

O "Abominável Mistério" do surgimento das Angiospermas

Valdir Lamim-Guedes

Resumo

Charles Robert Darwin (1809-1882) chamou de "Abominável Mistério" o surgimento, rápida diversificação e dominância das Angiospermas no registro fóssil. A explicação encontrada por Darwin foi de que a origem das angiospermas teria sido restrita geograficamente com uma rápida expansão. Contudo, ele próprio considerou tal hipótese conjecturalmente pobre. Uma hipótese alternativa foi proposta por Louis Charles Joseph Gaston de Saporta (1823-1895): um conjunto de eventos evolutivos de interações entre angiospermas e insetos teria um papel central na rápida diversificação das angiospermas no Jurássico. A hipótese de Gaston de Saporta foi confirmada, posteriormente, pela ampliação do conhecimento sobre o registro fóssil e por estudos moleculares. A fantástica diversificação dos insetos e angiospermas atuais deve-se, em grande parte, a um padrão de etapas coevolutivas graduais. A evidência geral sugere que, em parte, a coevolução conduziu os insetos e as plantas a cobrirem o globo atual.

Palavras-chave: Angiospermas; Coevolução; Darwin, Charles Robert; Saporta, Louis Charles Joseph Gaston de.

Abstract

Charles Robert Darwin (1809-82) called "Abominable Mystery" the appearance, rapid diversification and dominance of the Angiosperms in the fossil record. The explanation found by Darwin was that the source of angiosperms have been geographically restricted, with a rapid expansion. However, he considered this hypothesis tentatively poor. An alternative hypothesis was proposed by Louis Charles Joseph Gaston de Saporta (1823-95): a set of evolutionary events of interactions between angiosperms and insects have a central role in the rapid diversification of angiosperms during the Jurassic. The hypothesis of Saporta was further confirmed then by the expansion of knowledge about the fossil record and molecular studies. The fantastic diversification of insects and angiosperms suggests, largely, that coevolution led the insects and plants to cover the globe today

Keywords: Angiosperms; Coevolution; Darwin, Charles Robert; Saporta, Louis Charles Joseph Gaston de.

INTRODUÇÃO

O mundo é azul, como afirmou o cosmonauta soviético Yuri Gagary (1934-1968) ao ver o Planeta Terra do espaço em 1961¹. Mas o planeta poderia ser verde, já que a superfície da Terra é verde por causa das plantas; a superfície do mar também seria se o seu tapete flutuante de fotossintetizantes fosse formado por plantas macroscópicas em vez de microrganismos pequenos demais para refletir quantidades perspectivas de luz verde².

As plantas usam a energia do Sol para fixar o carbono e todos os animais dependem da energia armazenada pelas plantas. Apesar disso, os animais não comem todas as plantas. Charles Robert Darwin (1809-1882) propôs uma solução para este paradoxo: a adaptação evolutiva por seleção natural. Ele possibilitou o entendimento do surgimento e manutenção das defesas das plantas e a habilidade de insetos e outros herbívoros de driblar estas defesas³. Darwin, com muitos exemplos e evidências de diferentes áreas, provou que ocorre evolução e que o processo é a seleção natural.

Em "A Origem das Espécies"⁴, Darwin usou o caso das adaptações mútuas entre plantas e abelhas como um exemplo de como a seleção natural atua; concluiu da seguinte forma:

e isso me faz compreender como podem as flores e as abelhas tornarem-se pouco a pouco, seja de forma simultânea, seja de maneira subsequente, modificadas e adaptadas umas às outras do modo mais perfeito, através da preservação continuada dos indivíduos portadores de desvios estruturais favoráveis à sua

¹ Quarta-feira, 12 de abril de 1961; a bordo da nave Vostok 1, na qual deu uma volta completa em órbita ao redor do planeta.

² Richard Dawkins, *A Grande História da Evolução: Na Trilha dos Nossos Ancestrais* (São Paulo: Companhia das Letras, 2009).

