

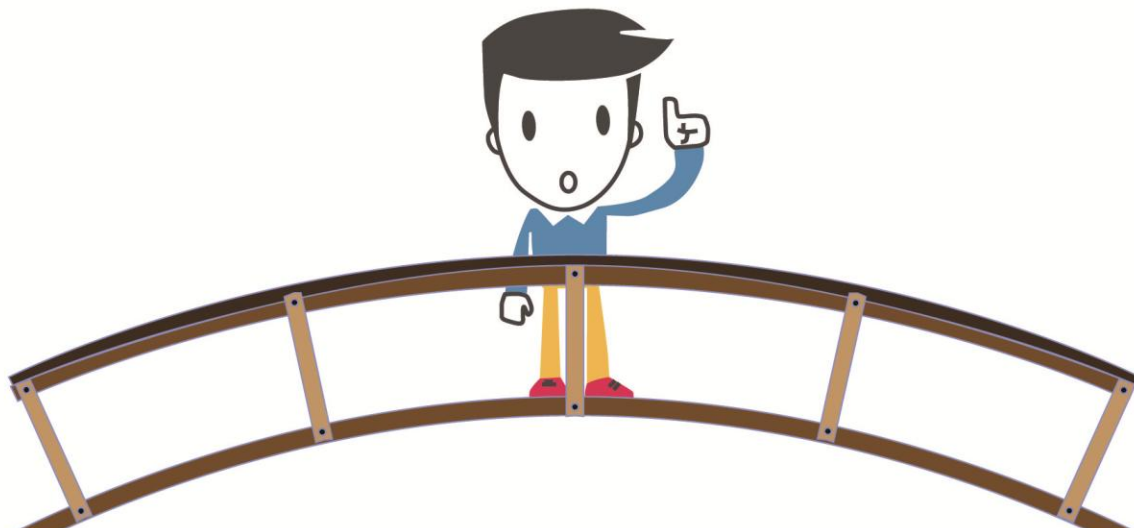


Lifelong
Learning
Programme

ECO NEW FARMERS

Módulo 3 – Culturas e itinerários técnicos

Sessão 8 – Proteção integrada



1. Introdução

Em agricultura biológica, uma boa gestão do solo e as rotações de culturas são as primeiras linhas de defesa contra as **infestantes, pragas e doenças**; no entanto, em alguns casos é necessária a intervenção direta.

Nesta sessão irá encontrar informação sobre os meios de luta disponíveis para o combate às infestantes, pragas e doenças (Figura 1) - a **proteção integrada** (PI) - no âmbito dos regulamentos da agricultura biológica.



Fig. 1. Meios de luta contra infestantes, pragas e doenças

2. Princípios gerais

Comparativamente aos agricultores convencionais, os agricultores biológicos não têm uma diversidade de produtos químicos disponíveis para a proteção das culturas. Ao invés de eliminar completamente as pragas, doenças e infestantes das culturas – os **inimigos da cultura**, o agricultor biológico deve geri-los de modo a evitar a perda imediata de rendimento e prevenir problemas futuros. O agricultor biológico deve tentar **minimizar os problemas de proteção das culturas** através da utilização de **rotações** e de **outras práticas agronómicas**, como a intervenção com **métodos mecânicos ou físicos** (Figura 2), e só em último recurso utilizar os biopesticidas autorizados.



Fig. 2. Meios de luta mecânicos ou físicos contra infestantes

A **proteção integrada (PI)** é uma estratégia de proteção das culturas que procura minimizar os riscos para os humanos e para o ambiente. A PI pode ser utilizada para gerir todos os inimigos das culturas em qualquer lugar - áreas urbanas, agrícolas, florestais ou naturais.

Trata-se de uma **abordagem de produção e proteção com base em princípios de ecologia, que combina diferentes estratégias e práticas na produção de culturas saudáveis e que minimiza a utilização de pesticidas** (biopesticidas, no caso de agricultura biológica). A PI centra-se na gestão a longo prazo dos inimigos das culturas ou dos estragos provocados, através da combinação de técnicas tais como a luta biológica, manipulação do habitat, modificação das práticas culturais e a utilização de espécies e variedades/cultivares resistentes. Os biopesticidas são apenas utilizados se os resultados da monitorização indicarem a sua necessidade de acordo com regras predefinidas e só direcionados ao organismo alvo. Os meios de luta são selecionados e aplicados de modo a minimizar os riscos para a saúde humana, organismos benéficos e não alvo, e para o ambiente.

Ao contrário de simplesmente eliminar aos inimigos da cultura, em PI tem-se em consideração o conjunto de fatores ambientais que os afetam e à sua capacidade de sobreviver. Com base no conhecimento desta informação, é possível criar condições desfavoráveis ao desenvolvimento inimigo da cultura.

Em PI, a **monitorização e correta identificação** dos inimigos da cultura são a base da decisão sobre a necessidade de intervir. **Monitorizar** significa observar a parcela, paisagem, floresta ou construções envolventes, para identificar a presença dos inimigos da cultura, a sua intensidade e os estragos causados. A identificação correta do inimigo da cultura é um fator chave para determinar se se tornará num problema e qual a melhor estratégia de proteção.

Após monitorizar e considerar toda a informação disponível sobre os inimigos da cultura, a sua biologia e os fatores ambientais, **deve decidir-se se a praga é tolerável ou se necessita de**

controle. Se o controle for necessário, a informação referida auxilia na seleção do meio de luta mais efetivo e do momento de intervenção mais adequado.

Essa decisão é baseada no **nível económico de ataque**: densidade da praga, doença ou infestante, a que se deve intervir para prevenir que a população atinga o nível económico de estragos.

O **nível económico de ataque varia** ao dos diferentes estados de desenvolvimento da cultura, de variedade/cultivar para variedade/cultivar e deve ser constantemente revisto quer face a novos inimigos da cultura, novas variedades/cultivares, novas práticas agronómicas, novos padrões de qualidade e novos preços de mercado. Alguns exemplos do nível económico de ataque são:

- escaravelho da folha (*Ceratoma trifurcata*) em soja: quando a desfoliação atingir os 30% (antes da floração) e existirem 5 ou mais escaravelhos por cada 30 cm de linha;
- roscas do milho (*Agrotis ipsilon*): aplicar um tratamento em pós-emergência, quando 3% ou mais plantas estão cortadas e as larvas estão, ainda, presentes;
- larvas mineiras (*Liriomyza spp.*) no melão: a aplicação de biopesticidas é recomendada se forem encontradas, em média, 15 a 20 larvas não parasitadas por folha.

A PI combina os meios de luta disponíveis: biológica, cultural, biotécnica, genética, física/mecânica e químico - pois funcionam melhor em conjunto do que individualmente. Em agricultura biológica deve-se **minimizar a utilização de biopesticidas**.

2.1. Meios de luta contra infestantes

Abordaremos, agora, o combate a infestantes. As infestantes são o problema mais comum nas explorações biológicas. Os meios de luta contra infestantes podem ser **indiretos** (Figura 3a), denominados de **preventivos**, ou **diretos** (Figura 3b), denominados **reativos**. Os métodos preventivos incluem as rotações, enquanto os métodos reativos incluem a gradagem dos terrenos e a mobilização na entrelinha.



Fig. 3. (a) Meios de luta indireta (preventiva) ou (b) direta (reativa).

Os meios de luta indiretos são decididos na fase de planeamento da cultura e têm como objetivo a redução da pressão provocada pelas infestantes e aumentar a competitividade das culturas. A decisão prende-se com a **escolha das culturas para a rotação**. As infestantes são mais prejudiciais nos cereais em agricultura biológica, onde não se conseguem combater completamente; mas menos prejudiciais em culturas sachadas, como a batata, já que aqui o espaço entrelinhas pode ser mobilizado, reduzindo a presença de infestantes, principalmente numa rotação após um coberto de gramíneas e leguminosas, que dificultará a produção de sementes.

Outros meios de luta indiretos são:

- escolha de variedades mais competitivas
- realização de falsa sementeira
- escolha sementes com alta taxa de germinação para que abafem as infestantes
- utilização de técnicas de sementeira como a mobilização cruzada
- enrelvamento (figura 4)
- cobertura do solo



Fig. 4. Enrelvamento

2.1.1. Meios de luta diretos contra infestantes

O planeamento das medidas preventivas para **reduzir as infestantes** pode não resolver todo o problema. Em muitas instâncias é necessário adotar outras medidas de combate às infestantes durante o desenvolvimento das culturas. Essas medidas podem ser ilustradas através de alguns exemplos, como os cereais.

Tradicionalmente, os cereais eram considerados como uma cultura “suja” ou “com muita erva”, pois não havia uma forma fácil de controlar as infestantes presentes. No sul do Reino Unido, a falsa sementeira é uma boa forma de limitar o desenvolvimento de infestantes; mas nas regiões mais a Norte, não há tempo para adotar esta técnica. Para combater infestantes de folha larga em cereais, a realização de uma **gradagem (grade de dentes)** bem efetuada pode ser eficiente (Figura

5). Este método pode ser efetivo se utilizado corretamente (Figura 5). A cultura deverá estar em fase inicial de desenvolvimento, antes do início da extensão do colmo ou do afilhamento, e o solo e clima deverão estar secos para que, depois de arrancadas, as infestantes possam secar e morrer. Poderá ser necessário realizar este procedimento mais do que uma vez.



Fig. 5. O combate a infestantes com a grade de dentes pode ser efetivo

A grade de dentes também pode ser utilizada em culturas de leguminosas, como a ervilha ou feijão. Novamente, é necessário que o clima esteja seco e, embora possa parecer que as culturas ficam danificadas, elas crescerão rapidamente sem mostrar sinais da intervenção. Em alternativa, as culturas podem ser semeadas em linhas distanciadas **30 a 40 cm**, e realizar-se uma **mobilização na entrelinha** para remover as **infestantes no seu estado inicial**.

A mobilização na entrelinha é o método mais comum de combate às infestantes na cultura da batata e noutras culturas semeadas ou plantadas em linha (Figura 6a). **As batatas são, normalmente, plantadas em camalhões** (Figura 6b). Para a remoção das infestantes, a superfície do solo é inicialmente quebrada por um **escarificador** e, depois são preparados os camalhões, **e enterradas as infestantes**. Esta técnica pode originar bons resultados, pois a batata é uma cultura competitiva que, depois de instalada, rapidamente causa o sombreamento das infestantes e limita o seu desenvolvimento.



Fig. 6. (a) Preparação de camalhões enterrando as infestantes nos primeiros estádios de desenvolvimento ou (b) plantação em sulcos

A couve-nabo também é cultivada em linhas, mas é muito menos competitiva que a batata. As pequenas sementes são semeadas com precisão, geralmente em **linhas** ou **sulcos a 50 a 70 cm de distância** (Figura 6b), levando algum tempo a cobrir todo o solo. Assim, mobiliza-se nas entrelinhas para eliminar as infestantes, e depois volta-se a formar os sulcos enterrando as sementes. Na ausência de equipamentos sensores (que são em geral muito caros), capazes de diferenciar as infestantes e a cultura, a única forma de remover as infestantes é através de monda¹ manual.

As culturas mais valiosas, normalmente destinadas a supermercados, cabazes ou comércio local, justificam a utilização de métodos mais dispendiosos de combate a infestantes. Culturas hortícolas, como as couves, podem ser transplantadas para terrenos com cobertura do solo – com **plástico ou materiais orgânicos (mulching)** (Figura 7a) – que impede o crescimento das infestantes. A **monda térmica ou a queima das infestantes** (Figura 7b), com recurso a equipamentos próprios, podem ser utilizados quando as infestantes estão visíveis, mas antes das culturas emergirem ou antes de serem transplantadas. Mais tarde podem ser preparadas camas de sementeira, utilizando-se a monda manual, utilizando um trator para transportar os trabalhadores que deitados de cabeça para baixo, vão retirando as infestantes (Figura 2).



Fig. 7. (a) Os mulches protegem as culturas das infestantes ou (b) remoção térmica.

3. Pragas e doenças em agricultura biológica

Vamos agora abordar os problemas de pragas e doenças em culturas biológicas. As pragas podem ser seres **vertebrados**, tais como **coelhos, pombos e corvos**, ou **invertebrados**, como **insetos** (por exemplo, escaravelhos, moscas, besouros, lagartas), **gastrópodes** (lesmas e caracóis), **nemátodes e ácaros** (Figura 8).

¹ Monda - arranque de ervas nocivas às sementeiras ou plantações



Fig. 8. Pragas e doenças

Em agricultura biológica, os **meios de luta são, muitas vezes, semelhantes** para pragas ou doenças.

