

Alguns desafios à aplicação do conceito de espécie biológica de Mayr a plantas superiores, bactérias e insetos fitófagos

Some challenges to the use of the Mayr's concept of biological species to superior plants, bacterias, and phytophagous insects

Víctor F Ramalho^{1,3,*} Driele LA Pratti^{2,3} e Ary G Silva^{1,4}

1. Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas. Universidade Vila Velha - UVV. Rua Comissário José Dantas de Melo, 21, Boa Vista, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. CEP 29101-770; 2. Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas. Universidade Vila Velha - UVV. Rua Comissário José Dantas de Melo, 21, Boa Vista, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. CEP 29101-770; 3. Bolsista FAPES de Mestrado; 4. Professor Titular V, bolsista de Produtividade em Pesquisa FUNADESP.

*Autor para correspondência: victor.fr@gmail.com

Mayr considera como espécies, grupos de populações naturais que se inter cruzam, mas que estão reprodutivamente isolados de outras grupos de populações. Quando este conceito se aplica a plantas superiores, ou seja, as plantas vasculares com estruturas reprodutivas facilmente perceptíveis pelo olho humano, incluindo gimnospermas e angiospermas. As dificuldades em se aplicar a definição biológica de espécie são decorrentes de pelo menos três pontos básicos.

O primeiro diz a respeito de que a população pode ser formada por indivíduos que dispensam, completamente, qualquer vetor biótico ou abiótico de pólen, apresentando flores naturalmente autopolinizáveis que em alguns casos, podem produzir frutos sem nem chegar a se abrir. Principalmente neste último caso, caracterizando como cleistogamia, uma particularidade da endogamia, formam-se complexos autogâmicos extremamente fechados ao fluxo gênico, restrito, quase sempre, ao próprio indivíduo, levando a uma estrutura populacional de elevada homozigose, praticamente clonal. Casos assim, como as espécies ruderais de *Oxalis* (Oxalidaceae) têm um fluxo gênico já tão restrito a um indivíduo, que fica difícil delimitar populações inter cruzantes. A própria definição de população como um conjunto de indivíduos aberto ao fluxo gênico fica difícil de ser estabelecida.

O segundo estabelece que a formação de complexos agâmicos em que, facultativa ou obrigatoriamente, uma população se estabelece através de apomixia, em processo clonal regenerativo e não reprodutivo, na essência das definições. A regeneração pode se dar por propagação vegetativa subterrânea, como em *Clusia* (Clusiaceae). Pode haver também o concurso espontâneo ou induzido de agamospermia esporófitica, onde ocorre o desenvolvimento de sementes embrionadas cujos embriões se formam a partir dos tecidos 2n do saco embrionário ou esporófito feminino. O processo é induzido pela polinização

em *Eriotheca* (Malvaceae) ou espontâneo em *Taraxaxum* (Asteraceae) e em espécies de *Miconia* (Melastomataceae), dispensando nesses dois últimos gêneros, inclusive a deposição de pólen sobre os estigmas. Resulta em sistemas geneticamente tão ou mais fechados que os autogâmicos e cleistogâmicos, com consequentes aumentos das taxas de homozigose. Novamente o fluxo gênico é tão restrito que já é difícil estabelecer os indivíduos inter cruzáveis que integram a população, quanto mais, quais seriam os grupos de indivíduos entre os quais o pólen pudesse efetivamente levar à produção de embriões anfimíticos.

O terceiro consiste na existência da demanda de um vetor biótico ou abiótico de pólen para o desenvolvimento de embriões anfimíticos, mas a delimitação dos conjuntos inter cruzantes é uma consequência exclusiva da etologia dos vetores bióticos, como por exemplo, em Orchidaceae, onde são produzidos híbridos férteis até entre gêneros diferentes, em cruzamentos experimentais, e na natureza, são segregados quanto ao visitante floral que faz a polinização. As dificuldades operacionais, quanto às exigências de cruzamentos e retrocruzamentos entre parentais e progênie, demandam apenas tempo, podendo ser superáveis, ainda que demorem 40 anos para o jacarandá, ou 100 anos para algumas espécies de bambu.

As bactérias, indivíduos formados por células procariontes, como particularidades muito semelhantes às algas unicelulares, apresentam seus próprios desafios à aplicação do conceito de espécie evolutiva. Partindo do princípio que a alternância de gerações haploides e diploide seja uma coisa mais geral entre seres vivos, a fase permanente na vida de uma bactéria, como de outros grupos primitivos como briófitas, é a fase haploide. Assim como as algas procariontes, o estagio 2n em bactérias, analogamente, é bastante efêmero, existindo apenas durante a divisão celular. Como ao contrário de briófitas, em bactérias não

há diferenciação entre uma fase haploide de produção de gametas (gametofítica) e uma fase diploide de produção de esporos, as possibilidades de fluxo gênico limitam-se a trocas de fragmentos de DNA permutáveis pela conjugação.

O processo de conjugação resulta na transferência de segmentos de DNA que não diferem muito, a não ser pela origem, dos segmentos de DNA viral que é injetado pelos fagos nessas bactérias. Vírus, entretanto, têm sua própria definição como seres vivos, bastante controversa, quanto mais admitir que poderia haver um fluxo gênico contínuo entre vírus e bactérias, formando então uma população de indivíduos intercruzantes. Olhando assim, bactérias tenderiam também a formar grupos de fluxo gênico tão fechado quanto os complexos agamospéricos de plantas superiores.