³ Henry F. Howe & Lynn C. Westley, *Ecological Relationships of Plants and Animals* (New York: Oxford University Press, 1988).

⁴ Charles Robert Darwin, *A Origem das Espécies* (Londres: John Murray, 1859).

sobrevivência mútua, ainda que se trate de desvios quase imperceptíveis.⁵

Darwin corretamente inferiu, 150 anos atrás, que as plantas forneciam o néctar como recurso para os insetos que carregam grãos de pólen⁶, situação semelhante para outros animais, como pássaros – o grande exemplo são os beija-flores, borboletas, algumas mariposas e vários morcegos. Contudo, Darwin não usou a palavra coevolução no livro “A Origem das Espécies” – termo usado atualmente –, mas o termo Co-adaptação várias vezes, e parece não ter compreendido a importância do processo coevolutivo na diversificação das espécies, sobretudo relacionado ao “abominável mistério” do surgimento das angiospermas no registro fóssil. Essa possibilidade ele reconheceu apenas após a sugestão do botânico e paleontologista francês Louis Charles Joseph Gaston de Saporta (1823–95), de que um conjunto de processos coevolutivos de interações entre angiospermas e insetos teria um papel central na rápida diversificação das angiospermas no Jurássico⁷.

“ABOMINÁVEL MISTÉRIO”

Darwin, em carta de 22 de julho de 1879, endereçada a Joseph Dalton Hooker (1817–1911), especialista em taxonomia e fitogeografia, na época diretor do Jardim Botânico Real de Kew, Reino Unido, afirmou:

o rápido desenvolvimento, tão avançado quanto podemos julgar sobre todas as plantas superiores, das quais os últimos tempos geológicos são um abominável mistério. Certamente poderia ser um grande passo, se pudéssemos acreditar que as plantas superiores, em primeiro lugar, pudessem viver apenas em lugares elevados. Mas até ser experimentalmente [provado], que Cycadeae, Samambaias etc., podem aguentar muito mais ácido

⁵ Ibid.

⁶ Howe & Westley, *Ecological Relationships of Plants and Animals*.

⁷ William E. Friedman, “The Meaning of Darwin's ‘Abominable Mystery’,” *American Journal of Botany* 96, nº 1 (2009): 5-21.

carbônico que as plantas superiores, a mim, a hipótese parece muito precipitada.⁸

O “Abominável Mistério” é o surgimento, rápida diversificação e dominância das Angiospermas no registro fóssil⁹. Considerando a mudança evolutiva gradual, defendida por Darwin, esse surgimento repentino causou certo desconforto no cientista, especialmente quando, em uma carta datada de 1875, Oswald Heer (geólogo e botânico suíço, 1809-1883) sugeriu uma rápida evolução para as angiospermas, em essência, saltacionista¹⁰. Já que as espécies novas eram perfeitamente adaptadas e não existiam evidências de produção frequente de espécies mal adaptadas, Darwin deparou-se com apenas duas hipóteses: a criação de novas espécies por um criador ou a evolução gradual de espécies preexistentes por um processo lento, que mantinha sua adaptação a cada estágio. Foi essa segunda opção que Darwin adotou, distanciando-se drasticamente da tradição, ou seja, de uma perspectiva essencialista - as espécies são entidades discretas, com pouca variabilidade, que foram criadas como são atualmente -, com a qual as teorias saltacionistas eram perfeitamente compatíveis¹¹. Segundo Ernest Mayr¹², Darwin passou grande parte de sua vida reconstruindo um fenômeno de evolução gradual que, à primeira vista, era claramente o resultado de uma origem súbita.

Darwin explicou a distribuição restrita dos primeiros fósseis de angiospermas usando um argumento biogeográfico. A origem desse grupo de plantas teria, provavelmente, ocorrido em uma região limitada, talvez no Hemisfério Sul, e depois colonizou rapidamente outras regiões. Contudo, ele próprio considerou esta hipótese conjecturalmente pobre (na

⁸ Francis Darwin & Albert Charles Seward, *More Letters of Charles Darwin*, vol 2 (London: John Murray, 1903).