Os meios de luta utilizados contra as pragas e doenças são:

- **Legislativos** – medidas reguladoras para controlar e reduzir a disseminação de insetos e agentes patogénicos
- **Genéticos** – melhoramento ou seleção de plantas resistentes a pragas e doenças
- **Culturais** – práticas culturais que alteram o ambiente, o estado do hospedeiro ou o comportamento da praga ou doença
- **Físicos** – utilização de equipamentos ou outros métodos físicos de controlo de pragas (mobilização do solo, queima, armadilhas, etc)
- **Biológicos** – utilização de inimigos naturais das pragas (auxiliares) – insetos benéficos, organismos que causam doenças a insetos ou antagonistas de agentes patogénicos – e promoção do seu desenvolvimento natural (luta biológica clássica, largadas inundativas ou aumentativas e limitação natural ou conservação)
- **Biotécnicos** – utilização de mecanismos fisiológicos dos insetos ou seus comportamentos, que irão afetar negativamente a sua sobrevivência
- **Químicos** – utilização de pesticidas provenientes de compostos naturais

3.1. Luta legislativa

As medidas legislativas para **controlar e reduzir a disseminação de insetos, agentes patogénicos e infestantes** são implementadas pelos serviços nacionais e internacionais. Como as pessoas e as mercadorias circulam pelo mundo, diversos organismos de risco podem circular nas plantas e

materiais vegetativos. Para prevenir esta disseminação, um acordo internacional - **International Plant Protection Convention, IPPC** (<https://www.ippc.int/en/who-we-are/>) - foi estabelecido em 1952, com o objetivo de proteger a introdução de pragas, doenças e infestantes.

Através da proteção dos recursos vegetais relativamente a pragas, agentes patogénicos e infestantes, o IPPC visa:

1. **Proteger os agricultores** dos inimigos das culturas devastadores do ponto de vista económico.
2. **Proteger a biodiversidade.**
3. **Proteger o equilíbrio e viabilidade dos ecossistemas** em resultado da invasão de pragas, agentes patogénicos e infestantes.
4. **Proteger a indústria e os consumidores** dos custos de controlo ou irradicação.
5. **Facilitar o comércio** através de normas que regulam a circulação segura de plantas e materiais vegetativos.
6. **Proteger a qualidade de vida e a segurança alimentar** através da prevenção da entrada e disseminação de novas inimigos das culturas em cada país.

Com base neste acordo, a União Europeia (UE) estabeleceu regras adequadas para proteger as culturas de pragas, doenças e infestantes (organismos nocivos), que contribuem para uma produção agrícola sustentável. A **Directiva 2000/29 /CE** fornece a base para este objetivo. Esta Diretiva é apoiada por um conjunto de legislação, na forma de diretivas de controlo e medidas de emergência, que devem ser implementadas em cada um dos países membros da UE, com base em normas nacionais específicas.

Essas normas têm o objetivo de:

- **regulamentar a introdução de plantas e materiais vegetativos** dentro da UE provenientes de países externos;
- **regulamentar a circulação de plantas e materiais vegetativos** no seio da UE;
- **impor medidas de erradicação e contenção** no caso de contaminação, financiando-os;
- **imposição de obrigações aos países** fora da UE, que pretendem exportar plantas ou materiais vegetativos para os países da UE.

3.2. Luta genética

Uma das formas mais eficientes para controlar os inimigos das culturas é **através da utilização de variedades ou cultivares resistentes**.

A resistência a doenças é um dos principais objetivos do melhoramento de plantas e, sempre que possível, devem selecionar-se **variedades resistentes a doenças**. No entanto, a resistência a pragas é mais rara. Existem alguns exemplos de resistência ou resistência parcial a pragas, como por exemplo a resistência da variedade Pentland Ivory ao **nemátode de quisto da batateira**, e a variedade Sytan resistente à **mosca da cenoura**.

Um exemplo bem-sucedido de luta genética é o uso de porta-enxertos resistentes em vinhas (*Vitis vinifera*) contra as pragas como a **filoxera**, que causou a destruição maciça das vinhas europeias no século XIX. Esta destruição foi causada por um afídeo originário da América do Norte que foi transportado ao longo do oceano Atlântico no final da década de 1850. As videiras podem ser protegidas contra esta praga enxertando-as com variedades de porta-enxertos de outras espécies de videira ou híbridos resistentes (Figura 9). Muitos dos porta-enxertos utilizados para esta finalidade estão adaptados a determinados tipos e fertilidade dos solos. Podem também ser utilizados para responder a problemas da vinha como a seca, excesso de água ou salinidade. É importante que os produtores selecionem porta-enxertos:

- **resistentes** a inimigos da cultura presentes ou potenciais
- **adaptados a textura, profundidade e fertilidade** do solo
- **compatíveis com as propriedades químicas do solo** (pH, salinidade, conteúdo em limo)
- ajustados à disponibilidade antecipada de **água no solo, drenagem e rega**
- apropriados ao densidade da **vinha** e
- adaptados às características de **crescimento vegetativo e frutificação das castas a implantar**.



Fig. 9. Enxertia na vinha

3.3. Luta cultural

Frequentemente, a severidade de pragas e doenças é menor em agricultura biológica do que em agricultura convencional. Esta situação ocorre devido à **nutrição mais equilibrada** das plantas ou à existência de maior ação dos **inimigos naturais (auxiliares)**. Por outro lado, a fertilização menos intensiva a que as culturas biológicas estão sujeitas, torna-as menos apetecíveis aos inimigos da cultura, pois o **teor de matéria seca total mais elevado** e a presença de **paredes celulares mais espessas** confere às plantas maior capacidade de resistência à infeção por agentes patogénicos e às picadas de insetos.

Esta situação está relacionada com as práticas culturais adotadas, como a **rotação de culturas, enrelvamento, época de sementeira e colheita, tipo de mobilização e gestão da canópia através de intervenções em verde**.

A **rotação de culturas** é importante para controlar **pragas e doenças em agricultura biológica**. As rotações proporcionam a separação das culturas similares no tempo e no espaço (Figura 10). São fundamentais para o controlo de pragas e doenças específicas, como o **nemátode de quisto da batata**. No entanto, não são tão eficazes contra pragas generalistas, como as **lesmas**, e é improvável que tenham qualquer efeito sobre pragas migratórias, como as **aves**.



Fig. 10. Rotação de culturas – separação das culturas no tempo e espaço

É possível evitar as pragas e doenças, **através de uma cuidada calendarização das operações de sementeira e colheita**. A sementeira precoce de aveia na primavera, permite evitar os estragos provocados por larvas de moscas (*Oscinella frit*). A sementeira de cenoura pode ser adiada para que a sua emergência ocorra entre o primeiro e o segundo voo da **mosca de cenoura**. Se os cereais de inverno forem semeados tardiamente, o período de risco para doenças como o míldio é menor.

Também é possível utilizar a **mobilização** para limitar os ataques de pragas e doenças. Uma **cama de sementeira bem preparada** permite que a cultura cresça rapidamente e evite alguns problemas. Uma **boa cama de sementeira** pode reduzir a atividade de invertebrados, como lesmas ou larvas. Para além disso, **enterrar corretamente os resíduos** de culturas anteriores contribui para remover fontes de inóculo de agentes patogénicos, como a espécie *Rhynchosporium* que pode infetar as culturas de cevada subsequentes.

3.4. Luta física

Alguns invertebrados podem ser **fisicamente destruídos**. Para isso, podem utilizar-se barreiras, como **redes de plásticas finas**. Esta medida pode ser eficaz, por exemplo, para excluir a mosca da cenoura, mas só se justifica em culturas mais valiosas, como as hortícolas. Alguns dos materiais utilizados como barreiras podem promover o crescimento de infestantes e das culturas, e por isso ser necessário um esforço maior de combate às infestantes.



Fig. 11. Meios de luta física

3.5. Luta biológica

Neste ponto iremos abordar os métodos que utilizam organismos vivos para controlar os inimigos da cultura - uma estratégia denominada **luta biológica**. Várias definições para o conceito de luta

biológica têm sido propostos, mas a mais comum foi escrita apresentada por Eilenberg *et al.* (2001):

“A utilização de organismos vivos para suprimir a densidade populacional ou o impacto de um determinado inimigo da cultura, diminuindo a sua abundância e os estragos provocados”

Deste modo, a luta biológica é a utilização de um organismo vivo (incluindo os vírus) para combater um inimigo da cultura específica. Esse organismo pode ser um **predador, parasita ou patógeno**. **Estes inimigos naturais** têm enorme valor para a agricultura biológica e podem substituir a necessidade de utilização de outros meios de luta.

A utilização da luta biológica **requer muita informação básica sobre a biologia e ecologia dos inimigos das culturas** do que para a utilização de pesticidas. Para todos os tipos de luta biológica é necessário demonstrar que os inimigos naturais são eficazes no controlo das pragas, doenças ou infestantes.

As vantagens da luta biológica relativamente aos outros meios de luta incluem:

- gestão das populações de pragas **a longo prazo** (válido para conservação e introdução de novas espécies)
- **efeitos secundários reduzidos**
- atacam só **uma a poucas pragas**
- agentes que se **perpetuam no tempo**
- **sem custos directos** (válido para conservação)
- os **níveis de risco são identificados e avaliados** antes da introdução do agente

Existem três estratégias de luta biológica, claramente diferenciadas umas das outras: **limitação natural, luta biológica clássica e tratamento biológico**. Historicamente, foi dado maior ênfase à luta biológica clássica, apesar de recentemente se verificar maior esforço na utilização de largadas.

Limitação natural e conservação – “ *A modificação do ambiente ou das práticas existentes para proteger e melhorar a acção de auxiliares específicos ou de outros organismos para reduzir o efeito de pragas* ” (Eilenberg *et al.*, 2001)

As medidas de fomento da limitação natural e da conservação são uma parte importante de qualquer sistema em luta biológica. Envolve a **identificação de todos os factores que limitam a**

eficácia de um inimigo natural, em particular e a sua alteração através de **modificações ambientais que ajudem as espécies benéficas**. A conservação de auxiliares envolve, por um lado, a **redução de factores que interferem com os auxiliares** e, por outro, o fornecimento dos **recursos necessários que fomentam as populações de auxiliares**.

A limitação natural baseia-se em **populações de auxiliares que estão bem adaptadas** na zona de interesse (Figura 12). Os auxiliares podem aparecer desde o jardim de um quintal até ao campo do agricultor. Assim, a conservação é provavelmente a modalidade de luta biológica mais importante e sempre disponível para os agricultores. O método é **simples e de custo reduzido**. Com um esforço relativamente pequeno, consegue-se observar a actividade destes auxiliares. Por exemplo, crisopídeos, coccinelídeos, larvas de sirfídeos e múmias de afídeos parasitados estão quase sempre presentes nas colónias de afídeos. Moscas adultas infectadas por fungos são comuns depois de períodos de humidade elevada.



Fig. 12. Inimigos naturais de *Lobesia botrana* encontrados na região do Douro (Carlos, ADVID, 2016): (a) himenópteros parasitóides, (b) ácaros predadores (Anystidae), (c) crisopas (Chrysopidae), (d) aranhas e (e) aves.

O uso de pesticidas tem efeitos secundários nas populações de auxiliares. Quando um pesticida destrói as pragas, os auxiliares também são afectados. Eles fogem do agroecossistema ou morrem. Certas práticas culturais também podem reduzir as populações de auxiliares ou os seus habitats, por exemplo, redução de áreas não cultivadas, de margens dos campos, de áreas com infestantes, a presença de estradas, etc.; e, ainda, a mobilização do solo, instalação da cultura, fertilização, utilização de reguladores de crescimento, ou colheita, especialmente nos períodos críticos do ciclo de vida dos auxiliares.

Luta biológica clássica - “A introdução de um agente de luta biológica exótico, que normalmente co-evoluiu, que se estabelece permanentemente e controla a praga a longo prazo” (Eilenberg et al., 2001)

A luta biológica através da introdução é frequentemente utilizada contra pragas acidentalmente introduzidas em novas zonas que se estabelecem permanentemente sem estarem associadas a um complexo de inimigos naturais.

Novas pragas estão permanentemente a ser introduzidas acidentalmente ou intencionalmente. Algumas vezes, estabelecem-se na ausência de complexo de inimigos naturais. Se se tornam uma praga, a introdução dos seus inimigos naturais pode ser um método importante para reduzir os prejuízos que causam. A pesquisa de inimigos naturais adequados (parasitóides, predadores, patógenos) deve incluir principalmente organismos estreitamente relacionados com a praga, em especial aqueles que afectam a sua densidade e distribuição.

O primeiro exemplo de luta biológica clássica ocorreu no final do séc. XIX, quando se verificaram ataques de cochonilha australiana, *Icerya purchasi*, em pomares de citrinos na Califórnia. Esta cochonilha foi sucessivamente controlada com a introdução do seu inimigo natural, o coccinelídeo *Rodolia cardinalis*. Os exemplos mais famosos desta técnica na Europa são o combate ao pulgão lanigero, *Eriosoma lanigerum*, em pomares de maçãs, através da introdução de um parasitóide específico *Aphelinus mali* e à cochonilha de S. José, *Quadraspidiotus perniciosus* através da introdução do parasitóide *Prospaltella perniciosi*.