No contexto das relações de herbivoria, os insetos fitófagos representam outro desafio à aplicação do conceito de espécie evolutiva proposto por Mayr. Muitos grupos de insetos galhadores incluem gêneros com muitas espécies, sugerindo que a especiação tenha sido rápida, sem alterações morfológicas extensas o suficiente para justificar a colocação em diferentes gêneros. Na verdade, espécies crípticas são comuns e a classificação tem sido problemática e desafiadora em muitos casos. As espécies, em gêneros de grande porte, também atacam muitas diferentes espécies de plantas e partes de plantas, indicando mudanças em diferentes tipos de nichos ecológicos ou zonas adaptativas.

Se a relação de insetos fitófagos e suas plantas hospedeiras for levada em conta como o processo evolutivo que representam, alguns estudos têm demonstrado que existe uma variação na abundância e composição de insetos herbívoros associados às plantas em estágios ontogenéticos distintos. Assim, o comportamento, a fisiologia e adaptações ecológicas dos herbívoros selecionam o estágio de desenvolvimento da planta que lhes propiciam melhores taxas de sobrevivência e reprodução. Portanto, o processo de desenvolvimento da planta hospedeira é a principal força responsável pela interação inseto-planta.

Prever e avaliar as alterações ontogenéticas na resistência de plantas aos herbívoros é importante para o processo galhígeno, uma vez que tais variações podem alterar os efeitos ecológicos e evolutivos das interações planta-herbívoro. A ontogenia, ou modificação natural na expressão gênica do meristema do vegetal, está diretamente relacionada ao desenvolvimento das plantas. Com a sucessão para estágios ontogenéticos mais avançados, ocorrem variações na forma, fisiologia, composição química e resistência a patógenos.

Quando entre os insetos fitófagos é enfocado o processo galhígeno, a indução de galhas na planta é considerada a mais complexa associação entre insetos e plantas existentes no mundo natural, onde o ganho dos insetos consiste em redirecionar o crescimento e fisiologia de órgãos atacados, de modo a criar um ambiente interno favorável, que forneça alimento, abrigo e proteção para o desenvolvimento de suas larvas. Galhas são estruturas sofisticadas constituídas de células vivas da planta hospedeira, consideradas como o fenótipo estendido do indutor, no qual o

mesmo é capaz de induzir crescimentos anormais no tecido da planta hospedeira, através de um estímulo específico. Insetos galhadores são herbívoros que representam um dos extremos do gradiente especialista-generalista, sendo demasiadamente específicos em relação à escolha do hospedeiro.

Até agora, muitos estudos ecológicos e histológicos se concentraram no significado adaptativo do hábito de insetos galhadores e no processo de desenvolvimento de galhas induzidas por insetos. Apresentando estilos de vida altamente especializados, esses insetos são aparentemente parasitas, monófagos, sésseis e imersos em tecidos vegetais por um período mais ou menos do seu ciclo de vida. Insetos indutores são temas fascinantes por considerar os aspectos ecológicos e evolutivos das interações planta-herbívoro. O reconhecimento das várias espécies de indutores de galha nos últimos anos sugere que os galhadores ainda estão em um estado evolutivo dinâmico, com extensa radiação adaptativa.

A ação de herbívoros galhadores pode resultar em intensas alterações estruturais nos tecidos vegetais das plantas hospedeiras. Várias alterações foram encontradas nos tecidos da planta hospedeira em resposta a insetos cecidomiídeos. Estes incluem alterações na composição de alguns produtos químicos, tais como flavonoides, taninos, antocianinas, compostos fenólicos, aminoácidos livres e açúcares. Isto pode ser entendido como uma forma de demonstrar a adaptação aos agentes indutores de galha, com base em um design funcional, que do ponto de vista evolutivo pode ser visto, como galhas sendo fenótipos estendidos dos insetos indutores, devido à influência dos mesmos sobre o seu crescimento e desenvolvimento,

Estas alterações são acompanhadas por modificações bioquímicas, principalmente com relação aos metabólitos primários e. As plantas, por sua vez, podem se defender do ataque de herbívoros através de estruturas morfológicas, tais como espinhos e tricomas, ou pela produção de compostos químicos de defesa após a planta ter sido incidida. Estas respostas de defesa das plantas ocorrem em um nível local quando são enviadas para o local exato do ataque, ou em um nível sistêmico quando fornecem proteção a outras partes da planta que não foram afetadas. Assim, através dessas respostas a planta pode combater diretamente os galhadores e indiretamente outros inimigos naturais.

No que diz respeito a plantas superiores e bactérias, a definição de espécie evolutiva se fundamenta em uma população ou grupo de populações que partilharam um dado processo em comum através da evolução, o que não precisa necessariamente de ser relativo ou dependente da existência de fluxo gênico, mesmo que este seja um parâmetro essencial para a própria definição de população. Além de ser difícil delimitar o que seja um processo evolutivo comum, este conceito não tem preocupação com mecanismos da especiação evolutiva, despreocupando-se em associar genética de população com o conceito de espécie. Mesmo considerando que o conceito de espécie evolutiva possa ser aplicado a organismos de reprodução assexuada, estando vivos ou não, sendo fósseis ou atuais, nessa abrangência tão grande, ainda parece estranho poder considerar vírus e bactérias como uma única espécie.