⁹ Ruth A. Stockey, Sean W. Graham, & Peter R. Crane, “Introduction to the Darwin Special Issue: The Abominable Mystery,” *American Journal of Botany* 96, nº 1 (2009): 3-4.

¹⁰ Friedman, “The Meaning of Darwin’s ‘Abominable Mystery’”.

¹¹ Ernest Mayr, *Biologia, Ciência Única: Reflexões sobre a Autonomia de uma Disciplina Científica* (São Paulo: Companhia das Letras, 2005), 119.

¹² Ernest Mayr, *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982), 509.

carta a J. D. Hooker de 22-nov-1879). Assim, a opinião de Darwin é a de que a diversificação das angiospermas foi gradual, mas que não ficou registrada em fósseis.

UMA HIPÓTESE ALTERNATIVA

Uma hipótese alternativa foi proposta pelo paleobotânico francês Louis Charles Joseph Gaston de Saporta (1823–95). Segundo Gaston de Saporta, o conjunto de interações mútuas entre angiospermas e insetos teve um papel central na rápida diversificação das angiospermas no Jurássico:

Saporta acredita que houve um surpreendentemente rápido desenvolvimento das plantas superiores, assim como os insetos que frequentam flores foram desenvolvendo e favorecendo intercruzamentos. Eu gostaria de ver este problema resolvido.¹³

Gaston de Saporta foi o primeiro a sugerir um crítico e independente papel dos insetos na emergência e diversificação das angiospermas¹⁴.

Agora se pode compreender muito bem que as angiospermas, das quais as combinações florais e o cruzamento entre indivíduos e entre flores depende do papel dos insetos, pôde apenas surgir e desenvolver-se pelo impulso do último, e o último, por sua parte, pôde tornar-se numeroso e ativo [como polinizador], e ligar-se a determinado tipo, por esta razão o aparecimento de plantas favoreceu sua existência; insetos e plantas têm, portanto, sido simultaneamente causa e efeito através das conexões entre si, plantas não sendo hábeis para diversificar sem insetos e estes não sendo hábeis para provir pólen e néctar tanto quanto o reino vegetal é pobre em combinações e é composto quase exclusivamente de plantas anemófilas.¹⁵

¹³ Trecho da carta de Charles R. Darwin (22 julho de 1879) a Joseph Hooker. Disponível em Darwin & Seward.

¹⁴ Friedman, "The Meaning of Darwin's 'Abominable Mystery'".

¹⁵ Yvette Conry, *Correspondance entre Charles Darwin et Gaston de Saporta* (Paris: Presses Universitaires de France, 1972).

Darwin trocou cartas com Gaston de Saporta e, também, citou a teoria do pesquisador francês em cartas endereçadas a outras pessoas (como a J. D. Hooker, em 22-nov-1879). Darwin estimulou publicações de Gaston de Saporta com esta hipótese, inclusive, se diz surpreso por não ter tido tal ideia anteriormente¹⁶.

De fato, o “Abominável Mistério” não se refere às Angiospermas *per se*, mas a um grupo com uma história evolutiva incompleta no registro fóssil. Apesar de melhor entendida, a história evolutiva das angiospermas ainda é um assunto com solução incompleta. Como atualmente se conhece melhor o registro fóssil, foi demonstrado que houve um período relativamente gradual de diversificação no Cretáceo Médio¹⁷, corroborando, dessa forma, as afirmações de cunho gradualista de Darwin.

O ENTENDIMENTO ATUAL SOBRE O SURGIMENTO E DIVERSIFICAÇÃO DAS ANGIOSPERMAS

Ernest Mayr¹⁸ afirma que a biologia evolutiva, por lidar em grande medida com fenômenos únicos, como a explicação de tendências e taxas evolutivas e a explicação da diversidade orgânica, que não podem ser explicados por leis, e sendo ainda a realização de experimentos geralmente inapropriada, lança mão de *narrativas históricas*. Neste “notável e novo método heurístico”, o cientista constrói uma narrativa histórica, que tem seu valor explicativo testado. O teste das narrativas históricas e a comparação de evidências variadas são os métodos mais importantes em biologia evolutiva¹⁹.