O **tratamento biológico** é um método utilizado para aumentar a população de um inimigo natural que ataca uma praga. Isto pode ser feito através da produção em massa do inimigo natural em laboratório e libertando-o para o campo no momento adequado. Estas largadas em massa podem efectuar-se em momentos específicos, quando a praga é mais susceptível e quando os inimigos naturais ainda não estão presentes, ou podem ser libertados em quantidades tão grandes que poucos indivíduos da praga escapam ao inimigo natural. As largadas aumentativas baseiam-se numa gestão humana continuada e não fornecem uma solução permanente, ao contrário do que acontece com as técnicas de conservação que podem constituir soluções permanentes. Existem duas abordagens básicas no tratamento biológico: a inoculação e a inundação.

3.6. Luta biotécnica

A **luta biotécnica** consiste na manipulação dos **mecanismos fisiológicos ou comportamentais dos** que irão afetar **negativamente a sobrevivência do organismo**. Tal inclui a gestão das pragas **em área abrangente, a confusão sexual e a captura em massa**.

A **gestão pragas em área abrangente** consiste numa abordagem coordenada, sustentável e preventiva que atinge a população da praga numa área vasta, para além da exploração do agricultor. Esta medida integra meios de luta *amigos do ambiente*, como a **esterilização de insetos**, para reduzir estragos e a necessidade de uso de pesticidas. Inclui a produção e

esterilização de insetos que são libertados numa área ampla contra uma praga específica. É, comumente, utilizada contra os dípteros e lepidópteros.

A confusão sexual envolve o uso de **feromonas sexuais para impedir que os machos encontrem as fêmeas** e acasalem. A confusão sexual tem como alvo os insetos adultos através da **interrupção do seu ciclo reprodutivo**, de a reduzir a produção de ovos e estados juvenis da praga. As feromonas são substâncias químicas produzidas pelos insetos para comunicar com outros da mesma espécie.

Os benefícios da confusão sexual são:

- **as feromonas são compostos naturais**, ao contrário de muitos pesticidas
- **apenas a praga-alvo é afetada pela** confusão sexual, sem efeitos secundários para os auxiliares ou outras espécies não alvo
- **é pouco provável que os insetos adquiram resistência** à confusão sexual, como acontece com os pesticidas frequentemente usados, pelo que a sua eficácia se mantém ano após ano
- **a confusão sexual tem como objetivo quebrar o ciclo das pragas e conseguir o seu controlo a longo prazo**

A **captura em massa** baseia-se na utilização de armadilhas, que contêm estímulos químicos (semioquímicos)² específicos para cada espécie, como feromonas sexuais ou de agregação, atrativos alimentares ou do hospedeiro. A captura em massa com armadilhas que emitem odor é uma das abordagens mais antigas para controlar reduzir pragas (Steiner, 1952). A densidade e a eficiência das armadilhas, assim como a capacidade dos atrativos, têm que ser suficientes para capturar insetos em massa e reduzir os estragos.

Muitos escolítídeos (Scolytidae: Coleoptera), que perfuram as árvores para se reproduzirem, possuem feromonas de agregação que atraem ambos os sexos; nos lepidópteros, a fêmea liberta uma feromona sexual específica da espécie que apenas atrai os machos. Assim, os mecanismos de redução da população através da captura em massa dependem do tipo de substâncias semioquímicas utilizadas.

² Semioquímico - substância ou mistura química que transporta uma mensagem dentro ou entre espécies.

As vantagens desta técnica são:

- **fácil de usar**
- **armadilhas reutilizáveis (menor desperdício)**
- **podem ser utilizados diferentes atrativos**
- permitem **reduzir o uso de pesticidas** ou torná-los desnecessários (sem intervalos de segurança nem problemas de resíduos)

3.7. Luta química - Biopesticidas

Os biopesticidas podem ser classificados em três categorias:

1. **Pesticidas microbiológicos** que consistem na utilização de um microrganismo (por exemplo, bactéria, fungo, vírus ou protozoário) como princípio ativo. Os pesticidas microbiológicos podem controlar diferentes tipos de inimigos da cultura, embora cada princípio ativo seja relativamente específico para o seu inimigo alvo. Por exemplo, existem fungos que controlam certas infestantes e outros que matam insetos específicos.
2. **Substâncias com ação pesticida produzidas por plantas que contém material genético adicionado** (*Plant-Incorporated-Protectants - PIPs*). Por exemplo, utilização do gene que codifica a proteína com ação pesticida do *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) e introdução no material genético da planta; a planta fabrica a proteína com ação pesticida que destrói a praga, sem ser necessário recorrer ao uso de *Bt*.
3. **Pesticidas bioquímicos** são substâncias naturais que controlam os inimigos das culturas por mecanismos não tóxicos. Os pesticidas convencionais são, normalmente, substâncias químicas sintetizadas que matam diretamente ou inativam a praga. Os pesticidas bioquímicos incluem substâncias como as feromonas sexuais de insetos que interferem no acasalamento, assim como extratos de plantas que atraem insetos para armadilhas.

Existe uma lista de biopesticidas permitidos em agricultura biológica. Esses produtos são, na maioria, **extratos de plantas**, com **eficácias variadas** e que na maioria **não são seletivos**. Podem existir restrições no uso de alguns desses extratos e deve procurar-se sempre aconselhamento junto da autoridade certificadora antes de os utilizar.

Tabela 1 – Exemplos de biopesticidas permitidos em agricultura biológica

Produto	Uso
Preparações à base de cobre*	Fungicida
Preparado de sabão com potassa	Inseticida

Piretrinas extraídas de plantas do género <i>Chrysanthemum</i>	Inseticida
Alho	Inseticida/Repelente de insetos
Enxofre	Inseticida/Repelente de insetos

*pode ser proibido num futuro próximo

4. Resumo

Assim termina esta sessão que aborda a proteção da cultura relativamente a infestantes, pragas e doenças em agricultura biológica, através da proteção integrada (PI). A **PI é uma estratégia da proteção das culturas que inclui três componentes: estimativa de risco, nível económico de ataque e meios de luta.**

As infestantes são o problema mais frequente em agricultura biológica e podem ser controladas por **métodos preventivos e diretos**. As pragas e doenças das culturas tendem a ser menos graves em agricultura biológica. Podem ser controlados através de diversas operações culturais, mas o primeiro passo é a rotação de culturas.

Os meios de luta disponíveis em agricultura biológica podem ser indiretos – preventivos – e diretos – reativos. Os meios de luta **legislativos, genéticos e culturais** são utilizados de forma preventiva. Os **meios de luta físicos, biológicos e biotécnicos** podem ser usados em PI, quando o **nível económico de ataque é atingido**. Os biopesticidas devem apenas ser utilizados como último recurso.

Pode aprender mais acerca da estimativa do risco, luta biotécnica e biológico, solarização do solo e biopesticidas nas sessões seguintes... e sobre as pragas, doenças e infestantes das principais culturas agrícolas em **www.greenplantprotection.pt**.

1. Introdução

A **proteção integrada (PI)** é uma modalidade de proteção das plantas em que se procede à avaliação da indispensabilidade de intervenção, através da **estimativa do risco**, do recurso a **níveis económicos de ataque** ou a modelos de desenvolvimento dos inimigos das culturas e à ponderação dos fatores de nocividade, para a tomada de decisão relativa ao uso dos meios de luta; privilegiam-se as **medidas indiretas** de luta, em especial, a limitação natural e outros mecanismos de regulação natural, e recorre-se aos meios diretos de luta quando indispensável, preferencialmente à luta cultural, **física, biológica, biotécnica** e à luta química, em última alternativa (Amaro, 2004)

Quando se abordam as pragas, doenças e infestantes, devem ser respondidas quatro questões:

1. **Qual a importância da praga? Qual? Quanto? Como?** Em proteção integrada a estimativa de risco é o primeiro passo - avaliar quantitativamente (através de diferentes métodos de amostragem) e qualitativamente (factores de nocividade) das pragas, doenças ou infestantes.
2. **A praga/ doença é tolerável?** O segundo passo deve consistir na análise da população de pragas, doenças ou infestantes e comparação com o **nível económico de ataque**, através da **avaliação dos prejuízos** e **do custo das medidas de luta** previsíveis.
3. **O que fazer?** Em terceiro lugar, é necessário fazer uma escolha racional dos meios de luta disponíveis.
4. **Quando e o que fazer?** Finalmente, decidir o que, como e quando agir – processo de tomada de decisão.

2. Estimativa do risco

A **importância do inimigo da cultura** é determinada através da avaliação quantitativa (**intensidade de ataque**) e da análise da influência dos fatores que possam contribuir para aumentar ou diminuir prejuízos (**fatores de nocividade**).

Quando se abordam as pragas, doenças e infestantes é importante conhecer:

- ...o que fazem
- ...o que comem
- ...onde estão

2.1. Métodos de amostragem

São diversos os **métodos de amostragem** utilizados na **estimativa do risco** quantitativa, dependendo do inimigo e da cultura em causa (Tabela 1). Os métodos podem ser:

- **Diretos:** recolhem-se dados quantitativos a partir da observação direta de um certo número de órgãos vegetais;
- **Indiretos:** baseados na captura de inimigos e auxiliares através de dispositivos apropriados.

Tabela 1. Métodos de amostragem utilizados na estimativa do risco quantitativa

Técnica			Exemplos de aplicação			
			Cultura	Pragas	Doenças	Infestantes
Directas	observação visual		tomate	mosquinha-branca		a maioria
			maceira	afídeos	estenfiliose	
			vinha	ácaros	oidio	
Indirectas	técnica das pancadas		diversas	pragas e auxiliares	-	-
	armadilhas	interceção (armadilhas cromotópicas)	hortícolas	mosca-da-couve	-	-
			fruteiras	mosca-da-cerejeira	-	-
			vinha	cigarrinha verde	-	-
		atração (armadilhas sexuais, alimentares, cromotópicas)	fruteiras	bichado	-	-
			hortícolas	nóctua-da-couve	-	-
			vinha	traça	-	-
	aspirador		fruteiras	afídeos	-	-
			arvenses	afídeos	-	-
	cintas armadilha		fruteiras	bichado	-	-
			hortícolas	mosca da couve	-	-
	armadilhas de queda ou <i>pit-fall</i>		diversas	artropodes do solo	-	-
	bait-lâminas		diversas	fauna do solo	-	-
	modelos de previsão		tomate	lagarta-do-tomate	mildio	-
			vinha	traça-da-uva	mildio	-
			maceira	bichado	pedrado	-

Os métodos de amostragem permitem estimar as **densidades das espécies** presentes (organismos nocivos e auxiliares) e os períodos de risco de prejuízos para as culturas

Devem ser aplicados de forma aleatória em percursos alternados, ao longo da parcela (Figura 1).



Fig. 1. Aplicação dos métodos de estimativa de risco de forma aleatória

Todos os métodos devem ser **simples, precisos, de baixo custo, rápidos e fiáveis**.

2.1.1. Métodos diretos

a. Observação visual

A observação visual consiste na observação de um número de unidades (folhas, insetos, sintomas....) que constituem a amostra. Devem ser representativas da parcela ou unidade cultural homogénea.

Por exemplo, para a **lagarta-do-tomate, *Helicoverpa armigera*** deve observar-se 5 plantas inteiras por cada 100 m², e procurar ovos, lagartas, excrementos húmidos, folhas e/ou frutos recentemente atacados (Figura 2).

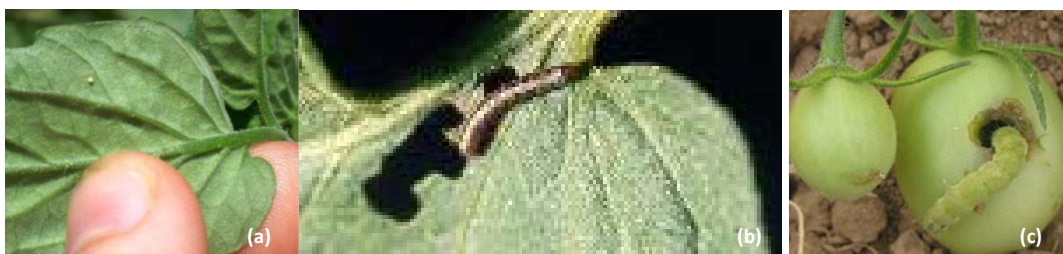


Fig. 2. Lagarta-do-tomate, *Helicoverpa armigera*: (a) ovos, (b) folhas e (c) frutos atacados recentemente

Deve-se também procurar e quantificar os auxiliares presentes. Por exemplo: parasitóides de lagartas, sirfídios e crisopídeos.

