

Infra-estruturas ecológicas e limitação natural dos inimigos das culturas fruteiras*

José Carlos Franco

Departamento de Protecção de Plantas e de Fitoecologia. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 1349-017 Lisboa

Introdução

O fomento da limitação natural dos inimigos das culturas constitui uma tática de protecção biológica de conservação e envolve a manipulação do ambiente, de forma a conservar e potenciar a actividade dos inimigos naturais, podendo ser direccionado tanto no sentido de mitigar as condições desfavoráveis (e.g., reduzindo a mortalidade, fornecendo recursos suplementares, limitando os inimigos secundários, como hiperparasitóides, ou manipulando os hospedeiros vegetais), como de incrementar as que são favoráveis para a sua sobrevivência, fecundidade, longevidade e comportamento (Bugg & Pickett 1998, Landis et al. 2000, Jonsson et al. 2008).

O aumento da disponibilidade dos recursos necessários a um bom desempenho dos organismos auxiliares, como agentes de limitação natural, pode ser conseguido instalando, expandindo, mantendo ou manipulando habitats importantes, no interior ou na vizinhança das culturas (Landis & Menalled 1998, Landis et al. 2000, Boller et al. 2004b). Deste modo, ao proporcionar a adequada diversidade vegetal, através da manutenção e criação, em quantidade e qualidade, de infra-estruturas ecológicas, no interior da exploração e seus limítrofes (num raio de cerca de 100 a 200 m), criam-se condições mais favoráveis a uma efectiva limitação natural.

As regras de produção integrada da Organização Internacional de Luta Biológica e Protecção Integrada – Secção Regional Oeste Paleártica (OILBsrop) (Boller et al. 2004a) recomendam o fomento da biodiversidade, por ser considerada elemento importante da sustentabilidade da agricultura. A diversidade biológica, ao nível genético, das espécies e do ecossistema, é perspectivada como a base da estabilidade do ecossistema, dos factores de regulação e da qualidade da paisagem. Em protecção integrada, a substituição dos pesticidas por factores de regulação natural depende da existência de adequada diversidade biológica. Nesse sentido, a biodiversidade funcional deve ser incrementada activamente, através da manutenção e instalação de infra-estruturas ecológicas, que, em termos óptimos, deverão ocupar cerca de 15% da área da exploração, com um mínimo de 5% (Boller et al. 2004b).

* - texto adaptado de Franco et al. (2006)

O que são infra-estruturas ecológicas?

Segundo Boller et al. (2004b), por infra-estrutura ecológica, entende-se qualquer infra-estrutura, existente na exploração agrícola, ou na sua vizinhança, num raio de cerca de 150 m, que tenha valor ecológico e cuja utilização judiciosa aumente a biodiversidade funcional da exploração. A contribuição efectiva das infra-estruturas ecológicas para o fomento da biodiversidade depende, no entanto, da sua qualidade ecológica, distribuição e ligação a outras infra-estruturas ecológicas, fora da exploração.

A rede de infra-estruturas ecológicas é composta por três elementos básicos, com diferentes funções (Boller et al. 2004b):

- 1 - Habitats permanentes, de grande dimensão, englobando, nomeadamente, prados e pastagens pouco intensivas, floresta, áreas ruderais e pomares tradicionais;
- 2 - Habitats temporários, de pequena dimensão, constituídos, por exemplo, por pequenos bosques, ou manchas de arbustos e árvores, amontoados de pedra ou lenha e charcos;
- 3 - Corredores ecológicos, que favorecem a dispersão das espécies animais entre os habitats permanentes e temporários e incluem estruturas relativamente lineares, como sebes, faixas de vegetação silvestre, caminhos rurais e linhas de água.

Os requisitos de cada espécie animal, relativamente à dimensão e distância máxima entre infra-estruturas ecológicas, dependem do seu tamanho e capacidade de dispersão. Muitos dos organismos auxiliares de importância económica em agricultura apresentam fraca capacidade de dispersão (Quadro 1, Fig. 1).

O conhecimento das respectivas distâncias críticas pode ser utilizado para definir as distâncias máximas entre infra-estruturas ecológicas, de modo a permitir uma efectiva dispersão dos auxiliares e colonização das culturas. Assim, considera-se desejável que a largura máxima de um campo de cultura seja de cerca de 100 m. Do mesmo modo, estima-se que a área envolvente com influência na biodiversidade funcional da exploração corresponda a uma distância entre 100 e 200 m (Boller et al. 2004b).

Entre os diversos tipos de infra-estruturas ecológicas, destaca-se a cobertura vegetal do solo e as sebes e cortinas de abrigo como os mais comuns em diversas culturas fruteiras e vinha, a nível mundial (Bugg & Waddington 1994, Boller et al. 2004b). Estas infra-estruturas têm sido, sobretudo, perspectivadas em termos de conservação do solo (cobertura vegetal do solo) e de protecção da cultura em relação ao vento e/ou divisão de parcelas (sebes e cortinas de abrigo). Contudo, para além destas importantes funções, podem desempenhar papel fundamental na criação e conservação da biodiversidade funcional.

O papel das infra-estruturas ecológicas na conservação e fomento dos auxiliares

A efectiva limitação natural dos inimigos das culturas depende da existência de adequada abundância e diversidade de auxiliares. Por sua vez, a abundância, ou densidade populacional, de predadores e parasitóides é influenciada por três processos fundamentais, i.e., colonização, reprodução e longevidade. A colonização de um habitat (e.g., cultura), pelos inimigos naturais, pode ocorrer como resultado da: 1) proximidade espacial de fontes populacionais de inimigos naturais; 2) perda de adequação do habitat anteriormente ocupado; 3) atractividade do habitat colonizado. A reprodução, longevidade e/ou sobrevivência dos inimigos naturais podem aumentar devido a: 1) maior abundância de alimento; 2) alimento disponível durante mais tempo, ao longo do ano; 3) microclima favorável. Por fim, a diversidade de inimigos naturais pode ser conservada e incrementada através da: 1) criação de diversidade biológica, e.g., infra-estruturas ecológicas; 2) redução da fragmentação de habitats, e.g., diminuição da distância entre a cultura e as infra-estruturas ecológicas; 3) minimização da ocorrência de perturbações ambientais, e.g., redução do número de tratamentos fitossanitários (Schellhorn et al. 2000, Boller et al. 2004b).

