorrendo, mas neste caso poderá surgir uma terceira espécie. Na verdade, este cenário não é fictício, já existindo um caso documentado de **especiação por hibridização** em *Heliconius*, entre *H. cydno* e *H. melpomene*, originando *H. heuripa* (MAVÁREZ *et al.*, 2006). Se analisarmos melhor este exemplo, notamos que, na última etapa da divergência, a seleção sexual, através da preferência diferencial por parceiros, foi o fator evolutivo mais importante. Assim, não só a seleção natural, mas também a **seleção sexual** pode participar da especiação.

A esta altura podemos questionar a importância do isolamento geográfico como primeira etapa da especiação, já que as subespécies de *Heliconius* não estavam mais isoladas por nenhuma barreira física. Aqui, portanto, entra a segunda área mencionada anteriormente como menos evidenciada: a especiação sem isolamento geográfico. Quando a população ancestral ocupava uma área adjacente àquela onde surgiu a nova espécie (como no caso de *Heliconius*), diz-se que a especiação foi **parapátrica** (para = ao lado) (Figura 3B). Gradientes de variação no ambiente, como o tipo de solo, por exemplo, também podem levar a uma divergência adaptativa entre populações adjacentes e desencadear a especiação parapátrica.

Em outro cenário, a nova espécie pode surgir no mesmo local de sua espécie ancestral em um processo denominado **especiação simpátrica** (sim = igual) (Figura 3C). Imagine que em uma população de moscas que utilizam o fruto “A” para oviposição apareça um polimorfismo genético que dá aos seus

mutações de um lado não podem ser disseminadas para as do outro e as diferenças se acumulam. Assim, inicia-se a divergência entre as populações geograficamente isoladas. Se, eventualmente, tais populações voltarem a se encontrar, é possível que os dois conjuntos de genes voltem a formar um só pelo intercruzamento dos indivíduos. Contudo, se as diferenças acumuladas forem tão grandes a ponto de os indivíduos provenientes de um lado não serem mais capazes de cruzar com os do outro, os dois conjuntos genéticos serão mantidos. É importante ressaltar então que apenas com um mecanismo intrínseco (biológico) de isolamento, e não geográfico, é que as populações estão reprodutivamente isoladas e podemos dizer que existem duas espécies. Quando a especiação ocorre em lugares diferentes - nos dois lados do istmo do Panamá, neste caso - diz-se que ela é **alopátrica** (alo = diferente; patria = lugar) (Figura 3A).

Evidências das etapas da especiação alopátrica podem ser vistas tanto na natureza quanto em laboratório. Populações da borboleta *Heliconius erato phyllis* no Rio Grande do Sul, por exemplo, apresentam-se em estrutura de “ilhas”, com maior diferenciação genética entre elas do que dentro delas (SILVA E ARAÚJO, 1994). A deriva genética e a baixa capacidade de dispersão desta espécie devem ter sido os responsáveis por essa divergência entre populações geograficamente afastadas, divergência essa que, conforme vimos, pode ser o primeiro passo de um processo de especiação.

Uma evidência de laboratório provém de populações de *Drosophila pseudoobscura* mantidas isoladas em meios de cultura diferentes - um, à base de amido, e outro, à base de maltose. Após várias gerações, as populações desenvolveram diferenças nas enzimas digestivas e, quando colocadas em contato, os indivíduos preferiam cruzar com aqueles criados no mesmo meio de cultura - ou seja, havia sido iniciado um processo de isolamento reprodutivo desencadeado pelo tempo que as populações permaneceram sem contato em ambientes diferentes (DODD, 1989).

O PAPEL DA SELEÇÃO NATURAL

O simples fato de duas populações estarem separadas geograficamente pode causar diferenças genéticas entre elas, por deriva. E a seleção natural, qual seu papel? A resposta está no segundo exemplo a respeito das populações de *Drosophila pseudoobscura*, onde outro importante fator entrou em jogo: a adaptação. Juntamente com as diferenças adaptativas nas enzimas digestivas, surgiram diferenças importantes, ainda que desconhecidas, no contexto reprodutivo, responsáveis pelas preferências sexuais manifestadas após a divergência. As diferenças que levaram ao isolamento reprodutivo podem ter se originado por pleiotropia (um gene influenciando mais de um fenótipo) ou pelo efeito carona (genes selecionados juntos devido à sua ligação física).

