

ECOLOGIA Formigas podem facilitar a germinação de sementes de diversas plantas

Parceria surpreendente



Formigas carregando sementes, o que ajuda a disseminar muitas espécies de plantas

Formigas interagem com frutos e sementes de diversas maneiras. Essa mútua relação pode esclarecer importantes aspectos da evolução das plantas que produzem sementes e das próprias formigas. Além disso, estudos recentes sugerem que as interações com esses insetos podem influenciar a conservação de diversas plantas, inclusive a de algumas cujas sementes são dispersas primariamente por vertebrados. Por **Paulo R. Guimarães Jr. e Rodrigo Cogni**, do Departamento de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas, **Mauro Galetti e Marco Aurélio Pizo**, da Universidade Estadual Paulista (Rio Claro).

FOTO: LUCIANA PASSOS

Um dos grupos mais bem-sucedidos de animais, as formigas são encontradas dos desertos da Austrália às florestas pluviais da Amazônia, das savanas africanas às grandes cidades de todo o mundo. Existem formigas em quase todos os locais do planeta, exceto algumas ilhas oceânicas e a Antártida. Em muitos ambientes, como as florestas tropicais, os membros da família Formicidae, como os cientistas se referem às formigas, representam mais da metade da biomassa total dos artrópodes e, em número de indivíduos, superam todos os outros animais.

Os registros fósseis mais antigos de formigas datam do período Cretáceo, que terminou há 65 milhões de anos. Desde então, as formigas se diversificaram em cerca de 10 mil espécies, que apresentam enorme variedade de hábitos. Em relação à dieta, por exemplo, algumas espécies consomem variados itens de origem animal e vegetal, enquanto outras mostram extrema especialização alimentar. Essa grande diversidade, associada à atual abundância,

faz das formigas um dos principais grupos de animais que interagem com plantas. De fato, muitos aspectos da ecologia e da morfologia das plantas foram moldados por essa relação com tais insetos.

A lista de interações entre plantas e formigas é enorme e impressionante. As formigas podem consumir as folhas, flores e sementes de uma planta; podem proteger uma planta contra animais herbívoros, em troca de comida ou moradia; e podem ainda dispersar suas sementes, polinizar suas flores e até cultivá-las em seus ninhos. Este texto trata apenas das interações entre formigas e sementes, que vêm se mostrando mais complexas do que se poderia imaginar.

Às vezes nocivas, às vezes benéficas

A maior parte das espécies de plantas superiores atuais reproduz-se por meio de sementes. A semente deve conter certa quantidade de nutrientes que garantam a sobrevivência da plântula nos estágios iniciais de vida, ou seja, até que ela consiga realizar

FOTO MARCO AURÉLIO RIZO

a fotossíntese. Não é estranho, portanto, que animais de diferentes grupos encontrem nas sementes uma fonte de alimento. Entre eles estão as formigas, que podem tanto atuar de forma negativa quanto beneficiar as plantas.

Muitas espécies de formigas usam as sementes como alimento, destruindo-as e inviabilizando sua germinação. Em algumas áreas desérticas da Austrália, da África e da América do Norte, as formigas estão entre os principais predadores de sementes. Outro grupo de formigas, existente nas regiões tropicais, não consome diretamente as sementes, mas as utiliza para cultivar seu alimento, o que também as destrói e reduz o sucesso reprodutivo das plantas. São as saúvas e espécies aparentadas (tribo Attini), que coletam pedaços de folhas, flores, frutos e sementes e os carregam para suas colônias. Ali, esses materiais são usados como substrato para o cultivo do fungo com o qual essas formigas se alimentam. Assim, ao contrário do que muitos pensam, as saúvas não comem as folhas e as outras partes que coletam, mas os fungos que crescerão sobre elas.

Nem todas as interações com formigas reduzem a chance de sobrevivência das sementes. Em alguns casos, esses insetos podem ser importantes em sua dispersão, beneficiando as plantas. Alguns vegetais, por exemplo, têm em suas sementes uma estrutura externa nutritiva chamada elaiossomo, desenvolvida durante sua evolução, que favorece sua dispersão por formigas. No Brasil, a mais conhecida dessas plantas talvez seja a mamona (*Ricinus communis*). Suas sementes são expelidas quando os frutos se abrem subitamente (como se ‘explodissem’) e levadas pelas formigas para os seus ninhos. Após consumir o elaiossomo, esses insetos descartam as sementes em uma área fora do formigueiro, onde podem germinar e se beneficiar do próprio solo da colônia, rico em nutrientes, para crescer.