A **diversidade** nos ecossistemas agrários pode favorecer a redução da pressão dos inimigos das culturas e fomentar a actividade dos inimigos naturais. Contudo, nem toda a diversidade é necessariamente benéfica. De facto, tendo em vista incrementar selectivamente as populações de auxiliares, devem-se identificar e disponibilizar os elementos-chave da diversidade, em vez de a aumentar por si só. O simples aumento da diversidade pode favorecer certos inimigos das culturas. Embora sendo um processo difícil, a identificação dos elementos-chave da diversidade pode ser auxiliada pelo conhecimento dos recursos necessários aos inimigos naturais e dos mecanismos envolvidos (Landis et al. 2000, Straub et al. 2008).

A abundância e diversidade dos inimigos naturais podem ser incrementados através da disponibilização, no espaço e no tempo, dos recursos necessários à sua efectiva actividade, nomeadamente (Barbosa & Benrey 1998, Bugg & Pickett 1998, Gurr et al. 1998, Letourneau 1998, Landis et al. 2000, Boller et al. 2004b, Jonsson et al. 2008): 1) fontes de alimento, e.g., melada, pólen, néctar; 2) habitats para hospedeiros/presas alternativos; 3) abrigos ou refúgios, e.g., habitats para hibernação, nidificação e acasalamento, protecção em relação a inimigos naturais, microclimas favoráveis.

Muitas das espécies de insectos predadores e parasitóides, em certas fases do seu ciclo de vida, utilizam as plantas como **fonte de alimento**, consumindo, nomeadamente, néctar floral ou extrafloral (fonte de aminoácidos e açúcares), pólen (fonte de aminoácidos e proteínas), sementes ou melada (fonte de açúcares) excretada por homópteros, e.g., afídeos, cochonilhas, mosquinhas-brancas. O consumo destes alimentos constitui importante factor de crescimento, desenvolvimento, sobrevivência e reprodução para os inimigos naturais (Jervis & Kidd 1996, Boller et al. 2004b, Quadros 1 e 2).

Evidências experimentais sugerem que a taxa de parasitismo das cigarrinhas da vinha, por parasitóides mimarídeos do género *Anagrus*, pode ser incrementada através do enrelvamento da vinha, com adequada diversidade florística, fonte de néctar e pólen (English-Loeb et al. 2003).

Alguns ácaros fitoseídeos predadores generalistas, nomeadamente dos géneros *Typhlodromus*, *Amblyseius* e *Euseius*, suplementam a sua dieta de artrópodes, alimentando-se de pólen (e.g., Hagen et al. 1999, Rodrigues & Torres 2005). Segundo Hagen et al. (1999), todas as espécies estudadas de *Euseius* são capazes de se reproduzir alimentando-se, apenas, de pólen e, nalguns casos, o pólen parece constituir alimento mais favorável que as presas animais.

Os predadores e parasitóides necessitam de **abrigos ou refúgios**, definidos como habitats nos quais podem sobreviver durante períodos críticos, em que as condições ambientais são desfavoráveis, nomeadamente em termos de temperatura e humidade, ou em resultado da aplicação de pesticidas, da mobilização do solo, da realização de podas ou colheita de frutos (Beane & Bugg 1998, Starý & Pike 1999, Boller et al. 2004b, Quadro 1). Beane & Bugg (1998) fazem a revisão dos principais aspectos da biologia dos inimigos naturais que podem ser favorecidos pela existência de abrigos adequados, nomeadamente:

1. **Procura de presas/hospedeiros**, e.g., as sebes e cortinas de abrigo, ao protegerem as culturas relativamente à acção do vento e criarem condições de temperatura mais elevada, podem favorecer a actividade dos sirfídeos, em geral, afectada pela ocorrência de vento excessivo;
2. **Repouso**, e.g., a instalação de abrigos artificiais em pomares atrai e concentra a presença de dermápteros, vulgarmente conhecidos por bichas-cadela, de que se destaca a espécie *Forficula auricularia*, que, embora possa constituir praga de algumas culturas, é predadora de afídeos, psilídeos e vermes;
3. **Dormência sazonal**, e.g., o êxito de muitos predadores ou parasitóides, em programas de protecção biológica, tem sido limitado devido a dificuldades de sobrevivência durante o Inverno ou Verão, e.g., diversos predadores e parasitóides hibernam em habitats protegidos (Quadro 1);
4. **Nidificação**, e.g., as vespas predadoras, tanto solitárias (Eumenidae, Sphecidae), como sociais (Vespidae), apresentam necessidades diversas em termos de nidificação, incluindo nomeadamente covas ou fendas no solo, cavidades em troncos e ramos, fendas em rochas e troncos, estruturas construídas com lama ou pasta vegetal; a disponibilidade local de estruturas ou materiais apropriados para nidificação pode fomentar a actividade predadora deste importante grupo de himenópteros.

A cobertura vegetal do solo com *Ageratum conyzoides*, em pomares de citrinos, na região centro da China, cria condições mais favoráveis à sobrevivência do fitoseídeo *Amblyseius nicholsi*, sensível às altas temperaturas e tempo seco do Verão, nesta região, uma vez que origina um efeito amenizador da temperatura e humidade relativa (Olkowski & Zhang 1998).

A cobertura vegetal do solo e as sebes e cortinas de abrigo reduzem a deposição de poeiras na cultura, por exemplo, produzidas pela mobilização do solo ou pela passagem de máquinas em caminhos de terra batida, que constitui factor prejudicial à actividade de alguns predadores e parasitóides (Flint & Dreistadt 1998).