Os famosos tentilhões de Darwin propiciam-nos um exemplo ainda mais claro. Após a dispersão de uma espécie ancestral para as diferentes ilhas de Galápagos, a seleção natural favoreceu, em cada população, a forma de bico mais adequada para utilizar os alimentos encontrados no seu hábitat. Acontece que bicos não servem só para comer. Pesquisadores constataram que a vocalização de cortejo destas aves era diferente e se relacionava com a morfologia do bico. A atração de parceiros, portanto, foi afetada pela evolução adaptativa para alimentação, levando ao isolamento reprodutivo entre as populações de cada ilha (WEINER, 1995).

Um terceiro exemplo retorna às borboletas que já mencionamos neste artigo: as *Heliconius*. As diferentes subespécies são, na verdade, mimícos de outra espécie do gênero (*H. melpomene*). Em cada local, talvez devido a uma fragmentação do ambiente no passado, as populações evoluíram um padrão de coloração próprio que serve como defesa contra predadores. Mas, as cores não têm apenas função protetora nestas borboletas. O reconhecimento de fêmeas pelos machos é feito através das cores das asas, de modo que os machos preferem acasalar com fêmeas do



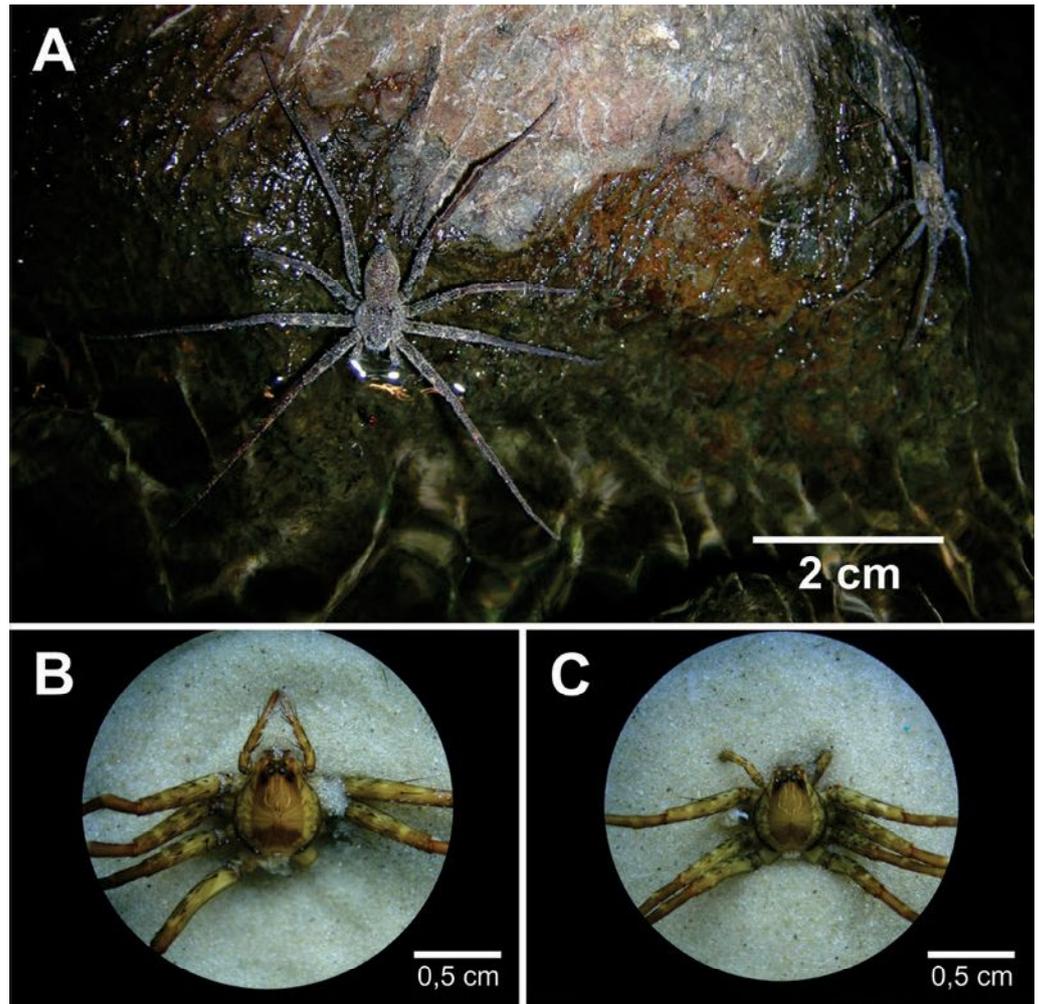


Figura 2.

Aranhas do gênero *Paratrechalea* - exemplo de “espécies crípticas”. A identificação só pode ser feita por um especialista através da visualização da genitália em estereoscópio. A) *P. azul*, mais à frente, e *P. ornata*, ao fundo. B) Vista dorsal de *P. azul*; C) Vista dorsal de *P. ornata*. (Fotos de L. E. Costa-Schmidt).