2.1.2. Indirect methods

a. Técnica das pancadas

Esta técnica de monitorização consiste na utilização de um saco de bater (Figura 3a) e na realização de batidas com um bastão em ramos selecionados, recolhendo-se o material para num frasco colocado na extremidade do saco. O material é depois observado e contado em laboratório.

Por exemplo, para avaliar as populações do **pulgão lanígero**, *Eriosoma lanigerum*, o agricultor deve executar uma pancada seca em dois ramos de 50 árvores ao acaso e contar o número de indivíduos capturados.

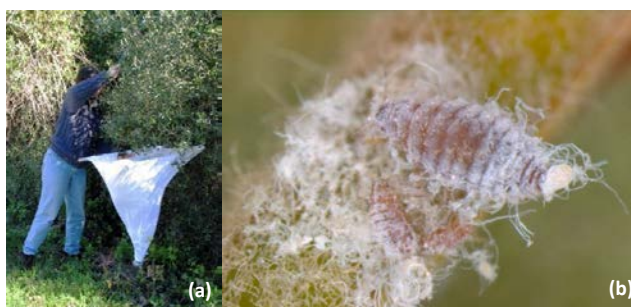


Fig. 3. (a) Batidas em ramos com um bastão e (b) contagem do material, como o pulgão-lanígero, capturado

Os agricultores devem procurar e quantificar a presença dos auxiliares. Por exemplo: antocorídeos, coccínélídeos e crisopídeos.

b. Aspiração

A aspiração é um método indireto de captura de insetos, através de dispositivos que os aspiram. É um método pouco seletivo.

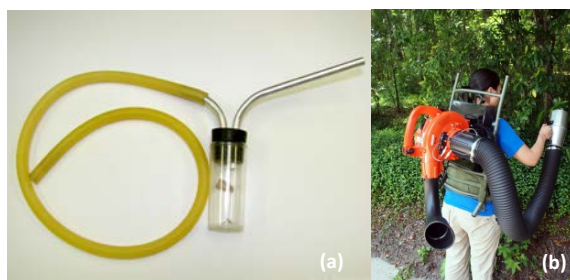


Fig. 4. (a) Aspirador manual e (b) mecânico

c. Armadilhas

A estimativa do risco utiliza-se diferentes tipos de armadilhas:

- **armadilhas de intercepção** – dispositivos que capturam insetos acidentalmente, pouco seletivos.
- **armadilhas de atração** – dispositivos que capturam insetos baseados na resposta a estímulos de luz, cor, alimento ou acasalamento, que têm caráter seletivo

As armadilhas fornecem **informação** sobre:

- época de atividade das espécies
- ciclo de vida das espécies
- densidade populacional das espécies
- distribuição das espécies na parcela

Algumas das armadilhas mais comuns são: **placas cromotrópicas** e **armadilhas solares** que atraem insetos pela cor, **armadilhas easy** e **copos tephri** que atraem os insetos através de alimento e armadilhas **tipo delta** que utilizam **feromonas** para atrair os insetos (Figura 5).

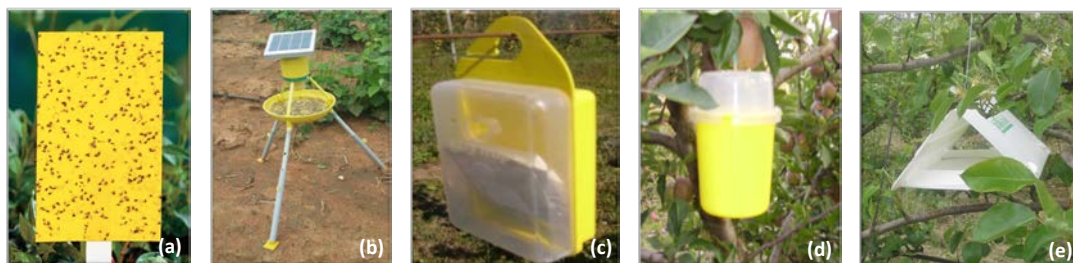


Fig. 4. (a) Placas cromotrópicas, (b) armadilhas solares, (c) armadilhas easy, (d) copos tephri e (e) armadilhas tipo delta

d. Cinta armadilha

É um **dispositivo em cartão canelado** ou outros materiais, colocados nos troncos das árvores ou colo da planta, para capturar larvas que se deslocam, normalmente, em busca de refúgio para hibernar. Este método é utilizado por exemplo, para o **bichado-da-fruta, *Cydia pomonella***, através da colocação de cintas em cartão canelado opaco para capturar lagartas enquanto procuram um lugar para pupar. Após a captura é necessário contar o número de indivíduos capturados e colocar em insetário ou manga de postura, para determinar a data de início da eclosão dos ovos e os primeiros adultos (Figura 5).



Fig. 5. (a) Cartão canelado num tronco de uma árvore, (b) contagem do número de insetos capturados (pupas) e (c) e colocação em insetário ou manga de postura, para determinar a data de início da eclosão dos ovos e os primeiros adultos

e. *Pit-fall* ou armadilha de queda

Para monitorizar os artrópodes do solo, ou outros animais com hábitos terrestres, utilizam-se **recipientes de plástico (ou outro material) enterrados** ao nível do solo e contendo uma substância líquida (detergente, álcool ou formol, entre outros) que irá matar e conservar os artrópodes capturados (Figura 6). Os artrópodes ou outros animais são conservados e identificados em laboratório.



Fig. 6. (a) Recipiente de plástico enterrado ao nível do solo contendo uma substância líquida, (b) artrópodes ou outros seres vivos são conservados e (c) identificados

f. Bait-lamina test

A atividade biológica do solo pode ser monitorizada através da avaliação da **atividade alimentar da fauna** do solo. Esta técnica consiste na inserção no solo de uma tira com 16 alvéolos de plástico (Figura 7) cheios de material orgânico, do qual a fauna do solo se vai alimentar. A porção de alimento consumido é proporcional à atividade biológica do solo. A atividade da fauna do solo é determinada com base no número de orifícios que **ficam vazios ao fim de 14 dias**.



Fig. 7. Bait lâminas

2.2. Fatores de nocividade e períodos de risco

A estimativa do risco quantitativa deve ser sempre acompanhada por uma avaliação dos **fatores de nocividade** que podem influenciar as pragas e doenças e dos **períodos de risco – estimativa do risco qualitativa**.

1. **Fatores de nocividade** - fatores que podem influenciar, positiva ou negativamente, a evolução das populações dos inimigos das culturas (pragas, doenças e infestantes).
 - histórico da parcela ou cultura
 - fatores abióticos: humidade relativa, temperatura
 - fatores bióticos: presença de auxiliares, existência de abrigo ou alimento alternativo
 - fatores culturais: enrelvamento, densidade da cultura
 - aspetos técnicos e económicos: meios de luta utilizados, valor da colheita.
2. **Períodos de risco** – período de tempo de maior probabilidade de ocorrência de níveis populacionais acima dos níveis económicos de ataque, durante o ciclo cultural, e para cada inimigo da cultura.

Como a **estimativa do risco quantitativa** é muito exigente em tempo, **deve restringir-se apenas aos períodos de risco**.

2.3. Modelos de previsão

São **modelos matemáticos**, baseados em condições ambientais diretamente relacionados com o desenvolvimento do inimigo da cultura, nas características do ciclo biológico da espécie em causa e da cultura, e por vezes em fatores de nocividade que podem influenciar positiva ou negativamente o desenvolvimento da praga ou doença.

Estes modelos são normalmente utilizados para pelos **serviços de avisos** que informam os agricultores sobre o risco de ataque dos inimigos das culturas.

Por exemplo, para o **bichado-da-fruta (*Cydia pomonella*)**, é utilizado um modelo de graus-dia (um grau dia corresponde a uma temperatura média diária um grau acima da temperatura limiar) (Figura 8) desde um ponto inicial que ajuda a prever a emergência dos adultos. Este modelo é utilizado com base no somatório das temperaturas médias diárias superiores ao zero de desenvolvimento da praga (10°C). É possível determinar a emergência dos adultos do **bichado-da-fruta**, que ocorre por volta dos 90°C de temperatura média acumulada acima dos 10°C. As posturas iniciam-se quando as temperaturas crepusculares são superiores a 15°C e a humidade relativa é igual ou superior a 65%, normalmente entre as 18-22 horas.

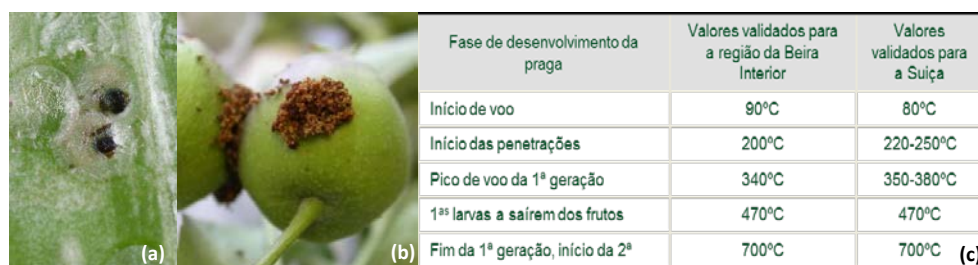


Fig. 8. Bichado-da-fruta: (a) ovos e (b) orifícios da fruta, e (c) temperatura média acumulada para diferentes estádios do ciclo de vida em Portugal (Beira Interior)

5. Nível económico de ataque

Para responder à questão se o nível da praga/doença é aceitável, os agricultores biológicos deve comparar os resultados da estimativa de risco com o **nível económico de ataque - densidade máxima a que deve ser tomada decisão de intervenção para impedir que o inimigo da cultura cause prejuízo.**

Em PI, o **nível económico de ataque** é a **densidade de um inimigo da cultura em que a utilização de um meio de luta assegurará retorno económico.** Um nível económico de ataque é o nível da população de inimigo da cultura ou a extensão dos estragos, no qual o valor da colheita destruída excede o custo do controlo do inimigo da cultura (Figura 9).

Alguns **fatores de risco** – fatores que influenciam o custo do tratamento – devem ser considerados para avaliar a **necessidade de tratamento.**

Os níveis económicos de ataque podem não ser perfeitos, mas ajudar a evitar erros dispendiosos – isto é, a pagar mais para controlar um problema do que o valor que seria perdido se não se realizasse nenhuma intervenção. Ao impedir a aplicação desnecessária de pesticidas, o nível económico de ataque ajuda a poupar dinheiro ao produtor e a minimizar os efeitos ambientais.

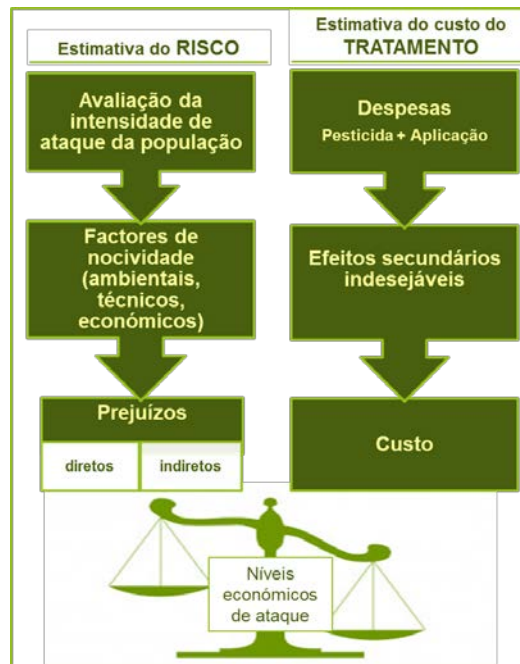


Fig. 9. Níveis económicos de ataque - um equilíbrio entre a intensidade das pragas, doenças ou infestantes e o custo dos métodos de controlo a adotar, tendo em conta os fatores de risco

6. Modelo concetual para a tomada de decisão

Supondo que é necessário intervir (que se atingiu o nível económico de ataque), devem analisar-se as diversas opções de luta disponíveis.

O agricultor não pode dar-se ao luxo de utilizar um meio de luta sem avaliar se ele é economicamente viável. Combater um inimigo da cultura desnecessariamente não contribui para o lucro da exploração. Outros custos, como os custos sociais e ambientais (por exemplo, poluição de fontes de água, destino das embalagens, intoxicações de trabalhadores, etc) são fatores importantes na tomada de decisão de proteção da cultura.