Neste sentido, uma grande variedade de evidências tem sido utilizada para explicar o surgimento e diversificação das angiospermas a

¹⁶ Friedman, “The Meaning of Darwin's ‘Abominable Mystery’”.

¹⁷ Else Marie Friis, Kaj Raunsgaard Pederson, & Peter R. Crane, “Cretaceous Angiosperm Flowers: Innovation and Evolution in Plant Reproduction,” *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 232 (2006): 251-293.

¹⁸ Ernest Mayr, *Biologia, Ciência Única: Reflexões Sobre a Autonomia de Uma Disciplina Científica* (São Paulo: Companhia das Letras, 2005), 48.

¹⁹ *Ibid.*, 49.

partir de estudos com fósseis e, complementarmente, com espécies atuais. Têm sido identificadas tendências na evolução das angiospermas e o possível efeito sobre a diversificação. Por exemplo, a importância de características biológicas, como as interações bióticas (polinização e dispersão de semente) e flexibilidade na história de vida²⁰. Por fim, avanços em estudos moleculares têm lançado luz sobre esta questão, ainda que evidências de mecanismos fisiológicos, moleculares, genéticos e epigenéticos têm sido geralmente utilizadas por programas de pesquisas reducionistas, identificando atributos básicos entre plantas viventes²¹.

Mas, ainda, persiste uma dúvida: o que levou a esta grande diversificação das Angiospermas, isto é, riqueza de espécies e sucesso ecológico? Esse poderia ser considerado um segundo abominável mistério ou uma segunda dimensão deste?²², levando-se em conta a dominância desse grupo nos ambientes terrestres e, ainda, a variedade de formas de vida como, ervas, lianas e árvores, por exemplo.

Alguns táxons são muito mais ricos em espécies que outros; isso, muitas vezes, é explicado pelo surgimento de inovações chaves (*key innovations*) que influenciam a especiação e extinção²³. No caso dos humanos, o uso de ferramentas foi uma inovação chave, assim como o crescimento do cérebro. Entre plantas, a imensa diferença na riqueza de espécies entre as angiospermas (>250.000 spp.) e as gimnospermas (±758 spp.) tem sido atribuído à inovação chave representada pela evolução da flor²⁴.

²⁰ T. Jonathan Davies, Timothy G. Barraclough, Mark W. Chase, Pamela S. Soltis, Douglas E. Soltis, & Vincent Savolainen, "Darwin's Abominable Mystery: Insights from a Supertree of the Angiosperms," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101, nº 7 (2004): 1904-1909.

²¹ William L. Crepet & Karl J. Niklas, "Darwin's Second 'Abominable Mystery': Why Are There So Many Angiosperm Species?" *American Journal of Botany* 96, nº 1 (2009): 366-381.

²² Ibid.

²³ Michael E. Dodd, Jonathan Silvertown, & Mark W. Chase, "Phylogenetic Analysis of Trait Evolution and Species Diversity Variation Among Angiosperm Families," *Evolution* 53, nº 3 (1999): 732-744.

²⁴ George Ledyard Stebbins, "Why Are There So Many Species of Flowering Plants?" *Bioscience* 31 (1981): 573-577.

Em princípio, o registro fóssil tem sido suficiente para testar efeitos de algumas novidades evolutivas na diversificação e sucesso ecológico, particularmente quando se trata da história evolutiva entre insetos e plantas²⁵. Certamente, a radiação das angiospermas no Mesozoico e Cenozoico criou oportunidades para os visitantes florais também se diversificarem; sobretudo, se considerarmos a interdependência entre angiospermas e visitantes florais que podemos observar atualmente²⁶.