COMO SURGEM AS ESPÉCIES?

Parte da discussão sobre espécies, entretanto, não gira em torno da prática, mas do significado biológico das espécies. Afinal, como elas surgem? Se retomarmos o CBE, vemos que as espécies devem estar “reprodutivamente isoladas” de outros grupos desse tipo. Portanto, a pergunta que devemos fazer é: o que leva as populações a se isolarem reprodutivamente?

Talvez a primeira resposta que nos venha à mente seja “uma barreira física”, como montanhas, rios, vales ou desertos que isole populações da mesma espécie. Podemos pensar na formação do istmo do Panamá, que separou o oceano Pacífico do mar do Caribe há cerca de 3 milhões de anos. Tornou-se impossível populações de espécies aquáticas dos dois lados do istmo se encontrarem. E o que acontece depois? Entra, então, em jogo, o acaso das mutações genéticas. Não que antes isso não ocorresse. Acontece, porém, que agora as

As subespécies de *Heliconius erato* podem se intercruzar e produzir descendentes férteis, enquanto que as duas espécies de *Paratrechalea*, não. Sob essa perspectiva pode-se dizer que “espécies são grupos de populações naturais que intercruzam e estão reprodutivamente isoladas de outros grupos desse tipo” (MAYR, 1963). Este é o **Conceito Biológico de Espécie** (CBE).

ALTERNATIVAS AO CBE

Pode-se fazer alguma objeção ao conceito biológico de espécie apresentado acima? Sim; as bactérias, por exemplo, não fazem sexo. Além disso, apresentam pouca diversidade morfológica. Como elas se enquadram nestes critérios? Antigamente, para se distinguir bactérias em forma de bastão, por exemplo, elas eram testadas quanto ao seu metabolismo. Um tipo, classificado posteriormente como *Escherichia coli*, podia se alimentar de lactose, ao passo que outro, classificado posteriormente como *Vibrio cholerae*, não. Esta é a lógica do **Conceito Ecológico de Espécie** - elas são definidas com base nos recursos que são adaptadas a utilizar. Mais precisamente, sob a ótica deste conceito uma espécie é uma

linhagem que evolui independentemente e que ocupa uma zona adaptativa minimamente diferente das demais. Atualmente, trabalhos de comparação genômica chegaram à conclusão de que bactérias e arqueobactérias devem ser classificadas com base no seu **conteúdo genético**. A lógica, contudo, é a mesma da anterior, uma vez que linhagens evolutivamente independentes devem formar agrupamentos genéticos distintos.

E os que trabalham precisamente com o diagnóstico de espécies, isto é, os taxonomistas, o que têm a dizer? Embora hoje a taxonomia tenha incorporado fortemente o pensamento filogenético nas suas bases teóricas, por muito tempo este campo seguiu a lógica do **Conceito Fenético de Espécie**, ainda utilizado em conjunto com as novas abordagens. De acordo com este conceito as espécies são definidas com base em caracteres observáveis e mensuráveis dos organismos. De fato, na prática do dia-a-dia reconhecemos as espécies por seus caracteres fenéticos, com maior ou menor sucesso. O conceito fenético se assemelha aos conceitos **morfológico** e **tipológico**, quando existe um indivíduo “tipo” que apresenta as características definidoras da espécie.



Figura 1. Borboletas *Heliconius erato* - um exemplo de “espécie politípica”. Os padrões de coloração das raças geográficas são tão distintos quanto aqueles vistos entre espécies diferentes. (Extraído de SHEPPARD *et al.* 1985).

O objetivo deste artigo é sintetizar conceitos-chave sobre especiação e servir de auxílio para professores e alunos de ciências biológicas. Adotou-se uma abordagem que estimula o questionamento como forma de interligar diferentes temas. Partindo-se dos conceitos de espécie, são tratados: a especiação alopátrica, o isolamento reprodutivo como um subproduto da divergência, o papel da seleção natural, reforço, hibridização, o papel da seleção sexual, especiação simpátrica, especiação parapátrica e mecanismos de isolamento.