Qualquer prática de gestão possui custos e benefícios. A tomada de decisão deve constantemente equilibrar os custos e benefícios da implementação de uma prática. Antes de colocar e adotar um meio de luta, deve avaliar-se os custos e benefícios e, depois, ir acompanhando o processo e reexaminando esse balanço (Figura 10). Exemplos de custos associados à proteção da cultura são:

- custo do produto (por exemplo, do pesticida)
- combustível (para o funcionamento do equipamento de aplicação)
- mão de obra (para operar o equipamento)

- opções de mercado (restrições de mercados estrangeiros [variedades transgênicas, etc], intervalos de pré colheita, restrições ao pastoreio, etc)
- estragos provocados por pragas secundárias: por vezes, pesticidas mal aplicados podem eliminar auxiliares e o resultado pode ser um aumento das populações de pragas não alvo. Um exemplo é o uso de inseticidas piretróides para combater uma praga, que frequentemente origina o aumento das populações de ácaros pela destruição da fauna auxiliar.



Fig. 10. Processo de tomada de decisão em proteção integrada

Os métodos de protecção de culturas referidos na sessão anterior devem ser considerados, se disponíveis. **Os meios de luta legislativos, genéticos e culturais** podem ser usados de modo preventivo. A luta **física, biológica e biotécnica** podem ser usadas em PI, quando **o nível económico de ataque é atingido**. Os biopesticidas devem apenas ser usados como último recurso.

7. Como preparar a monitorização e a estimativa avaliação do risco da exploração

1. Elaborar um mapa cronológico dos inimigos da cultura e auxiliares com base nas campanhas anteriores ou com base na informação recolhida se está a iniciar a atividade (Figura 11).
2. Atribuir o estatuto de inimigo chave quando tenham ocorrido prejuízos e se sabe que é provável que haja necessidade de intervir para diminuir o ataque
3. Visitar a cultura periodicamente e definir uma metodologia adequada para estimar a presença de inimigos da cultura e auxiliares
4. Registar a ocorrência (presença de indivíduos ou sintomas de ataque, presença de fauna auxiliar) em ficha própria para o efeito (Figura 12)
5. Diagnosticar a causa a partir dos sintomas e identificar os inimigos da cultura e auxiliares envolvidos

6. Atribuir um valor que demonstre a dimensão da ocorrência e distribuição na parcela e comparar com os níveis económicos de ataque conhecidos
7. Tomar a decisão de “intervir” ou “não intervir”

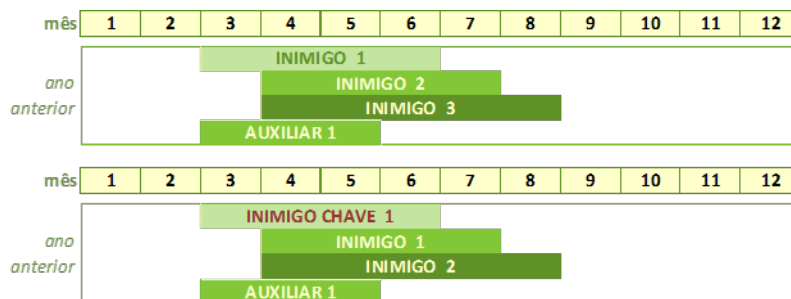


Fig. 11. Mapa cronológico das pragas, doenças e auxiliares

FICHA DE REGISTO DA OCORRÊNCIA DE INIMIGOS DA CULTURA E AUXILIARES

Cultura		Parcela				Data de observação				
Estado fenológico ou semana antes da colheita		PRAGAS E DOENÇAS				FAUNA AUXILIAR				
AMOSTRA (PLANTA)		INIMIGO CHAVE 1	INIMIGO CHAVE 2	INIMIGO 3	INIMIGO 4	AUXILIAR 1	AUXILIAR 2	AUXILIAR 3	AUXILIAR 4	OUTRAS OBSERVAÇÕES
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA										
TOMADA DE DECISÃO (SIM/NÃO)										

Fig. 11. Ficha de registo para pragas e doenças e auxiliares


8. Resumo

Nesta sessão, aprendeu sobre os métodos de estimativa de risco que devem ser utilizados pelos agricultores biológicos no processo de tomada de decisão de proteção das culturas.

A **protecção integrada das culturas (PI)** é uma estratégia de protecção das culturas baseado em três componentes: **estimativa de risco**, **nível económico de ataque** ou modelos de previsão e **tomada de decisão** (decisão sobre a necessidade e os meios de luta a utilizar); o agricultor deve considerar todos os meios de luta disponíveis, dando preferência à luta **cultural, biológica, física e biotécnica** e utilizando os biopesticidas como um último recurso.

O processo de **tomada de decisão** depende da avaliação **quantitativa e qualitativa** de pragas, doenças e infestantes, comparando com o **nível económico de ataque** e avaliando o **valor dos**

prejuízos *versus* os custos dos meios de luta. A escolha racional dos meios de luta e como e quando utilizá-los são, também, fatores importantes a considerar.

 <p>www.econewfarmers.eu</p>	<p>Módulo 3 – Culturas e itinerários técnicos</p> <p>Sessão 8.2 – Biodiversidade funcional e infraestruturas ecológicas</p>
--	--

1. Introdução

Nesta sessão irá aprender sobre **biodiversidade funcional** e **serviços do ecossistema**, mas também como as **infraestruturas ecológicas** podem contribuir para a luta biológica.

2. Biodiversidade e serviços dos ecossistemas

A **biodiversidade** desempenha um papel relevante na provisão dos serviços dos ecossistemas, incluindo aqueles que são essenciais para uma produção agrícola sustentável. A conservação da **biodiversidade** é crucial para manter ou aumentar a sustentabilidade e a estabilidade dos sistemas agrícolas, enquanto ao mesmo tempo a agricultura deve fornecer **alimentos e biomassa**, mantendo a atividade económica dos agricultores, mas também uma série de outros serviços, incluindo um **ambiente saudável e seguro**, a **conservação da biodiversidade**, a **manutenção e gestão da paisagem**, incluindo valores recreativos e estéticos.

Estes serviços têm um valor utilitário para o funcionamento do ecossistema, como a **reciclagem de nutrientes**, **proteção** e o **enriquecimento dos solos**, **retenção de água**, **purificação da água e ar**, **polinização** e **regulação da abundância de organismos indesejáveis**. Estes serviços estão incluídos nos chamados serviços do ecossistema.

O que são os **serviços dos ecossistemas**? Os **serviços dos ecossistemas** são os **benefícios proporcionados pelos ecossistemas** que contribuem para tornar a vida humana possível e com qualidade.

Estes **serviços** podem ser agrupados em quatro grandes categorias: aprovisionamento, como a produção de alimentos e água; regulação, como o controlo do clima e doenças; suporte, como os ciclos de nutrientes e a polinização das culturas; e cultural, como os benefícios espirituais e recreativos.

Alguns exemplos de cada categoria de serviços dos ecossistemas são:

- **aprovisionamento** - alimentos, matérias-primas, água doce, recursos medicinais e genéticos
- **regulação** - clima local e qualidade do ar, sequestro e armazenamento de carbono, moderação dos eventos extremos, tratamento de águas residuais, prevenção contra a erosão, manutenção da fertilidade do solo, polinização, limitação natural
- **suporte** - ciclo de nutrientes, habitats, diversidade genética, formação do solo
- **cultura** - lazer e saúde física e mental, turismo, estética e inspiração para a cultura, arte e design, experiência espiritual, sentimento de lugar

Ao promover um certo tipo de biodiversidade funcional é possível melhorar os **processos ecológicos** que prestam serviços essenciais, tais como a *ativação da biologia do solo*, a *reciclagem de nutrientes* e a *regulação das pragas* através da ação de artrópodes e antagonistas benéficos.

3. Biodiversidade funcional

A **biodiversidade funcional** é constituída pelo conjunto de elementos da biodiversidade presentes no ecossistema agrícola, que fornecem serviços do ecossistema que suportam a produção agrícola e podem trazer benefícios para o ambiente e para o público em geral. O uso inteligente destes serviços pode tornar a agricultura mais sustentável e reduzir a aplicação de *inputs* químicos.

Embora a biodiversidade funcional seja composta por organismos que não são especificamente introduzidos pelos agricultores e que podem aparecer nos ecossistemas circundantes, a sua diversidade e abundância é fortemente influenciada pela gestão dos sistemas agrícolas (Figura 1). Portanto, a **adoção de práticas agrícolas adequadas** e o **planeamento do ecossistema agrícola** podem desempenhar um papel crucial no reforço da biodiversidade funcional. A presença de **infraestruturas ecológicas** nas explorações constitui uma das ferramentas mais importantes para utilizar de forma completa os serviços da biodiversidade funcional.



Fig. 1. Biodiversidade funcional: artrópodes que trabalham a favor da proteção das culturas e da polinização

4. Infraestruturas ecológicas

As infraestruturas ecológicas são elementos da paisagem geridos extensivamente, como por exemplo **sebes, pastagens seminaturais, pomares adultos, bordaduras das florestas**, bem como as **margens de flores selvagens, pousio, bordaduras, margens de linhas de água**. As infraestruturas ecológicas dependem da utilização do capital natural e compreendem elementos da paisagem, ecossistemas, processos e funções ecológicas e conectividade ecológica.

Qualquer infraestrutura (por exemplo, **restos florestais, pastagens, bordaduras com vegetação e muros de pedra naturais** - Figura 2) na propriedade ou num raio de cerca de 150 m aumenta a biodiversidade funcional.



Fig. 2. Bordaduras com vegetação natural

De acordo com as normas da Organização Internacional de Luta Biológica (OILB), pelo menos 5% da totalidade da área das explorações (excluindo a floresta) devem de ser identificadas e geridas como infraestruturas ecológicas, sem a introdução de pesticidas e fertilizantes, com o intuito de aumentar a biodiversidade botânica e faunística. Idealmente, a área total das infraestruturas ecológicas deve chegar aos 10%.

As infraestruturas ecológicas asseguram a presença de diferentes auxiliares através de: **abrigo, locais de hibernação, presas/ hospedeiros alternativos, fonte de alimento** (por exemplo, néctar, pólen, melada), **habitat para a sua dispersão** (muitos artrópodes têm pouca mobilidade).

Os **locais de abrigo e hibernação** dos auxiliares chave desempenham um papel importante. A sua distância crítica ao terreno e o complexo de pragas depende da mobilidade do auxiliar em causa.

As **fontes alternativas de presas/hospedeiros** e de **alimento** para os auxiliares adultos são pré-requisitos essenciais para a sobrevivência e reprodução da fauna auxiliar. As plantas com flores são de especial importância para os parasitóides. Essas plantas devem estar tão próximas da

exploração quanto possível, pois atraem auxiliares da vizinhança e fornecem uma base de alimento contínua.

A fauna auxiliar necessita de habitats na proximidade da parcela, para que possam ter alguma influência sobre a densidade das pragas. No que diz respeito ao tipo e proximidade do habitat, os requisitos dependem geralmente do tipo de espécies antagonistas. Os requisitos podem ser preenchidos através do estabelecimento e manutenção das infraestruturas ecológicas importantes, tanto no exterior (mas nas proximidades) do terreno agrícola (como sebes, linhas de flores selvagens e pastagens pouco densas) ou de preferência, se as circunstâncias assim o permitirem, dentro do terreno a curta distância (por exemplo, linhas de flores selvagens, margens com infestantes, enrelvamento com espécies diversas).

Recentemente, o papel da biodiversidade funcional na proteção das culturas ganhou importância, através do seu papel da regulação dos inimigos da cultura pela ação de auxiliares (**predadores e parasitóides**).

Alguns exemplos de infraestruturas ecológicas:

- **habitats permanentes** – florestas e restos florestais, pomares tradicionais e áreas ruderais
- **habitats temporários** - amontoados de pedras ou madeira, muros de pedra, corredores com plantas, margens húmidas
- **corredores ecológicos** - enrelvamento, arbustos, rios, caminhos rurais

Os **habitats permanentes**, tais como restos de floresta, **umentam a biodiversidade funcional**, a **conetividade ecológica**, fornecem **habitat**, melhoram a **qualidade do ar** e **reduzem a erosão do solo**. Os **habitats temporários** também reduzem a **erosão do solo**, aumentam a **quantidade de água, qualidade do ar** e fertilidade do solo, e **facilitam a proteção da cultura**, ao **proporcionar habitat para artrópodes auxiliares**.

5. Caso de estudo: importância das infraestruturas ecológicas na Região Demarcada do Douro (ECOVITIS, ADVID, 2015)

Projetos de investigação recentes revelaram que as **árvores velhas, pilha de pedras e de madeira e flores de espécies autóctones** constituem **infraestruturas ecológicas** importantes que

contribuem para o equilíbrio do ecossistema, reduzindo a necessidade de adotar outros métodos de controlo de pragas, em vinhas da Região Demarcada do Douro.