Estudos sobre a variação na riqueza de espécies entre famílias têm focado três variáveis explicativas: modo de dispersão de sementes (biótica X biótica), modo de polinização (biótica X biótica) e formas de vida (ervas X árvores). No caso da dispersão de sementes e polinização, acredita-se que a interação biótica promova o isolamento reprodutivo, necessário para a especiação simpátrica, porque os polinizadores podem ser espécie-específicos na transferência de pólen e os dispersores de sementes podem depositar sementes em locais remotos. Quanto à distinção ervas/árvores, esta consiste no fato de que as ervas são plantas com tempo de geração menor e com populações mais efêmeras, aumentando a taxa de especiação²⁷.

Alguns trabalhos têm apontado a existência de uma correlação positiva entre a polinização biótica e a forma de vida com uma maior riqueza de espécies nas famílias de angiospermas²⁸, existindo uma inconsistência na relação entre o modo de dispersão e a riqueza de espécies²⁹. Isso demonstra, pelo menos, uma influência importante e positiva da polinização sobre as taxas de especiação.

²⁵ Conrad C. Labandeira, David L. Dilcher, Don R. Davis, & David L. Wagner, "Ninety Seven Million Years of Angiosperm Insect Association: Paleobiological Insights Into the Meaning of Co-evolution," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 91 (1994): 12278-12282.

²⁶ Peter Feinsinger, "Coevolution and Pollination," in *Coevolution*, org. Douglas Futuyma & Montgomery Slatkin (Sunderland: Sinauer Associates Inc Publishers, 1983), 282-310.

²⁷ Dodd et al, "Phylogenetic Analysis of Trait Evolution".

²⁸ Ove Eriksson & Birgitta Bremer, "Pollination Systems, Dispersal Modes, Life Forms, and Diversification Rates in Angiosperm Families," *Evolution* 46 (1992): 258-266; Robert E. Ricklefs & Susanne S. Renner, "Species Richness Within Families of Flowering Plants," *Evolution* 48 (1994): 1619-1636.; Dodd et al, "Phylogenetic Analysis of Trait Evolution".

²⁹ Dodd et al, "Phylogenetic Analysis of Trait Evolution".

Atualmente, os insetos e as plantas floríferas são, em seus grupos, os representantes predominantes na vida terrestre em nosso planeta. A hipótese de que os dois táxons promoveram sua mútua diversificação por meio de mecanismos coevolutivos, tais como as relações entre polinizadores especializados, é plausível³⁰. Outros testes também sugerem que a diversidade dos insetos, particularmente a dos besouros, está aumentada nos grupos que estão associados às angiospermas e não às gimnospermas³¹.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fantástica diversificação dos insetos atuais desenvolveu-se, em grande parte, como resultado de um padrão de etapas coevolutivas passo a passo, superpostas ao padrão em modificação, da variação das angiospermas³². A evidência geral sugere que, em parte, a coevolução conduziu os insetos e as plantas a cobrirem o globo atual³³.

É surpreendente que passados mais de 130 anos após os questionamentos de Darwin, "as origens de angiospermas ainda são debatidas, apesar de muitos anos de trabalhos de cientistas de diferentes disciplinas"³⁴.

SOBRE O AUTOR:

Valdir Lamim-Guedes

Biólogo e Mestre em Ecologia pela Universidade Federal de Ouro Preto e é aluno do Programa de pós-graduação *lato sensu* em Jornalismo Científico da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

³⁰ Mark Ridley, *Evolução* (Porto Alegre: Artmed, 2006).

³¹ Brian D. Farrel, "'Inordinate Fondness' Explained: Why Are There So Many Beetles?" *Science* 281 (1998): 555-559.

³² Paul Ralph Ehrlich & Peter Hamilton Raven, "Butterflies and Plants: A Study in Coevolution," *Evolution* 18 (1964): 586-608.

³³ Ridley.

³⁴ Norman Francis Hugles, *The Enigma of Angiosperm Origins* (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1994).

Artigo recebido em 12 de dezembro de 2013
Aceito para publicação em 30 de março de 2014