A disponibilidade de **presas/hospedeiros alternativos**, na proximidade das culturas, assume papel importante quando as densidades populacionais das pragas são baixas ou nulas, podendo melhorar o sincronismo entre inimigos naturais e pragas (Starý & Pike 1999). Ao contribuir para a existência de um reservatório de inimigos naturais, favorece respostas mais rápidas, em termos de limitação natural, capazes de sustentar o aumento populacional das pragas (Landis et al. 2000). Um dos exemplos que melhor ilustra a importância dos hospedeiros alternativos, bem como da existência de abrigos disponíveis para hibernação dos inimigos naturais, é o caso dos parasitóides oófagos das cigarrinhas da vinha. Na Europa, a espécie *Anagrus atomus* é o principal parasitóide da cigarrinha *Empoasca vitis*. Este cicadélideo migra, na Primavera, dos habitats de hibernação (e.g., coníferas, *Rubus* spp., aveleiras), para a vinha, podendo passar por hospedeiros intermédios, como as pomóideas. O parasitóide hiberna em ovos de cicadélideos, em *Rubus* spp. e rosas silvestres. Estudos efectuados na Suíça sugerem que a eficiência dos parasitóides mimarídeos como agentes de limitação natural das cigarrinhas da vinha depende de quatro condições (Boller et al. 2004b): 1) presença de plantas adequadas nas sebes ou zonas limítrofes das vinhas; 2) sebes distribuídas à distância de cerca de 100 m, ao longo da vinha; 3) fornecimento permanente de néctar e meladas, através de plantas em floração, na cobertura vegetal do solo; 4) sistemas de protecção que não afectem os parasitóides.

O enrelvamento como infra-estrutura ecológica

A prática do enrelvamento inclui duas modalidades principais, i.e., a manutenção da cobertura vegetal do solo, através da 1) gestão adequada da flora residente, ou da 2) sementeira de uma ou várias espécies seleccionadas. Contudo, estas duas modalidades podem subdividir-se, em função do tipo de gestão espacial e temporal adoptadas. Por exemplo, Bugg & Waddington (1994) referem três modalidades de enrelvamento utilizadas como infra-estruturas ecológicas, em pomares:

1. **Gestão uniforme da flora residente** - através de cortes regulares ou mobilização superficial, feitas uniformemente em todo o pomar, privilegiando o elenco florístico mais favorável à actividade dos auxiliares;

2. **Gestão, em faixas, da cobertura vegetal do solo** - através de práticas realizadas, de modo diferente, em cada zona (faixas) do pomar, com o objectivo de assegurar a continuidade temporal de habitats para os auxiliares, incluindo: a) sementeira de misturas com composição florística distinta, em cada faixa; b) cortes ou mobilizações realizadas em períodos diferentes, nas diferentes faixas; c) combinações das modalidades anteriores;
3. **Sementeira de “plantas-insectário”** - disponíveis no mercado e consideradas atractivas para diversos grupos de artrópodes auxiliares.

No interior do pomar, a cobertura vegetal do solo é, em geral, mantida, em regime permanente ou temporário, apenas, na entrelinha, efectuando-se normalmente aplicação de herbicida na linha. Pode, no entanto, ser estendida, também, às zonas limítrofes ou bordaduras do pomar, incluindo terrenos incultos, possibilitando, assim, a constituição de uma rede mais efectiva de infra-estruturas ecológicas, estabelecendo corredores de ligação entre o interior do pomar e os habitats envolventes (Bugg et al. 1998, Nentwig 1998, Boller et al. 2004b).

Idealmente, a cobertura vegetal do solo, utilizada como infra-estrutura ecológica, deve ser implementada de modo a que as espécies vegetais envolvidas (Bugg & Waddington 1994, Smith et al. 1997):

1. Não sustentem pragas e doenças, por poderem vir a colonizar a cultura;
2. Afastem as pragas generalistas;
3. Confundam, olfactiva e visualmente, as pragas selectivas, reduzindo a colonização do pomar;
4. Alterem a nutrição das árvores e, deste modo, reduzam o êxito das pragas;
5. Reduzam a poeira e o stress hídrico, diminuindo, deste modo, pululações secundárias;
6. Alterem o microclima, de forma a desfavorecer as pragas e/ou favorecer os inimigos naturais;
7. Aumentem a abundância ou eficiência dos inimigos naturais, fomentando, deste modo, a limitação natural.

No caso da manutenção da flora residente, em que a composição florística é influenciada pelo tipo de solo e pelo sistema de gestão adoptado (e.g., cortes, mobilização do solo, herbicidas), Bugg & Waddington (1994) e Bugg et al. (1998) destacam algumas espécies com interesse, como fontes de pólen, melada, presas ou hospedeiros alternativos para auxiliares, na Califórnia, como *Polygonum aviculare*, *Stellaria media*, *Stellaria graminea*, várias apiáceas (e.g., *Ammi visnaga*, *Daucus carota*, *Foeniculum vulgare*, *Conium maculatum*), asteráceas (e.g., *Sonchus oleraceus*, *Anthemis cotula*, *Matricaria matricarioides*),

fabáceas (e.g., *Medicago polymorpha*, *Vicia* spp.) e poáceas (e.g., *Lolium multiflorum*, *Bromus rigidus*, *Avena fatua*, *A. barbata*, *Hordeum leporinum*, *Vulpia myuros*).

Domínguez-Gento et al. (2002) referem como espécies espontâneas úteis em protecção biológica de conservação, por serem atractivas e constituírem refúgio para a entomofauna auxiliar, *Urtica dioica*, *Cirsium arvense*, *Chenopodium album*, *Rumex* spp., *Daucus carota*, *Amaranthus retroflexus* e *Sonchus* spp.