Nesta região, as árvores velhas servem de abrigo para o mamífero *Nyctalus leisleri* e para as aves *Dendrocopos major* e *Athene noctua*. O sapo *Bufo bufo*, o mamífero *Erinaceus Europeus* e a ave *Troglodytes troglodytes* são frequentemente encontrados em pedras e pilhas de madeira. Diversas espécies vegetais autóctones são fonte de alimento e abrigo para insetos benéficos: os trevos contribuem para aumentar a fertilidade do solo e muitas vezes são procurados por insetos benéficos como as joaninhas; flores da espécie *Daucus carota* apresentam nectários expostos, e são procurados por muitos insetos auxiliares que também se alimentam de néctar e a sua inflorescência é um local comum para reprodução, hibernação ou para facilitar a captura de presas por estes auxiliares.



Fig. 3. (a) *Nyctalus leisleri* e (b) *Dendrocopos major* abrigado numa árvore velha; (c) *Bufo bufo* e (d) *Erinaceus europeus* encontrado em pilhas de pedra e madeira e (e) trevos e (f) *Daucus carota* que fornecem alimento e habitat para a reprodução, hibernação ou como armadilha para os artrópodes auxiliares capturarem presas

6. Resumo

As **infraestruturas ecológicas** são uma das ferramentas mais importantes para promover os **serviços ecológicos** e a **biodiversidade funcional**. Com a promoção da biodiversidade, vários serviços ecológicos irão beneficiar a produção agrícola: **reciclagem de nutrientes, proteção da cultura, clima e água, conservação do solo, armazenamento de carbono**, entre outros.

Idealmente, as infraestruturas ecológicas devem ocupar **entre 5% a 15% dos terrenos agrícolas**. As infraestruturas ecológicas fornecem **abrigo, néctar, presas e hospedeiros alternativos (alimento) e pólen** para os insetos benéficos.



Lifelong Learning Programme

www.econewfarmers.eu



Módulo 3 – Culturas e itinerários técnicos

Sessão 8.3 – Casos de sucesso em luta biológica

1. Introdução

Nesta sessão irá aprender mais sobre a **luta biológica** e como este meio de luta pode contribuir para o controlo de pragas em agricultura biológica.

São apresentados diversos **casos de sucesso** para ilustrar como a luta biológica pode ser considerada uma solução privilegiada contra pragas, doenças e infestantes.

1.1. Luta biológica

A luta biológica tem como objetivo a redução das populações das pragas, doenças e infestantes, através da ação de organismos antagonistas naturais, nativos ou introduzidos – parasitas, parasitóides e predadores (Amaro, 2003) e pode ser considerada uma alternativa viável ao uso de pesticidas.

1.1.1. Agentes de luta biológica

Os organismos naturais utilizados na luta biológica incluem parasitóides, predadores e parasitas:

- **predador:** organismo que captura a presa e a mata para se alimentar de imediato; as larvas ou ninfas são muito móveis e os adultos podem ter hábitos alimentares semelhantes ou alimentar-se de pólen e néctar
- **parasitóide:** organismo que vive, total ou parcialmente, dentro (endoparasitóide) ou fora (ectoparasitóide) do organismo hospedeiro e causa a sua morte no final do seu desenvolvimento; em adultos têm vida livre e alimentam-se de substâncias açucaradas ou têm hábitos predadores
- **parasita:** organismo que vive à custa do hospedeiro durante todo o ciclo de vida; enfraquece o hospedeiro que fica incapaz de se reproduzir e pode causar a sua morte

Os **predadores invertebrados** são comuns nas ordens Coleoptera, Neuroptera, Hymenoptera, Diptera (Tabela 1), Hemiptera e Odonata, mas mais de metade de todos os predadores são da ordem Coleoptera. As famílias, desta ordem, mais importantes em luta biológica são Coccinellidae e Carabidae. Outros artrópodes auxiliares são os ácaros predadores e aranhas.

Adultos e fases imaturas são mais vezes generalistas do que especialistas. Consomem um grande número de presas (adultos ou estados imaturos) durante o seu tempo de vida e são normalmente maiores dos que as suas presas. Alguns adultos alimentam-se de pólen, se não tiverem presas à sua disposição.

Os predadores invertebrados capturam activamente as suas presas utilizando diferentes métodos. Alguns predadores móveis têm muito boa visão, como escaravelhos do solo (Carabidae) e aranhas-saltadoras (Salticidae) e perseguem com eficácia as suas presas. Outros, com pior visão, usam uma combinação da visão com sinais químicos para encontrar as presas.

Tabela 1. Exemplos de predadores

Auxiliar		Inimigo a combater/ cultura
Ordem	Espécie	
Coleoptera	<i>Coccinella septempunctata</i>	afídeos/citrinos
	<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	cochonilhas/citrinos
	<i>Harmonia axyridis</i>	
	<i>Stethorus punctillum</i>	ácaros/várias
Heteroptera	<i>Dicyphus cerasti</i>	generalista/hortícolas
	<i>Dicyphus tamanini</i>	generalista/hortícolas
	<i>Orius albidipennis</i>	tripes/hortícolas
	<i>Orius laevigatus</i>	
	<i>Orius insidiosus</i>	
	<i>Macrolophus caliginosus</i>	generalista/hortícolas
Neuroptera	<i>Chrysoperla carnea</i>	afídeos/várias
Diptera	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	

Os predadores vertebrados (especialmente aves, como o faisão comum, *Phasianus colchicus*) são mais conhecidos do público do que a maioria dos predadores invertebrados. No entanto, a utilização de vertebrados em luta biológica caiu em desuso; a acção dos predadores vertebrados é muito imprevisível.

Os predadores usados especificamente em luta biológica são:

- **ácaros predadores** (Ordem Acari) - que desempenham um papel importante na luta biológica em pomares (especialmente, *Typhlodromus pyri*) e estufas (por exemplo, *Phytoseiulus persimilis*) ao alimentarem-se de ácaros fitófagos e tripes
- **percevejos** (Ordem Hemiptera) - normalmente predadores generalistas (por exemplo, *Orius spp.*), cujos estados imaturos e adultos se alimentam de ovos, formas imaturas e adultos de uma grande diversidade de insectos e ácaros
- **joaninhas** (Ordem Coleoptera, família Coccinellidae) - adultos e larvas alimentam-se dos corpos macios das suas presas, especialmente afídeos, mas também moscas brancas, ácaros e cochonilhas
- **crisopas** (Ordem Neuroptera) – os adultos de crisopas podem ser predadores, alimentarem-se de pólen ou não se alimentarem; as larvas preferem alimentar-se de afídeos e outros pequenos insectos e ácaros
- **dípteros** (Ordem Diptera) - principalmente sirfídeos (família Syrphidae), moscas (família Chamaemyiidae) e mosquitos predadores (família Cecidomyiidae); enquanto os adultos se alimentam de pólen, néctar ou não se alimentam, as larvas são predadoras

Pertencendo aos predadores invertebrados que **contribuem naturalmente para a luta biológica**, podem referir-se louva-a-deus (Ordem Mantodea), escaravelhos do solo (Ordem Coleoptera, família Carabidae), formigas (Ordem Hymenoptera, família Formicidae) e aranhas (Ordem Araneae).

Parasitóides são organismos que vivem dentro (endoparasitas) ou sobre (ectoparasitas) outros organismos (Tabela 2). O termo parasitóide refere-se especificamente a insetos que parasitam outros insetos quando são imaturos (estados larvares) mas que têm vida livre no estado adulto. Os parasitóides são “parasitas” somente enquanto no estado larvar (alguns parasitóides podem também matar pragas ao alimentarem-se diretamente de ovos ou larvas do hospedeiro). Os parasitóides são normalmente mais pequenos do que os hospedeiros onde se desenvolvem e, vulgarmente, só atacam um estado específico de desenvolvimento do hospedeiro (ovo/larva/ninfa/pupa/adulto). Diferentes espécies de parasitóides podem atacar diferentes fases dos ciclos de vida da praga. Assim, *Trichogramma spp.*, que atacam os ovos de determinada espécie de inseto, são conhecidos como parasitóides de ovos; Braconidae como *Cotesia glomerata* atacam larvas são parasitóides de larvas; e assim por diante para parasitóides de adultos ou ninfas. As larvas de parasitóides matam os seus hospedeiros próximo do final do seu desenvolvimento larvar. Os adultos têm vida livre e alimentam-se, normalmente, de pólen, néctar, mel ou mesmo dos fluidos corporais do seu hospedeiro. Os parasitóides têm, normalmente, diversos hábitos de vida e são, também eles, parasitados por hiperparasitas.

Tabela 2. Exemplos de parasitóides

Auxiliar		Inimigo a combater/ cultura
Ordem	Espécie	
Hymenoptera	<i>Aphidius colemani</i>	afídeos/hortícolas
	<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	
	<i>Dacnusa sibirica</i>	larvas mineiras/ hortícolas
	<i>Diglyphus iasea</i>	
	<i>Encarsia formosa</i>	mosquinhas brancas/ várias
	<i>Eretmocerus mundus</i>	
	<i>Amitus fuscipennis</i>	
	<i>Leptomastix dactylopii</i>	cochonilhas/citrinos
	<i>Hyposoter didimator</i>	
	<i>Cotesia kasak</i>	lagartas/várias
	<i>Telenomus laeviceps</i>	
	<i>Trichogramma evanescens</i>	

As fases imaturas das pragas, quando parasitadas, podem apresentar coloração diferente. Por exemplo, estados imaturos de mosca branca parasitados pela vespa *Encarsia formosa* (Encyrtidae) são escuras ou pretas numa fase avançada do parasitismo em vez da cor amarelada ou creme das larvas saudáveis. Diversos afídeos são hospedeiros de espécies da subfamília Aphidiinae (Braconidae), como *Aphidius spp.* e de outros da família Aphelinidae (Chalcidoidea). Afídeos parasitados, denominados "múmias de afídeos", parecem inchados, castanhos e endurecidos. Os adultos roem uma abertura redonda no abdómen para emergir. Parasitóides himenópteros são normalmente conhecidos como pequenas como vespas parasitóides.

Os parasitóides específicos para cada hospedeiro são considerados organismos mais adequados em luta biológica. Muitos estão disponíveis comercialmente, com guias detalhados sobre a sua forma de utilização.

Um **parasita** é um **patogénio** que provoca uma doença noutro organismo (Tabela 3). Os patogénios incluem bactérias, viroses, fungos e nemátodes. Os patogénios representam uma das

três principais categorias de auxiliares utilizados em luta biológica. A maioria dos entomopatogénios (patogénios que parasitam insetos) são relativamente específicos de certos grupos de insetos e certas fases do seu ciclo de vida. Ao contrário dos inseticidas químicos, estes entomopatogénios podem demorar mais alguns dias a matar ou a debilitar a praga alvo. Apesar de matarem, reduzem a sua capacidade de reprodução e crescimento, e encurtam o seu ciclo de vida, a sua ação depende das condições ambientais e da abundância do hospedeiro. O nível de controlo por agentes entomopatogénicos que ocorrem naturalmente é imprevisível.

Tabela 3. Exemplos de parasitas

Auxiliar		Inimigo a combater/ cultura	Forma de atuação
Grupo	Espécie		
Microorganismos	Bactéria	<i>Bacillus thuringiensis</i>	lagartas/várias
		<i>Bacillus subtilis</i>	larvas mineiras/várias
		<i>Streptomyces avermitilis</i>	larvas mineiras, ácaros/várias
	Fungo	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Ostrinia nubilalis</i>
		<i>Metharhizium anisopliae</i>	coleópteros, lepidópteros
		<i>Verticillium lecanii</i>	mosquinha-branca
	Nemátode	<i>Steinernema feltiae</i>	insetos de solo
		<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	<i>Papillia japonica</i>

Os microorganismos entomopatogénios (fungos, bactérias ou vírus) e os seus produtos metabólicos ajudam a reduzir as populações de pragas. A espécie *Bacillus thuringiensis* (Bt) é uma **bactéria** parasita que vive no solo. Pode ser aplicada nas folhas ou noutras partes das plantas para controlar as larvas e adultos de lepidópteros

As **viroses** são agentes naturais de regulação muito eficazes contra pragas e doenças. Existem seis grupos principais de vírus de insetos, mas só três são suficientemente diferentes das viroses humanas para poder ser considerado seguro o seu uso: vírus da poliedrose nuclear (NPV), vírus da granulose (GV) e vírus da poliedrose citoplasmática (CPV). Estes vírus produzem um corpo de oclusão, uma estrutura que protege partículas de vírus ou viriões. O corpo de oclusão é resistente às pressões ambientais e pode ser considerado como análogo ao esporo de uma bactéria.

Diferentes estirpes de NPV e GV ocorrem naturalmente e estão presentes em diversas populações de insetos, em níveis baixos. A ocorrência de epizootias pode, ocasionalmente, destruir populações de algumas espécies de insetos, principalmente quando o número de indivíduos é elevado.