Essa forma de dispersão, tecnicamente chamada mirmecocoria, é comum em áreas áridas da Austrália e da África do Sul e relativamente incomum no Brasil. No entanto, pesquisas recentes vêm demonstrando que outras sementes – além das que têm elaiossomo – podem se beneficiar das interações com formigas. Estudos feitos em matas e cerrados do Brasil e em outras partes do mundo sugerem que frutos dispersos primariamente por mamíferos e aves também têm suas chances de germinar influenciadas por formigas.

FOTO LUCIANA PASSOS



Isso acontece porque muitas sementes são regurgitadas ou defecadas por aves e mamíferos frugívoros ainda com alguma polpa aderida à sua superfície. Esses restos de polpa podem atrapalhar o desenvolvimento da semente, por favorecer o ataque de fungos ou por ter substâncias antigerminativas. As formigas, porém, podem consumir os restos de polpa como se fossem elaiossomos, limpando as sementes, e podem até mesmo removê-las para locais

protegidos de predadores de sementes (como o interior do formigueiro), onde são descartadas após a limpeza da polpa.

Nesses casos, as formigas são chamadas de dispersores secundários, pois atuam sobre as sementes depois da ação dos dispersores primários (mamíferos e/ou aves). Tal denominação, no entanto, não significa que o papel desempenhado pelas formigas nessa interação seja menos importante, pois da ação desses insetos dependerá o destino final da semente.

Atuação em ambientes modificados

As formigas podem ainda aumentar o sucesso de germinação das sementes de plantas que crescem em locais onde já não existem dispersores primários ▶



Formigas *Acromyrmex* (tribo Attini) limpando semente de *Eugenia melanogyna* no Parque Estadual Intervales, em São Paulo

Formigueiro com dezenas de sementes descartadas ao redor

rios. Sementes de jatobás (árvores do gênero *Hymenaea*), por exemplo, são dispersas por cutias, mas a caça desses animais, de carne muito apreciada, fez com que desaparecessem de muitos fragmentos florestais. Com isso, os frutos dos jatobás (vagens de casca muito dura) acumulam-se no solo. Sem a ação da cutia, as sementes não germinam, pois não conseguem romper a casca dos frutos e/ou são atacadas por fungos que se desenvolvem na polpa que as envolve.

Macacos e maritacas, entretanto, quebram algumas dessas vagens, que, ao cair no solo, são invadidas por formigas da tribo das saúvas, que carregam a polpa para seus ninhos. Essa 'limpeza' das sementes faz com que germinem mais facilmente. Assim, as formigas podem aumentar as chances de sobrevivência de sementes que, em função das atividades humanas (como a caça), perderam seus dispersores. Essas observações mostraram que formigas tradicionalmente vistas como pragas, como as cortadeiras, podem também beneficiar as plantas.

As formigas, porém, também são influenciadas por mudanças no ambiente e, por isso, não estão livres das ações humanas. O número e a composição de espécies desses insetos podem ser alterados por processos como a fragmentação de florestas e o aumento do 'efeito de borda' (alteração ambiental nas parcelas de mata próximas aos limites de áreas desmatadas). Esses processos afetam também as interações entre formigas e sementes.

Estudo recente, feito em uma floresta de São Paulo, sobre o camboatá (*Cupania vernalis*), árvore dispersa por grandes aves, demonstrou que o efeito de borda pode reduzir as vantagens da limpeza de sementes por formigas. Em áreas de mata, as sementes de camboatá caídas no chão são limpas pelas formigas. Essas sementes limpas raramente são predadas e testes em laboratório mostraram que germinam mais facilmente. Entretanto, em áreas onde ocorre o efeito de borda, as formigas limpam menos sementes e também ocorre maior predação das sementes limpas.

Apesar do aumento do interesse por formigas como bioindicadores, poucos estudos tiveram como foco a maneira como a destruição do hábitat altera processos ecológicos influenciados por formigas (ver 'Formigas em florestas alteradas', nesta edição). Dada a importância das interações entre formigas e plantas, entender esses efeitos é essencial para a conservação da biodiversidade e das interações bióticas nos remanescentes de vegetação. ■

ECOLOGIA Extração tradicional de madeira na Amazônia afeta a remoção de sementes

Formigas em florestas alteradas

A extração de madeira altera o ambiente florestal de muitas formas.

As formigas, por exemplo, podem ser afetadas por essa atividade, o que influencia a dispersão das sementes das espécies da floresta.

Estudos feitos nos últimos anos avaliaram em que medida a fauna de formigas é afetada e como isso modifica a remoção de sementes

por esses insetos. Por **Kemel Amim B. Kalif** e **Paulo Roberto de S.**

Moutinho, do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, **Claudia**

Azevedo-Ramos, do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da

Universidade Federal do Pará (UFPA), e **Sérgio Alexandre O. Malcher**,

do Centro de Biologia da UFPA.