A urtiga, *Urtica dioica*, é referida por Boller et al. (2004b) como uma planta com muito interesse em infra-estruturas ecológicas. Pode ser hospedeira de mais de 100 espécies de insectos, englobando seis ordens, e incluindo, entre os fitófagos, mais de 25 lepidópteros, pelos menos três afídeos, três cicadélídeos, bem como psilas, heterópteros, coleópteros e ácaros tetraniquídeos. A maioria destas espécies não é praga agrícola, disponibilizando importantes recursos alimentares (i.e., melada, presas, hospedeiros) para muitos predadores e parasitóides com importância na limitação natural. De particular interesse, são os predadores (e.g., antocorídeos, mirídeos e coccinelídeos) e parasitóides (e.g., *Aphidius ervi*) de afídeos (e.g., *Microlophium carnosum*, *Aphis urticae*). Numa perspectiva de protecção biológica de conservação, é considerado favorável a existência de uma mosaico de aglomerados de plantas de urtiga, com pelo menos 5 m² cada, e não distanciando, entre si, mais do que 100 m. A realização de cortes oportunos, em termos fenológicos, constitui uma prática possível para favorecer a migração dos auxiliares para as culturas adjacentes.

Em vários países, existem disponíveis, no mercado, misturas de sementes de “plantas-insectário”, para utilização em enrelvamento, em diferentes modalidades. Algumas das espécies destas misturas são, reconhecidamente, atractivas para insectos auxiliares. Outras carecem de avaliação. Bugg & Waddigton (1994), Nentwig et al. (1998) e Boller et al. (2004b) apresentam exemplos destas misturas, referindo a sua composição (4 a 35 espécies). Entre as características utilizadas, como critérios de selecção de espécies, incluem-se a diversidade e abundância de auxiliares associados; duração do período de floração; capacidade de sobrevivência em solos agrícolas; longevidade em consociações; e tendência para dispersar para terrenos adjacentes (Nentwig et al. 1998).

Segundo Boller et al. (2004b), as faixas de enrelvamento, constituídas por flora espontânea ou semeada, devem ter pelo menos 3 m de largura, representando a manutenção da flora residente alternativa adequada, sobretudo, em solos relativamente pobres em nutrientes, de textura grosseira e sem infestantes problemáticas, enquanto que em solo ricos é preferível a sementeira de espécies seleccionadas. Como princípio básico, os autores referem que as misturas de sementes para enrelvamento devem ser constituídas por três grupos funcionais de plantas:

- 1 - Espécies de crescimento baixo, com rápida germinação e cobrimento do solo, como as leguminosas (evitar infestantes

problemáticas);

- 2 - Espécies de crescimento médio e floração no cedo, como plantas de cobertura (e.g., *Sinapis arvensis*, *Fagopyrum esculentum*), que conferem sólida estrutura ao relvado e atraem auxiliares no início da estação;
- 3 - Espécies atractivas que disponibilizam alimento a diversos organismos antagonistas, com diferentes necessidades alimentares, constituindo a parte mais importante da mistura de sementes.

Em Portugal, a prática do enrelvamento tem vindo a ser estudada e implementada em culturas perenes, como a vinha (e.g. Pacheco 1989, Amaro 2001, Afonso et al. 2003, Lopes et al. 2004), as pomóideas (e.g., Amaro 2000, Soares 2001, Silva et al. 2005), o olival (e.g., Pinheiro et al. 2002) e os citrinos (e.g., Franco et al. 2006).

As sebes ou cortinas de abrigo como infra-estruturas ecológicas

As sebes adjacentes às culturas ou explorações são elementos de compensação ecológica que, quando devidamente manipulados e explorados, podem diversificar o rendimento das explorações (Wojtkowski 2002, Raedeke et al. 2003) e favorecer a biodiversidade local e regional, em particular a abundância e diversidade de organismos auxiliares, ao propiciar-lhes habitat e fontes alimentares alternativas (Duelli 1997, Quadro 1). Estas infra-estruturas podem desempenhar o papel de corredores ecológicos que estabelecem a ligação entre parcelas de cultura ou com outras infra-estruturas ecológicas existentes na exploração ou na sua vizinhança. Com efeito, as sebes, para além de fomentarem a ocorrência e circulação entre habitats dos inimigos naturais, afectam a sua distribuição espacial e temporal, na cultura e na exploração (Boller et al. 2004b).

As espécies que constituem uma sebe afectam a sua estrutura e, consequentemente, as suas funções, em especial no que se refere ao desempenho como potencial habitat de fauna e flora. No que respeita à composição, as sebes podem ser simples (ou monoespecíficas), quando constituídas por uma única espécie vegetal, ou mistas (compostas ou multispecíficas), quando na sua composição se encontram diversas espécies. Em termos de estrutura, podem ser plantadas em alinhamentos simples ou múltiplos, apresentando um a três estratos de vegetação, e subdividir-se em (Boller et al. 2004b):

Sebes baixas – com 1 a 3 m de largura, incluindo as faixas laterais de vegetação herbácea, compostas por arbustos de pequeno ou médio porte, podados a cada dois ou três anos, à altura de 2 a 3m;

Sebes arbóreo-arbustivas, estratificadas – por norma, são mais

largas do que as anteriores, sendo compostas por espécies arbustivas mais altas (5-6m) e por árvores, apresentando três estratos distintos em altura; são instaladas com o intuito de delimitar parcelas de cultura ou explorações agrícolas e funcionam, ainda, como elementos de conectividade com áreas florestadas;

Sebes arbóreas, estratificadas – estas estruturas são constituídas exclusivamente por espécies arbóreas, de médio a elevado porte, sendo, em geral, utilizadas em zonas agrícolas expostas a ventos de intensidade elevada, durante grande parte do ano, com a finalidade de obter melhores produções; devem apresentar estrutura estratificada e, consoante as situações, podem necessitar de podas regulares; dentro deste tipo incluem-se, ainda, as manchas de vegetação lenhosa natural, contíguas das parcelas agrícolas, com interesse ecológico-paisagístico.