Os vírus de insectos precisam de ser consumidos para causar infeção. Invadem o corpo do inseto através do sistema digestivo e replicam-se nos diversos tecidos causando a disrupção de processos fisiológicos do inseto, interferindo na alimentação, postura e locomoção.

Algumas espécies de insetos são particularmente suscetíveis a infeções por **fungos entomopatogénicos** que ocorrem naturalmente. Os fungos entomopatogénicos com maior potencial para luta biológica são Deuteromycetes (fungos imperfeitos), nomeadamente as

espécies do género *Beauveria*, *Metarhizium*, *Verticilium*, *Nomuraea* e *Hirsutella*. Estes fungos são quase sempre específicos de cada espécie de inseto. O desenvolvimento dos fungos é favorecido pelas condições de humidade, mas também apresentam formas de resistência que mantêm o potencial de infeção mesmo em condições de secura. Os fungos têm um potencial considerável para causar epizootias e podem espalhar-se rapidamente por populações de insetos e causar o seu colapso. Os fungos entomopatogénicos não precisam de ser consumidos pelos insetos, porque penetram no seu corpo através da cutícula, podem causar infeção e por sucção destruir afídeos e moscas brancas que não são suscetíveis a bactérias e vírus. Os fungos proliferam no sangue do hospedeiro e invadem os seus órgãos um pouco antes da morte do hospedeiro ou matam o inseto mais rapidamente, possivelmente através de toxinas que produzem. Geralmente, demora alguns dias para que a infeção por fungos mate o hospedeiro.

Finalmente, os **nemátodes entomopatogénicos** das famílias Steinernematidae e Heterorhabditidae conseguem matar os seus hospedeiros em relativamente pouco tempo. Os nemátodes têm a capacidade de pesquisar hospedeiros. O estado infecioso do nemátode (terceiro estado larvar) consegue detectar o seu hospedeiro em resposta a estímulos químicos e físicos. Quando o hospedeiro é localizado, os nemátodes penetram no corpo do inseto, normalmente através de aberturas naturais (boca, ânus, espiráculos) ou zonas onde a cutícula é fina. O terceiro estado larvar infetado transporta uma bactéria simbiótica no sistema digestivo que, depois de invadir o hospedeiro, liberta a bactéria (*Xenorhabdus* para steinernematídeos, *Photorhabdus* para heterorhabditídeos). A bactéria é responsável pela morte do hospedeiro em 2-3 dias. Os nemátodes alimentam-se da bactéria, liquefazem-na e passam ao estado adulto. Gerações sucessivas de nemátodes continuam a desenvolver-se no mesmo cadáver e as larvas infectadas emergem quando a densidade de nemátodes é alta e os nutrientes disponíveis são escassos.

As espécies mais importantes são *Steinernema carpocapsae* contra Lepidoptera e Coleoptera (Curculionidae e Chrysomelidae) e *S. feltiae* contra espécies da ordem Diptera, *Heterorhabditis bacteriophora* contra Lepidoptera e Coleoptera e *Phasmorhabditis hermaphrodita* contra lesmas e caracóis.

1.1.2. Luta biológica

Como referido, a luta biológica é a utilização, pelo Homem, de um organismo específico (incluindo vírus) para controlar determinada praga. Existem três estratégias de luta biológica:

- **Luta biológica clássica** – introdução e manutenção dos inimigos naturais provenientes de outros locais para controlar pragas, com o objetivo de atingir um equilíbrio entre os inimigos naturais e as pragas
- **Tratamento biológico** – aumento das populações de inimigos naturais que estão em menor número no ecossistema. O objetivo consiste em controlar os inimigos das culturas através de largadas inoculativas e inundativas
- **Limitação natural ou conservação** – os inimigos naturais que existem no ecossistema são capazes de controlar e manter as populações de pragas abaixo do nível económico de ataque

2. Exemplos de sucesso de luta biológica

2.1. O caso da cochonilha-dos-citrinos, no século XIX

Um dos maiores casos de sucesso da luta biológica clássica foi o controlo da cochonilha dos citrinos, *Icerya purchasi* (Figura 1a), através da introdução de um predador, a joaninha *Rodolia cardinalis* (Figura 1b).

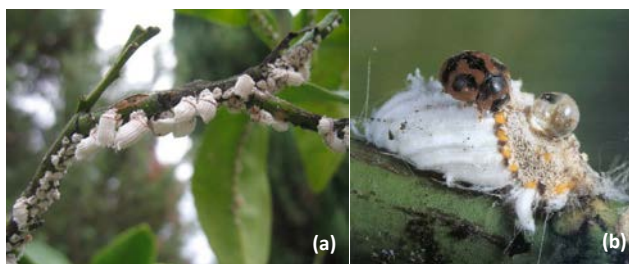


Fig.1. (a) Praga - *Icerya purchasi* e (b) o predador - *Rodolia cardinalis*

Esta cochonilha é aparentemente nativa da Austrália e surgiu na Califórnia através da introdução das Acácias entre 1868 ou 1869 e, durante dez anos, causou estragos nos pomares de citrinos no Sul da Califórnia.

A cochonilha-dos-citrinos pode ser facilmente distinguida de outras espécies de cochonilhas. As fêmeas adultas (que são hermafroditas) têm o corpo vermelho-alaranjado, amarelo ou castanho, parcialmente ou totalmente coberto com uma cera amarelada ou branca. A característica mais notável é a presença de um grande saco de ovos com pregas, que é frequentemente 2,5 vezes maior que o corpo. O saco contém cerca de 1000 ovos vermelhos.

Dependendo da temperatura, a emergência dos ovos ocorre de alguns dias a dois meses. As ninfas eclodidas têm cor vermelho-brilhante, antenas pretas e patas finas de cor castanha. As ninfas podem ser transportadas pelo vento para novos locais, rastejar para as plantas vizinhas e, possivelmente, ser transportadas por outros animais. Os machos são raros. São alados com corpo vermelho-escuro e antenas de cor escura.

A cochonilha-dos-citrinos causa estragos severos nas árvores e viveiros. As árvores afetadas apresentam diminuição da vitalidade, queda de frutos e desfoliação. A maioria dos estragos provocados nas folhas, devido à sua alimentação, é provocada nos estados imaturos. As folhas afetadas apresentam linhas ao longo das nervuras e também nos ramos mais finos. As ninfas mais velhas continuam a alimentar-se, mas migram para os ramos maiores e os adultos permanecem nas pernas maiores ou no tronco. Esta cochonilha raramente é encontrada nos frutos. Estragos adicionais podem resultar da acumulação de fumagina devido à melada extretada pela cochonilha.

As largadas de *R. Cardinalis*, entre 1888-1889, originaram uma importante redução das populações de *I. purchasi* e salvaram a cultura dos citrinos na Europa e nos Estados Unidos.

Este tipo de fidelidade, como o de *R. Cardinalis* pela cochonilha-algodão, possui duas vantagens em luta biológica clássica: (1) permite obter resultados seguros, pois não ameaça espécies não

alvo que não são fontes de alimento adequado e (2) origina elevados níveis de supressão da população, pois assegura que a pressão alimentar e reprodutiva sobre a praga alvo, uma vez que o *R. cardinalis* é incapaz de atacar e se alimentar de outras espécies.

2.2. Utilização de *Trichogramma* no controlo da *Helicoverpa armigera* no século XX

A espécie *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma das pragas mais graves do mundo. *H. armigera* é uma praga-chave¹ devido a diversos fatores, como capacidade migratória, elevada fecundidade, diapausa² facultativa e polifagia.

A praga causa estragos elevados pois prefere alimentar-se dos órgãos da planta mais ricos em azoto como as estruturas reprodutivas e extremidades em crescimento. O controlo de *H. armigera* é difícil e em muitas culturas depende fortemente do uso de inseticidas. Este aspeto conduziu a elevados níveis de resistência.

A luta biológica, cultural e genética (resistência ao hospedeiro) constituem meios de luta alternativos em proteção integrada. A possibilidade de luta biológica contra *H. armigera* através da conservação e aumento da população dos inimigos naturais é um exemplo de sucesso, através do aumento da atividade *Trichogramma spp* presentes no ecossistema ou da sua largada.

Os *Trichogramma* são pequenas vespas que medem cerca de 0,5 mm de comprimento (Figura 2b). A fêmea adulta deposita os ovos dentro dos ovos da lagarta. Os ovos de *Trichogramma* eclodem dentro dos ovos e permanecem dentro da lagarta até atingir a fase adulta.

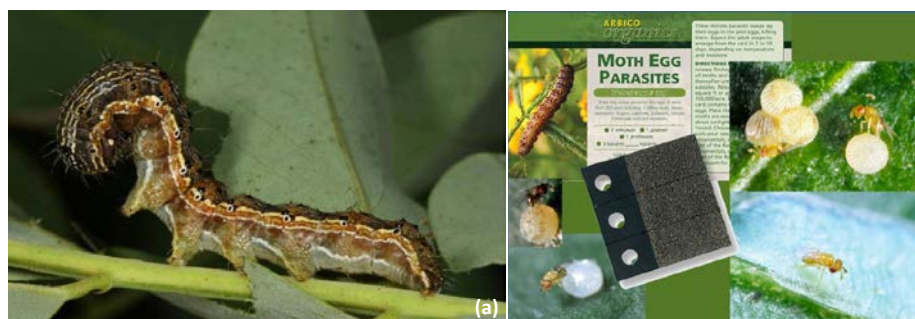


Fig.2. (a) Praga - *Helicoverpa armigera* e (b) o parasitóide – *Trichogramma spp.*

2.3. O controlo dos lepidópteros com *Bacillus thuringiensis*

O entomopatogénio mais usado em luta biológica é uma bactéria do solo do tipo bastonete, o *Bacillus thuringiensis* (Bt). O Bt encontra-se em todo o mundo, em plantas, insetos e no solo, sobrevivendo livremente no ambiente na forma de esporos resistentes. Só raramente causam episódios de epizootias em populações de insetos em condições naturais. No entanto, o Bt

¹ Praga chave - praga, com caráter permanente, cuja densidade da população ultrapassa normalmente o nível económico de ataque.

² Diapausa – estado de suspensão, ou de redução, do desenvolvimento de um organismo em resposta a condições ambientais adversas de natureza periódica ou recorrente

consegue controlar numerosas espécies de insetos mastigadores, particularmente lagartas de lepidópteros com pH alcalino na primeira parte do intestino. Tem sido utilizado extensivamente para combater pragas numa grande variedade de habitats e pode ser utilizado em todas as fruteiras, culturas arvenses e hortícolas. O Bt é fotorreativo, com um **período de vida útil de alguns dias e só eficaz quando ingerido pelo inseto**, onde actua como um veneno. Os insectos que se alimentam de folhas onde foi aplicado Bt morrem de fome ou infeções. Os insectos são mais sensíveis ao Bt **durante os primeiros instares** (estados larvares).

Existem diversas estirpes (subespécies) de Bt, cada uma delas com toxicidade específica para tipos particulares de insetos: *B. t. kurstaki* e *B. t. azaiwai* são usados contra lagartas de lepidópteros; *B. t. israelensis* é eficiente contra larvas de dípteros e *B. t. tenebrionis* é activo contra larvas de coleópteros.

2.4. O papel dos fitoseídeos na limitação natural no século XXI

Os fitoseídeos são predadores de ácaros (em particular, tetraniquídeos), que se encontram na folhagem durante o período vegetativo e no solo ou ritidoma durante o Inverno.

Na Região Demarcada do Douro (Portugal), a presença natural de fitoseídeos é um importante fator de controlo de ácaros da vinha (Tabela 4). A espécie *Kampimodromus aberrans* é mais abundante nas vinhas a Norte do Douro e surge naturalmente em vinhas com baixa pressão de pesticidas, enquanto a Sul e em locais húmidos domina a espécie *Typhlodromus pyri*.

Tabela 4. Espécies de fitoseídeos com importância na limitação natural de ácaros fitófagos da vinha (Gonçalves *et al.*, 2013)

Espécie de fitoseídeo	Praga			
	acariose-do-nó-curto <i>Calepitrimerus vitis</i>	aranhiço-amarelo <i>Tetranychus urticae</i>	aranhiço-vermelho <i>Panonychus ulmi</i>	Erinose <i>Colomerus vitis</i>
<i>Amblyseius andersoni</i>	X		X	X
<i>Euseius stipulatus</i>			X	
<i>Kampimodromus aberrans</i>	X	X	X	X
<i>Phytoseius plumifer</i>			X	X
<i>Typhlodromus phialatus</i>		X	X	
<i>Typhlodromus pyri</i>	X	X	X	x
<i>Typhlodromus rhenanoides</i>		X	x	

3. Outras histórias de sucesso

3.1. Joanhinha-de-sete-pintas, *Coccinella septempunctata*

Um pouco de história

A *Coccinella septempunctata* foi a primeira espécie a ser utilizada em luta biológica. Atualmente é produzida em bioindústrias para ser utilizadas em tratamentos biológicos. Apesar da sua grande utilidade, encontra-se em risco pelo uso de pesticidas na agricultura.