Mais de 50% das espécies vegetais existentes nas florestas tropicais produzem sementes que dependem de animais para se dispersar. Entretanto, a exploração de madeira nessas florestas, associada à ação de caçadores, pode reduzir drasticamente a quantidade de animais dispersores, prejudicando esse 'espalhamento' das sementes e, com isso, reduzindo os nascimentos de novas árvores. Para a Amazônia brasileira, tal diminuição pode significar o aumento do tempo de recuperação da floresta, após a extração da madeira. Esse risco potencial para a economia dessa atividade torna mais custosos os esforços de implantação de uma exploração sustentável.

Para avaliar se a exploração madeireira de fato perturba a fauna dispersora de sementes, estamos estudando como a atividade afeta as formigas, grupo extremamente diversificado e abundante, com várias espécies que têm sementes em sua dieta. Em nosso trabalho, verificamos (1) se a exploração da madeira afeta a diversidade e a composição de for-

migas e avaliamos (2) as conseqüências que essas alterações provocariam no número de sementes removidas por tais insetos.

O estudo foi iniciado em 1998, em local próximo à cidade de Paragominas (PA). A área de floresta escolhida apresentava blocos de 100 hectares (ha), onde eram testados lado a lado sistemas diferenciados de extração de madeira: em um bloco, a exploração seguia o sistema tradicionalmente usado pela indústria (floresta explorada com alto impacto), em outro eram aplicadas técnicas experimentais destinadas a reduzir danos e desperdícios (floresta explorada com baixo impacto), e no terceiro, que servia como controle, não ocorria extração (floresta primária, não explorada).

Para determinar a fauna de formigas da área, foram realizadas, em cada bloco, duas coletas na estação chuvosa (janeiro e abril) e duas na seca (julho e setembro). As amostragens seguiram o método de Winkler, que consiste na coleta de serapilheira (a camada de restos orgânicos caída sobre o solo) e extração da mirmecofauna (fauna de formigas) ali presente, por meio de funis e extratores. Fatores ambientais capazes de influenciar a diversidade e composição dessa fauna (abertura das copas, densidade de subarbustos e profundidade da serapilheira) também foram avaliados.

Para verificar se a remoção de sementes florestais é afetada pelas mudanças que a exploração madeireira provoca na composição ou na diversidade de formigas, essa atividade foi testada experimentalmente em cada bloco. Sementes de seis espécies florestais comuns na área pesquisada (10 sementes por espécie), de tamanho entre 0,5 e 3 cm, foram depositadas no chão da floresta e protegidas por uma tela para evitar a remoção por vertebrados, formando assim uma estação de sementes (figura 1).

Foram distribuídas em cada bloco 12 estações, que permaneceram expostas por quatro dias. Em cada estação houve cinco verificações (5, 14, 26, 46 e 75 horas após o início do experimento), registrando-se o número de sementes removidas. Também foi anotado, nas verificações, o grupo animal encontrado nas estações (dividido em duas categorias: formigas e outros artrópodes), para pôr à prova a idéia de que as formigas seriam o grupo animal que mais utiliza as sementes caídas no chão da floresta.

As verificações registraram um total de 774 ocorrências de formigas, distribuídas em 74 espécies, nos três blocos. O número de espécies de formigas (42 na floresta primária, 50 na área com exploração de impacto reduzido e 54 na área com exploração de alto impacto) e sua abundância (272, 247 e 255 ocorrências, respectivamente) não variaram significa-



Figura 1. Cada estação de sementes do experimento foi coberta por uma tela protetora para evitar a remoção por vertebrados

tivamente entre os blocos, segundo os testes estatísticos (análise de variância) realizados. Em contraste, a composição de espécies foi afetada pela exploração madeireira: mais de um terço das espécies registradas em cada bloco de floresta explorada (34% no caso da exploração de baixo impacto e 35,2% no caso da de alto impacto) não foram encontradas na floresta primária (figura 2).

No entanto, das espécies encontradas na mata primária, apenas 21,4% (9 espécies) não foram registradas na floresta explorada com baixo impacto e 16,6% (7 espécies) não foram registradas na floresta explorada com alto impacto. Isso sugere que a exploração madeireira afetou a composição de espécies de formiga, tendendo a acrescentar novas espécies e não simplesmente substituindo as espécies que existiam na floresta antes da exploração.