As faixas laterais das sebes, por norma constituídas por vegetação herbácea, materializam a ligação da estrutura com a cultura e podem influenciar, de forma determinante, o elenco de organismos auxiliares presente tanto no pomar, como no ambiente envolvente, ao fornecerem presas ou hospedeiros, refúgio e fontes alimentares alternativas. Estas áreas devem ter no mínimo 3 m de largura, ser exploradas de forma extensiva, sem aplicação de fertilizantes e pesticidas, mobilizadas de três em três anos e sujeitas a corte anual, no final da Primavera (Boller et al. 2004b). As sebes e respectivas faixas laterais de vegetação, quando concebidas de forma adequada e instaladas à distância óptima das culturas, para além de constituírem elementos essenciais do mosaico da paisagem, podem ser extremamente eficientes na manipulação das populações de auxiliares visando aumentar o seu impacto nos inimigos das culturas. Para a máxima eficácia de um sistema de sebes, importa, não só, o modo como é projectado, quanto ao traçado e espécies empregues, mas também, a forma como será conduzido e explorado. Assim, as sebes devem estar integradas e devidamente articuladas com a paisagem florestal e agrícola e ocupar, de preferência, áreas de baixo potencial produtivo, como encostas de declive acentuado, baixios, bordaduras de parcelas de cultura, caminhos rurais e extremas de explorações agrícolas.

Estas infra-estruturas ecológicas devem ser instaladas, de preferência, perpendicularmente à direcção do vento dominante, tendo presente que a orientação N-S é a que minimiza o ensombramento e que a sua instalação a oeste da parcela favorece o transporte passivo de ácaros predadores e parasitoides para o pomar (Bugg 1992). Na sua instalação, deve ter-se em consideração a topografia do terreno, ainda que, em algumas situações, por razões de economia de maquinaria e mão-de-obra, se torne relevante fazer coincidir a orientação da sebe com a direcção principal do movimento das máquinas agrícolas, nas parcelas de cultura confinantes.

Para que uma sebe seja um sistema estável, do qual se retira o máximo de benefícios, no seu elenco florístico devem constar, essencialmente, espécies da vegetação autóctone, isto é, devem ser consideradas as espécies de

herbáceas, arbustos e árvores típicas das formações vegetais de cada região (Cunningham 1988). Assim, a lista de espécies botânicas para utilização em sebes deve ser estabelecida a nível regional.

Tendo em conta que uma sebe deverá apresentar estrutura estratificada e permeabilidade variável, consoante as características da zona e a susceptibilidade das culturas ao vento, devem escolher-se arbustos e árvores, quer de folha persistente, quer de folha caduca, que, estando adaptados à região, apresentem portes distintos (Boller et al. 2004b). Uma sebe pode ter oscilações de permeabilidade ao longo do ano, particularmente quando é composta por espécies caducifólias. As estruturas mais eficientes têm permeabilidade de 35% a 40%, sobretudo no topo, devendo ser menos permeáveis na base.

Para se conseguir uma diversidade óptima de auxiliares dever-se-ão escolher essências vegetais pertencentes a famílias botânicas distintas da cultura a proteger e, entre essas, preferir as que estejam associadas a maior diversidade de auxiliares. As sebes mistas podem ser atractivas para os antagonistas, mas esse efeito é variável com as associações vegetais escolhidas. Com efeito, ainda que um alinhamento de árvores ou arbustos de uma só espécie apresente maior diversidade de auxiliares do que de fitófagos, tal pode não ser verdade quando diversas espécies vegetais são utilizadas na constituição de uma sebe. Assim, a situação mais favorável às culturas parece ser a da instalação de sebes constituídas por cerca de 15 a 20 espécies vegetais, de famílias botânicas diversas. Para uma diversidade vegetal superior, verifica-se que o número de inimigos naturais se mantém praticamente constante, aumentando os riscos fitossanitários para o pomar a proteger, dado o incremento exponencial de fitófagos (Debras et al. 2003).

Os dois estratos inferiores da sebe (até 10 m de altura) podem ser assegurados pela utilização de essências arbustivas, como o abrunheiro, o espinheiro, *Rhamnus catharticus*, o evónio, *Euonymus europaeus*, o ligustro, *Ligustrum vulgare*, a madressilva, *L. implexa*, a roseira-brava, *Rosa canina*, o sabugueiro, *Sambucus nigra*, ou o sanguinho, *Cornus sanguinea*, entre outras. Em sebes mistas, a roseira-brava e as silvas, *Rubus* spp., contribuem para a instalação e manutenção de populações de alguns parasitóides do género *Anagrus*, e os ácaros predadores são particularmente abundantes nas madressilvas e no sabugueiro (Boller et al. 2004b).

Para o estrato mais alto da sebe, podem utilizar-se, consoante as regiões, espécies arbóreas, como por exemplo o amieiro, *Alnus glutinosa*, o bordo-comum, *Acer campestre*, a cerejeira-brava, *Prunus avium*, o choupo híbrido, *Populus X canadensis*, os ciprestes, *Cupressus* spp., o freixo-europeu, *Fraxinus excelsior*, o loureiro-cerejo, *Prunus laurocerasus*, e os salgueiros, *Salix* spp. Algumas destas espécies podem fomentar determinados grupos de antagonistas, ao disponibilizarem fontes alimentares alternativas (e.g. pólen, néctar ou presas alternativas) para sirfídeos, antocorídeos e coccinelídeos, e refúgios para hibernação, por exemplo ao nível do ritidoma, para antocorídeos e coccinelídeos (Boller et al. 2004b).