PALAVRAS-CHAVE

Especiação, conceitos de espécie, evolução

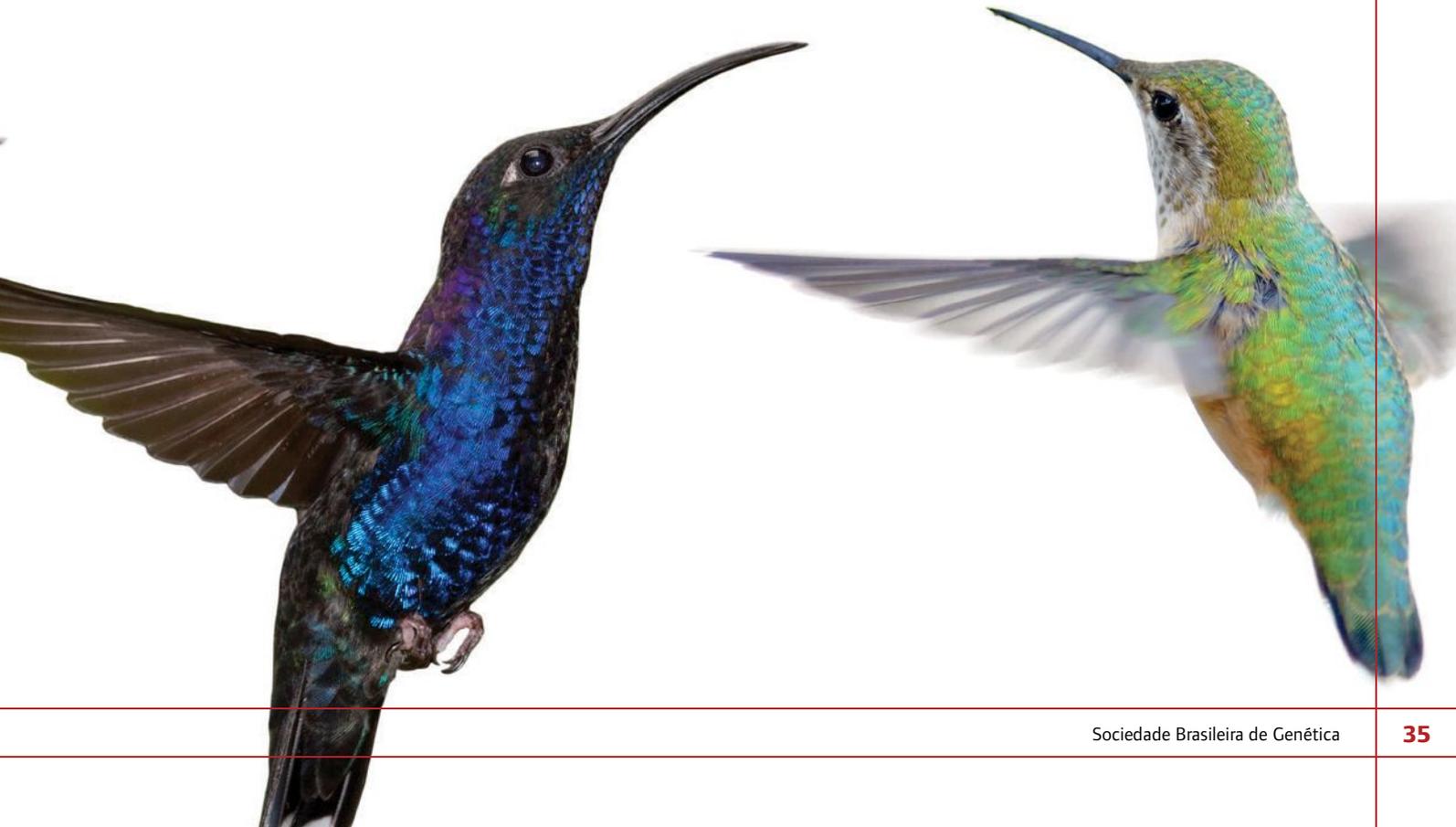
QUANTAS ESPÉCIES?

Na Figura 1, em um primeiro momento, quantas espécies de borboletas pode-se dizer que existem? Intuitivamente, as diferenças no padrão de cores das asas parecem justificar a classificação em várias espécies. Porém, são todas subespécies (ou raças geográficas) de *Heliconius erato*, uma borboleta que se distribui do Uruguai até a América Central (SHEPPARD et al., 1985). Tais espécies com várias formas alternativas são denominadas “politépicas”.

As aranhas da Figura 2 - *Paratrechalea ornata* e *Paratrechalea azul* - por outro lado, convivem lado a lado, nos mesmos ambientes, e não apresentam qualquer diferença visível a

olho nu que permita identificá-las, podendo ser discriminadas apenas com o auxílio de um estereoscópio por um especialista, com base na estrutura de suas genitálias (COSTA-SCHMIDT; ARAÚJO, 2010). Este é um exemplo oposto do que vimos anteriormente, nas borboletas, pois duas espécies compartilham uma mesma forma, caso em que são chamadas de espécies “crípticas”.