Os impactos sofridos pela fauna de formigas foram também evidentes quando o gênero mais abundante e diversificado na amostra foi avaliado separadamente. Esse gênero – *Pheidole* –, presente em 21% das amostras na floresta primária e em 26% das de floresta explorada com baixo impacto, teve

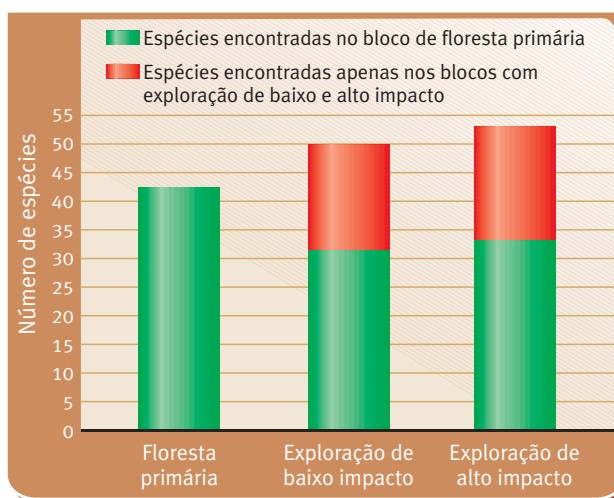


Figura 2. Mudança na composição de espécies entre os blocos de floresta explorada e o bloco de floresta primária

Figura 3.
Algumas
espécies
do gênero
Pheidole comuns
na floresta
amazônica:
P. cephalica (A),
P. gouldi (B) e
P. biconstricta (C)



sua representatividade reduzida para 15% no bloco de floresta explorada com alto impacto.

As causas das alterações na composição de espécies de formigas e da redução do número de espécies do gênero *Pheidole* (figura 3) no bloco de floresta explorada com alto impacto podem estar associadas a alterações estruturais na floresta capazes de induzir alterações na fauna. O dossel florestal (a cobertura formada pelas copas das árvores), por exemplo, tornou-se quatro vezes mais aberto na área de floresta explorada com alto impacto do que na floresta primária. Já a densidade de subarbustos foi 30% maior no bloco de floresta explorada com alto impacto.

A maior abertura do dossel favorece a entrada dos raios solares, aumentando a temperatura e diminuindo a umidade, fatores que influenciam no estabelecimento de várias espécies de formigas. Além disso, o aumento da incidência de raios solares estimula a rebrota e a germinação de espécies vegetais adaptadas a áreas abertas, que podem atrair espécies animais diferentes das encontradas na floresta fechada.

Foi observado ainda que as modificações provocadas na fauna de formigas pela exploração madeireira de alto impacto levaram a uma redução de 32,8% no número de sementes removidas por esses insetos. O número de sementes removidas na área de exploração de alto impacto foi 205, enquanto na floresta primária 305 sementes foram removidas. Já no bloco com exploração de baixo impacto o número de sementes removidas foi semelhante (310 sementes) à quantidade registrada na floresta primária.

Estudos indicam que a maior parte das sementes removidas pelas formigas é destruída, mas algumas, eventualmente, germinam. As sementes que caem das árvores e não são removidas ficam concentradas na área em baixo da planta-mãe, formando um estoque energético que pode ser facilmente predado por animais. Além disso, as sementes que conseguem sobreviver, gerando mudas, têm que competir entre si e com a planta-mãe por luz e nutrientes. Isso significa que um número menor de sementes removidas pode reduzir as chances de dispersão e aumentar as chances de predação (diminuindo, em ambos os casos, o número de novas mudas).

Nossos resultados forneceram também indícios de que as formigas podem ser mais importantes na remoção de sementes do que se imaginava. O experimento das estações permitiu observar que as formigas foram responsáveis por 92% das visitas de artrópodes às estações de sementes. Outros artrópodes fizeram as visitas restantes (8%). Isso significa que, para as sementes testadas nas estações, as formigas foram os maiores agentes de remoção.

As formigas são, muito provavelmente, responsáveis pela remoção em larga escala de sementes de outras espécies florestais da Amazônia, além das seis testadas. Esses insetos carregam sementes que têm entre 0,5 e 3 cm, e as sementes de mais de 50% das espécies madeireiras da Amazônia estão nessa faixa de tamanho. Como o número de formigas é extremamente elevado e sua capacidade de recrutamento é imensa, esses organismos são capazes de remover milhões de sementes.

As pesquisas mostraram que explorações de madeira realizadas com alto impacto sobre a vegetação desencadeiam mudanças na diversidade de formigas adaptadas a ambientes fechados e induzem o estabelecimento de espécies diferentes das originais. Como resultado, o número de sementes removidas por esses animais é reduzido, o que pode alterar o tempo de recuperação florestal. Já a adoção de sistemas de exploração madeireira com impacto reduzido sobre a floresta reduz os danos sobre a fauna de formigas, afetando menos a eficiência ecológica desses animais na remoção de sementes florestais.