A disponibilidade de fontes alimentares alternativas (e.g., plantas em floração) pode afectar a diversidade e abundância de abelhas, bem como de vários predadores de afídeos e parasitóides, que dependem de pólen e néctar para completarem os seus ciclos de vida (e.g., sirfídeos). Sebes devidamente estruturadas, com espécies de floração sequenciada, podem contribuir para a disponibilidade de fontes alimentares alternativas por períodos de cinco a seis meses (Boller et al. 2004b).

As faixas laterais das sebes podem, também, constituir fontes de néctar e pólen complementares, se apresentarem vegetação diversificada, sob o ponto de vista botânico, e se forem devidamente mantidas. As funções ecológicas das sebes podem ainda ser potenciadas pela existência de musgos, líquenes e amontoados ou muros de pedra solta, resultantes, por exemplo, de operações de despedrega, na zona de projecção das copas dos arbustos e das árvores que as constituem. Do mesmo modo, os materiais lenhosos resultantes das podas conduzidas na cultura e nas próprias sebes podem ser amontoados do lado da sebe exposto ao vento, visando facilitar a fixação de vegetação espontânea e aumentar a disponibilidade de locais de refúgio e hibernação para aves, artrópodes auxiliares, répteis e anfíbios (Boller et al. 2004b).

As sebes constituem habitats onde os inimigos naturais encontram refúgios para hibernação e locais de postura, para além de serem zonas de microclima favorável à sobrevivência da fauna auxiliar. Nestas estruturas, parasitóides, predadores e entomopatogénios encontram condições adequadas para se refugiarem ou reproduzirem, ao abrigo da aplicação de pesticidas utilizados nas parcelas de cultura. A ocorrência de presas ou hospedeiros alternativos para predadores e parasitóides, respectivamente, nas sebes estimula a presença de um elenco variado de inimigos naturais. A existência de afídeos, de ovos e larvas de lepidópteros ou de ácaros permite a presença de populações de auxiliares, incluindo himenópteros parasitóides, sirfídeos e ácaros fitoseídeos, entre outros, que no início da estação estarão aptos a colonizar, de forma rápida e eficiente, o pomar, sustendo o avanço das pragas (Boller et al. 2004b).

Sob o ponto de vista fitossanitário, a utilização das sebes pode não estar isenta de riscos já que, a par dos inimigos naturais, também podem estar presentes diversos fitófagos e fitopatogénios polífagos que representam um perigo potencial para o seu estado fitossanitário e para o das culturas vizinhas. Diversos autores referem os impactes negativos da ocorrência de zonas incultas nas margens dos campos de cultura, mas estimam que esses efeitos nefastos são sobejamente ultrapassados pelos muitos benefícios que sebes e faixas laterais de vegetação espontânea podem introduzir no ecossistema agrícola, a médio e longo prazo (Colunga-García et al. 1997, Baggen & Gurr 1998).

Referências bibliográficas

- Afonso JM, Monteiro A, Lopes CM & Lourenço J (2003) Enrelvamento do solo em vinha na região dos vinhos verdes: três anos de estudo na casta 'Alvarinho'. *Ciênc Téc Vitiv* 18(2): 47-63
- Amaro P (ed) (2000) A produção integrada da Pêra Rocha. ISA Press, Lisboa
- Amaro P (ed) (2001) Protecção integrada da vinha na região Norte. ISA Press, Lisboa
- Baggen LR, Gurr GM (1998) The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae), and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biol Control* 11: 9-17
- Barbosa P, Benrey B (1998) The influence of plants on insect parasitoids: implications for conservation biological control. In: Barbosa P (ed) Conservation biological control. Academic Press, San Diego, pp 55-82
- Boller EF, Avilla J, Joerg E, Malavolta C, Wijnands FG, Esbjerg P (2004a) Integrated production: principles and technical guidelines. *IOBCwprs Bull* 27(2): 1-49
- Boller EF, Häni F, Poehling HM (2004b) Ecological infrastructures: Ideabook on functional biodiversity at the farm level – temperate zones of Europe. *IOBCwprs Comm Integr Prod Guid Endors*, LBL, Lindau, Switzerland
- Bugg RL (1992) Using cover crops to manage arthropods on truck farms. *Hortscience* 27: 741-744
- Bugg RL, Pickett CH (1998) Introduction: enhancing biological control – habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. In: Pickett CH, Bugg RL (eds) Enhancing biological control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. UC Press, Berkeley, pp 1-23
- Bugg RL, Waddington C (1994) Using cover crops to manage arthropod pests of orchards: a review. *Agric Ecosyst Environ* 50: 11-28
- Bugg RL, Anderson JH, Thomsen CD, Chandler J (1998) Farmscaping in California: managing hedgerows, roadside and wetland plantings, and wild plants for biointensive pest management. In: Pickett CH, Bugg RL (eds) Enhancing biological control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. UC Press, Berkeley, pp 339-374
- Colunga-Garcia M, Gage Sh, Landis DA (1997) Response of an assemblage of *Coccinellidae* (Coleoptera) to a diverse agricultural landscape. *Environ Entomol* 26: 797-804
- Cunningham RA (1988) Genetic improvement of trees and shrubs used in windbreaks. *Agric Ecosyst Environ* 22/23: 483-498
- Debras J-F, Cousin M, Rieux R (2003) Combien d'espèces planter dans une haie du verger? *Phytoma La Défense des Végétaux* 556: 45-50
- Domínguez-Gento A, Roselló-Oltra J, Aguado-Sáez J (2002) Diseño y manejo de la diversidad vegetal en agricultura ecológica. *PHYTOMA-España & SEAE*, Valencia
- Duelli P (1997) Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: an approach at two different scales. *Agric Ecosyst Environ* 62: 81-91