Se é possível haver formas tão diferentes dentro de uma mesma espécie, e espécies diferentes podem ser tão semelhantes, o que significa ser uma espécie? Nestes dois organismos, assim como em muitos outros, a capacidade de reprodução é muito mais importante do que a própria morfologia.



Espécies: o que são e como surgem?

André Luis Klein¹, Claiton Martins-Ferreira²

¹Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Genética.

²Pesquisador Pós-doc no Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Genética.

Endereço para correspondência: ndrklein@gmail.com



se alelo; (b) da sua relação com o produto codificado pelo outro alelo no mesmo locus e (c) da reação do organismo à presença, ausência ou redução dos produtos dos alelos ou à modificação da função desses produtos.

Parece que, do ponto de vista molecular, cada caso é um caso.

REFERÊNCIA

BHATTACHARYYA, M. K.; SMITH, A. M.; ELLIS, T. H. N.; HEDLEY, C.; MARTIN, C. The wrinkled-seed character of pea described by Mendel is caused by a transposon-like insertion in a gene encoding starch-branching enzyme. *Cell*, vol.60, p. 115-122, 1990.

Do gene ao fenótipo

Nos tempos dos trabalhos de Mendel, a transmissão dos fatores hereditários, os genes como chamamos hoje, era estudada com bases em características das ervilhas de jardim visualmente muito contrastantes e facilmente identificadas após os cruzamentos. No entanto, os primeiros geneticistas no começo do século vinte que continuaram a seguir os estudos de Mendel ainda não tinham a menor noção do que era o gene do ponto de vista físico ou químico. Foi um médico inglês, Archibald Garrod, quem observou na primeira década do século XX, que diversas doenças humanas pareciam decorrer de defeitos metabólicos. Ele supôs que as doenças genéticas decorriam da ausência ou do funcionamento incorreto de enzimas que realizam reações importantes em nosso metabolismo.

Estudos realizados na década de quarenta com o fungo *Neurospora* e suas diversas linhagens mutantes com defeitos bioquímicos, por George Beadle e Edward Tatum levaram os autores à hipótese “um gene – uma enzima”, ou seja, o papel de um gene seria determinar a síntese de uma enzima específica, que atuaria em uma via metabólica. Mas, ainda assim, o quadro ainda parecia incompleto: todas as enzimas são proteínas, mas existem diversos outros tipos de proteínas nas células que não são enzimas: temos proteínas com funções estruturais, hormônios, etc. Hoje sabemos que essas também são codificadas pelos genes, o que fez com que o conceito sobre a função do gene se ampliasse para incluir a codificação de proteínas que não são enzimas. Também a ideia de que o papel do gene era codificar uma proteína também precisou sofrer ajustes. A hemoglobina, por exemplo, é constituída por quatro cadeias polipeptídicas: duas do tipo alfa e duas do tipo beta. Sabemos que as

cadeias alfa e beta das globinas são codificadas por genes diferentes. Assim, o papel do gene é codificar uma cadeia polipeptídica.

Na década de quarenta a comunidade científica se convenceu de que o material genético era o DNA e em 1953 compreendeu-se a estrutura de sua molécula. Na década de sessenta desenvolveram-se os estudos sobre a transcrição do RNA a partir do DNA e sobre os diferentes tipos de RNA presentes na célula. Também nessa época o código genético foi decifrado e compreendeu-se em grande parte o mecanismo da síntese de proteínas. Esses estudos destacaram a importância desse grupo de moléculas fundamental ao funcionamento da célula: os RNAs, ou seja, as moléculas de ácido ribonucléico. Os RNAs mensageiros, ribossômicos e transportadores são fundamentais ao processo de síntese de proteínas. Essas moléculas são transcritas tendo como molde sequências nucleotídicas de trechos da molécula de DNA. Os RNAs mensageiros são traduzidos, com base em sua sequência nucleotídica, em cadeias polipeptídicas nos ribossomos. Os demais RNAs têm funções diferentes na tradução dos polipeptídeos. Portanto, nos dias de hoje, uma maneira de descrever o gene seria considerá-lo como um trecho da molécula de DNA capaz de transcrever um RNA com função conhecida: esse RNA, por sua vez, pode vir a ser traduzido em uma cadeia polipeptídica, se for um RNA mensageiro, ou executar outros papéis na célula.

O fenótipo expresso pelo indivíduo vai depender da interação entre os produtos proteicos produzidos pelos RNA mensageiros dos alelos de origem paterna e materna no interior da célula ou da tolerância da célula caso falte a função de um determinado produto.