- English-Loeb G, Rhainds M, Martinson T, Ugone T (2003) Influence of flowering cover crops on *Anagrus* parasitoids (Hymenoptera: Mymaridae) and *Erythroneura* leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae) in New York vineyards. *Agric Forest Entomol* 5: 173-181
- Flint ML, Dreistadt SH (1998) Natural enemies handbook: the illustrated guide to biological pest control. UC Press, Berkeley
- Franco JC, Ramos AP, Moreira I (eds) (2006) Infra-estruturas ecológicas e protecção biológica: caso dos citrinos. ISA Press, Lisboa, 176 pp
- Gurr GM, van Emden, Wratten SD (1998) Habitat manipulation and natural enemy efficiency: implications for the control of pests. In: Barbosa P (ed) Conservation biological control. Academic Press, San Diego, pp 155-183
- Hagen KS, Mills NJ, Gordh G, McMurtry (1999) Terrestrial arthropod predators of insect and mite pests. In: Bellows TS, Fisher TW (eds) Handbook of biological control: principles and applications of biological control. Academic Press, San Diego, pp 383-503
- Jervis MA, Kidd NAC (1996) Phytophagy. In: Jervis M, Kidd N (eds) Insect natural enemies: practical approaches to their study and evaluation. Chapman & Hall, London, pp 375-394
- Jonsson M, Wratten SD, Landis DA, Gurr GM (2008) Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biological Control* 45: 172-175.
- Landis DA, Menalled FD (1998) Ecological considerations in the conservation of effective parasitoid communities in agricultural systems. In: Barbosa P (ed) (1998) Conservation biological control. Academic Press, San Diego, pp 101-121
- Landis DA, Wratten SD, Gurr GM (2000) Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu Rev Entomol* 45: 175-201
- Letourneau DK (1998) Conservation biology: lessons for conserving natural enemies. In: Barbosa P (ed) Conservation biological control. Academic Press, San Diego, pp 9-38
- Lopes C, Monteiro A, Rückert E, Grüber B, Steinberg B, Schultz HR (2004) Transpiration of grapevines and co-habiting cover crop and weed species in a vineyard: a "snapshot" at diurnal trends. *Vitis* 43: 111-117
- Nentwig W (1998) Weedy plant species and their beneficial arthropods: potential for manipulation in field crops. In: Pickett CH, Bugg RL (eds) Enhancing biological control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. UC Press, Berkeley, pp 49-71
- Nentwig W, Frank T, Lethmayer C (1998) Sown weed strips: artificial ecological compensation areas as an important tool in conservation biological control. In: Barbosa P (ed) Conservation biological control. Academic Press, San Diego, pp 133-153
- Olkowski W, Zhang A (1998) Habitat management for biological control, examples from China. In: Pickett CH, Bugg RL (eds) Enhancing biological

- control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. UC Press, Berkeley, pp 255-270
- Pacheco CMA (1989) Influência de técnicas de não mobilização e de mobilização sobre aspectos estruturais e hídricos de solos com vinha, bem como sobre o respectivo sistema radical: consequências das relações hídricas solo-vinha na produção. Diss Dout, ISA/UTL, Lisboa
- Pinheiro AC, Correia T, Peça JO, Silva LL, Dias AB (2002) Práticas de conservação do solo nos olivais. In: Basch G, Teixeira F (eds) Mobilização de conservação do solo. 1º Cong Nac Mobiliz Conserv Solo, Évora, 2002, APOSOLO, Évora, pp 133-148
- Raedeke AH, Green JJ, Hodege SS, Valdivia C (2003) Farmers, the practice of farming and the future of agroforestry: an application of Bourdieu's concepts of field and habitus. Rural Sociol 68: 64-86
- Rodrigues JR, Torres L (2005) Os ácaros fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae). In: Rodrigues JR (ed) Os ácaros fitoseídeos na limitação natural do aranhaço-vermelho em fruteiras e vinha. IPVC/ESAPL, Ponte de Lima, pp 40-115
- Schellhorn NA, Harmon JP, Andow DA (2000) Using cultural practices to enhance insect pest control by natural enemies. In: Rechcigl JE, Rechcigl NA (eds) Insect pest management: Techniques for environmental protection. Lewis Publ, Boca Raton, pp 147-170
- Silva L, Lopes A, Pinto A, Fernandes S (2005) Comportamento da flora infestante num pomar de macieiras em modo de produção biológico. In: Cunha MJM (coord) A produção integrada e a qualidade e segurança alimentar. 7º Enc Nac Prot Integr, 2005, Ed IPC, Coimbra, pp 75-84
- Smith D, Beattie GAC, Broadley R (eds) (1997) Citrus pests and their natural enemies: integrated pest management in Australia. Queensland Dep Primary Ind, Brisbane
- Soares J (2001) Gestão do solo do pomar. In: Soares J, Silva A, Alexandre J (eds) O livro da pêra Rocha. Vol 1, ANP, Cadaval, pp 117-133
- Starý P, Pike KS (1999) Uses of beneficial insect diversity in agroecosystem management. In: Collins WW, Qualset CO (eds) Biodiversity in agroecosystems. CRC Press, Boca Raton, pp 49-67
- Straub CS, Finke DL, Snyder WE (2008) Are the conservation of natural enemy biodiversity and biological control compatible goals? Biological Control 45: 225-237.
- Wäckers FL, van Rijn PCJ, Heimpel GE (2008) Honeydew as a food source for natural enemies: Making the best of a bad meal? Biological Control 45: 176-184.
- Wojtkowski PA (2002) Agroecological perspectives in agronomy, forestry and agroforestry. Science Publ, Plymouth, UK.

Quadros e figuras

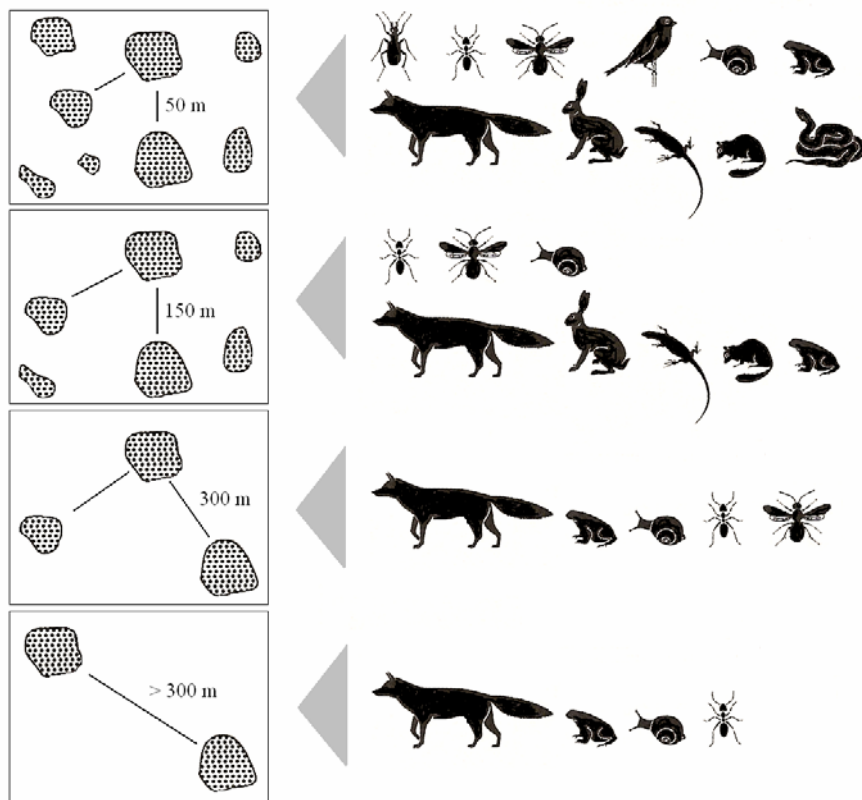


Fig. 1 - Capacidade de dispersão de diferentes grupos de animais (adaptado de Boller et al. 2004b).

Quadro 1 - Principais grupos de inimigos naturais, infra-estruturas ecológicas e fontes de alimentação, em pomares de pomóideas e prunóideas, segundo Boller et al. (2004b).

Antagonistas	Infra-estruturas ecológicas importantes		Fontes de alimentação dos adultos	
	Refúgios/hibernação	Mobilidade /distância em relação às árvores de fruto	Primavera	Verão
Sirfídeos (Syrphidae)	Hibernação no estado adulto, sobretudo fora do pomar, em faixas de vegetação silvestre, sebes, manchas florestais	+++	Pólen e néctar	Néctar e meladas
Crisopídeos (Chrysopidae)	Hibernação no estado adulto, fora do pomar, frequentemente em sebes.	++/+++	Pólen e néctar	Néctar e meladas
Coccinelídeos (Coccinellidae)	Hibernação no estado adulto, próximo das presas, sobretudo fora do pomar, mas na sua vizinhança: urtigas, sebes, manchas florestais (casca das árvores)	++	Sobretudo afídeos, por vezes pólen e néctar	Sobretudo afídeos
Antocorídeos (Anthocoridae)	Hibernação no estado adulto, próximo das presas, sobretudo fora do pomar, mas na sua vizinhança: urtigas, sebes, manchas florestais (casca das árvores)	++	Presas diversas e pólen	Sobretudo insectos e ácaros
Parasitóides oófagos de lepidópteros (<i>Trichogramma</i>)	Hibernação no estado de pré-pupa, em ovos de lepidópteros, na vizinhança do pomar: faixas de vegetação silvestre, sebes, urtigas	+	Dependem do fornecimento contínuo de pólen e néctar, por plantas adequadas (e.g., umbelíferas)	Idêntico à Primavera + meladas
Parasitóides de larvas e pupas (Ichneumonidae, Braconidae)	Hibernação em estados imaturos, no interior do hospedeiro, dentro do pomar ou na sua vizinhança; as urtigas podem desempenhar papel importante	+	Dependem do fornecimento contínuo de pólen e néctar, por plantas adequadas (e.g., umbelíferas)	Idêntico à Primavera + meladas
Ácaros predadores (Phytoseiidae)	Hibernação no estado de fêmea adulta, na casca das árvores; reservatório nas sebes; imigração, sobretudo, por transporte passivo, através do vento	(+)	Pólen, ácaros eriofídeos e pequenos artrópodes	Ácaros tetraniquídeos e outros pequenos artrópodes

Quadro 2 - Alimentos de origem vegetal utilizados por predadores e parasitóides, em função do taxon e do estado de desenvolvimento (adaptado de Wäckers et al. 2008): A - adulto; J – juvenil (larva ou ninfa).

Ordem ou Subordem	Família	Estado	Tipo de alimento					
			Melada	Néctar	Pólen	Suco vegetal	Frutos	Folhas
Neuroptera	Chrysopidae	A, J	X	X	X			
	Hemerobiidae	A, J	X	X	X			
Diptera	Syrphidae	A	X	X	X			
	Cecidomyiidae	A	X	X	X			
	Tachinidae (e outras famílias de parasitóides)	A	X	X	X			
Hymenoptera	Ichneumonidae, Braconidae (e muitas outras famílias de parasitóides)	A	X	X	X			
	Vespidae	A	X	X			X	
	Formicidae	A	X	X				
Coleoptera	Meloidae	A		X	X			
	Cantharidae	A		X	X			
	Coccinellidae	A, J	X	X	X			
	Anthribidae	A	X					
Heteroptera	Anthocoridae	A, J			X			
	Lygaeidae	A, J				X		
	Miridae	A, J				X		
	Nabidae	A, J				X		
	Pentatomidae	A, J				X		
	Reduviidae	A, J				X		
Thysanoptera	Aeolothripidae, Phlaeothripidae, Thripidae	A, J			X			X
Lepidoptera	Lycanidae (larvas afidófagas)	A	X					
Araneae	Araneidae	J			X			
	Várias famílias	A, J		X				
Acari: Mesostigmata	Phytoseiidae	A, J		X	X			