Esta espécie hiberna amontoada em grandes aglomerados, para se proteger do frio. No inverno, migra para zonas montanhosas longínquas, onde permanece em diapausa, e regressa para áreas cultivadas, na primavera.

É uma espécie predadora de afídeos, que consome, pelo menos, 60 afídeos por dia. Encontra-se em todo o tipo de culturas e pode alimentar-se de ninfas, adultos de afídeos e outros insetos fitófagos.

Caracterização morfológica

Esta joaninha tem corpo oval, com 7 a 8 mm de comprimento, sete manchas pretas sob fundo vermelho e uma mancha branca, de cada lado da cabeça. Possui asas membranosas muito desenvolvidas, que a ajudam a voar e que estão ocultas pelos élitros³, de cor vermelha. Tem seis patas muito curtas. Possui antenas, para sentir cheiro e sabor. Os ovos são ovais, de cor de laranja e medem cerca de 1 mm. As larvas são negras e parecem pequenos lagartos, com 3 pares de patas proeminentes e medem 7 - 8 mm.

Ciclo de vida

A joaninha-das-sete-pintas apresenta duas gerações por ano e passa o Inverno em diapausa (Figura 3). Uma fêmea faz posturas de 200 e 1000 ovos, que depositam em grupos, e que eclodem em 2 a 5 dias, consoante a temperatura. As larvas consomem todos os ovos que não tenham eclodido em seu redor, após o que dispersam para procurar alimento. A larva passa por 4 instares, num processo que dura 3 a 6 semanas. O estado de pupa dura entre 7 a 10 dias após o que o adulto emerge. As joaninhas recém-emergidas apresentam cor amarelada. As manchas surgem algumas horas depois.

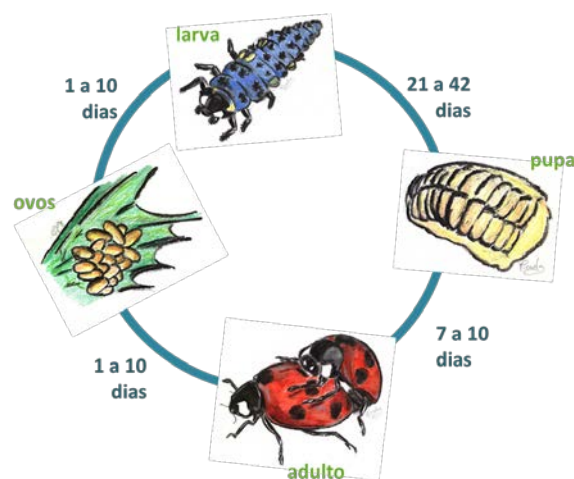


Fig.3. Ciclo de vida da joaninha-das-sete-pintas

³ Élitros - asas anteriores modificadas por endurecimento, de certas ordens de insetos (Coleoptera)

3.2. O sirfídio *Episyrphus balteatus* (Diptera, Syrphidae)

Um pouco de história

A espécie *Episyrphus balteatus* foi identificada por De Geer em 1776. Pertence à ordem Diptera e família Syrphidae, distribuída por todo o Mundo. *E. balteatus* é inofensivo, apesar de mimetizar um inseto perigoso, a vespa solitária. Os adultos podem ser encontrados ao longo de todo o ano em vários habitats, em flores com néctar e pólen.

Os indivíduos adultos alimentam-se de pólen e néctar. É uma das poucas espécies de moscas capazes de esmagar grãos de pólen e de se alimentar deles. São agentes polinizadores. As larvas são predadoras de afídeos, que agarram, perfuram o corpo com a armadura bucal e aspiram o seu conteúdo, libertando depois a múmia. Cada larva consome mais de 200 afídeos durante o seu desenvolvimento. Quando o alimento é escasso, podem ter comportamento canibal, alimentando-se de larvas jovens da própria espécie.

Caracterização morfológica

Os adultos são pequenos (9-12 mm). A parte superior do abdómen apresenta um padrão com riscas pretas e laranjas, com riscas pretas secundárias na terceira e quarta secção dorsal e riscos longitudinais acinzentados no tórax. Os machos podem ser facilmente identificados pelos olhos holópticos (que se tocam na linha dorsal média da cabeça). As larvas têm o dorso achatado, não possuem patas, são esbranquiçadas ou translúcidas. A sua estrutura interna, os elementos lípidos brancos, os túbulos cor de laranja e órgãos internos escuros são claramente visíveis.

Ciclo de vida

Depois de acasalar, as fêmeas fazem as posturas em pequenos grupos de ovos sobre as plantas (Figura 4). Quando a larva está pronta para se transformar em pupa, a sua cutícula endurece e forma um casulo. O seu ciclo de vida completa-se num mês.

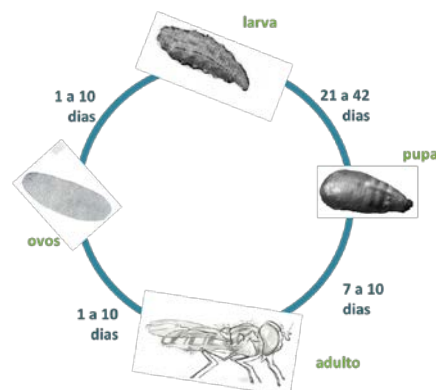


Fig.6. Ciclo de vida do sirfídio *Episyrphus balteatus*

2.3. O parasitóide da pirale-do-milho, *Macrocentrus grandii*

Um pouco de história

Macrocentrus grandii (Figura 5) é um himenóptero parasitóide da família Braconidae, que tem como hospedeiro a pirale-do-milho. Foi uma das três exóticas que se conseguiram estabelecer na América do Norte, das 26 espécies introduzidas em 1926. Esta vespa foi inicialmente libertada em Massachusetts e tornou-se o parasitóide dominante na zona Este, sobrepondo-se a *Lydella thompsoni* e *Eriborus terebrans*, duas outras espécies que aí se estabeleceram. As populações destas vespas decaíram na década de 60, o que afetou a cultura de milho desta região.



Fig.5. Adulto de *Macrocentrus grandii*

Este parasitóide é utilizado em luta biológica contra a pirale-do-milho (*Ostrinia nubilalis*) e consegue parasitar mais de 50% da pirale-do-milho existente.

Caracterização morfológica

As vespas adultas têm cerca de 5 mm de comprimento. A sua cabeça é preta e têm um corpo castanho-amarelado. O ovipositor da fêmea é mais comprido que o resto do corpo.

Ciclo de vida

Após um período de pré-oviposição de 3 dias, a fêmea deposita os ovos, isoladamente, nas lagartas da pirale-do-milho. Os túneis larvais com fezes e teias são muito atraentes para estas vespas. A fêmea levanta a parte terminal do abdómen e sonda a área em que a pirale se está a alimentar. O ovipositor é inserido, através do material vegetal, na pirale, com a bainha do ovipositor a movimentar-se para cima e para baixo. As fêmeas depositam 200 a 300 ovos. Cada ovo origina 15 a 25 embriões. Na primeira geração da pirale-do-milho, os ovos do parasitóide eclodem em poucos dias, mas na segunda geração permanecem por eclodir na lagarta hibernante até à primavera seguinte. As larvas, presentes nas lagartas hibernantes, eclodem no início de abril e alimentam-se internamente durante três instares. Após a terceira muda, a larva de *Macrocentrus* emerge da pirale e alimenta-se externamente até a esvaziar. De seguida, constrói um casulo de seda castanho-claro, formando um corpo alongado em forma de charuto. O adulto emerge no final de junho e julho para parasitar a geração seguinte.

2.4. A vespa *Muscidifurax uniraptor*

Um pouco de história

Muscidifurax uniraptor é uma das 3000 espécies da família Pteromalidae (Hymenoptera). Estas vespas foram descritas em 1910. *M. uniraptor* é uma vespa preta diminuta, pouco visível, classificada como parasitóide de diversas espécies de dípteros, como a mosca doméstica, mosca varejeira ou mosca dos estábulos. Estas moscas são vetores de diversas doenças humanas e animais e contribuem para a disseminação desses agentes patogênicos. Os parasitóides destas moscas são agentes eficazes de luta biológica pois matam a mosca antes da emergência do adulto.

M. uniraptor é um ectoparasitóide idiobionte (a fêmea paralisa o hospedeiro). A vespa adulta pica a pupa da mosca, paralisa-a e deposita um ovo. Quando o ovo eclode, a larva alimenta-se da pupa morta.

Caracterização morfológica

M. uniraptor é uma vespa minúscula, preta, com 1.7-2.5 mm de comprimento. Todo o inseto é preto, com exceção das asas que são transparentes. Os adultos voam rapidamente entre distâncias curtas com o objetivo de encontrar uma presa adequada.

O ovo é opaco, oblongo, e com cerca de 0.4 mm de comprimento. A fêmea deposita os ovos na pupa da mosca. A larva de *M. uniraptor* apresenta segmentos visíveis, opacos a esbranquiçados com dimensão entre 0.5-2.5 mm. A larva prende-se à pupa da mosca com a sua armadura bucal de modo a alimentar-se e é capaz de se movimentar por toda a pupa.

A pupa assemelha-se ao estado adulto, mas as patas e antenas dobradas e colocadas junto ao corpo. *M. uniraptor* não desenvolve uma pupa própria pois fica protegida pelo corpo da pupa parasitada, no qual se desenvolve. A cor muda de esbranquiçado a preto ao longo do desenvolvimento da pupa.

Ciclo de vida

A fêmea de *M. uniraptor* fica receptiva para acasalar e realizar posturas logo após a emergência do pupário. O processo de escolha da pupa, colocação do ovo e alimentação demora cerca de 10 - 15 minutos. Os adultos conseguem penetrar até cerca de 5 cm no estrume à procura de pupas de moscas.

Um vez encontrada a presa, a vespa fêmea irá tocar com a extremidade do abdômen na superfície do pupário e escavar um galeria, onde insere todo o seu ovipositor, espetando a pupa e matando-a. Pode então alimentar-se, usando o ovipositor para retirar hemolinfa (sangue do inseto) para a superfície da pupa. Depois de se alimentar, deposita um único ovo na superfície externa da pupa e desloca-se em busca de outra presa.


Em condições ideais, um única fêmea consegue parasitar, em média, 13 pupários de mosca por dia, num total 100 durante o seu ciclo de vida. A larva eclode do ovo em três dias e completa os três instares larvares em 10-13 dias, a que se seguem 8-12 dias no estado de pupa, com a emergência dos adultos a ocorrer três semanas após a eclosão dos ovos. Os machos emergem, usualmente, 12-48 horas antes das fêmeas. *M. raptor* pode reproduzir-se sexualmente e assexuadamente. Quando ocorre reprodução assexuada só é originada prole masculina.

4. Resumo

Em luta biológica, é importante que o agricultor **não confunda insetos com pragas** e que conheça **o que fazem, comem e onde estão**. Por exemplo, o agricultor deve conhecer o **ciclo de vida da joaninha** (Coleoptera - Coccinellidae), **o seu alimento preferencial**, e **a sua época de atividade** (Figura 6), de modo a **promover a sua sobrevivência e atividade** na exploração.



Fig.5. Ciclo de vida da joaninha (*Coleoptera - Coccinellidae*), o seu alimento preferencial, e a sua época de atividade

 <p>www.econewfarmers.eu</p>	<p>Módulo 3 – Culturas e itinerários técnicos</p> <p>Sessão 8.4 – Confusão sexual em pomares e vinhas</p>
--	---

1. Introdução

Nesta sessão irá conhecer o **método da confusão sexual** e como usá-lo em **pomares e vinhas**. A confusão sexual tornou-se disponível comercialmente no início dos anos noventa do século passado. A utilização da confusão sexual para controlar pragas chave pode ser útil na redução dos níveis de resíduos de inseticidas.

1.1. Como é que os insetos comunicam?

Intencionalmente ou não, os insetos podem comunicar entre eles e com insetos de outras espécies (comunicação interespecífica), com o objetivo de:

- **reprodução** – procurar um parceiro, corte
- **localização de fontes de recursos** - alimento, locais para nidificação
- **defesa** do território
- **camuflagem ou para imitar** outros organismos
- **identificação de membros** da mesma espécie ou para avisar outros organismos da sua presença
- **sinalizar** potenciais perigos

Como é que os insetos comunicam? Os insetos têm **diferentes formas de comunicar** (processo de transferência de informação entre dois (ou mais) indivíduos). Utilizam os cinco sentidos para adquirir informação sobre o seu meio: **audição, visão, olfato e paladar, tato (Figura 1)**.



Fig.1. Os insetos utilizam os cinco sentidos para adquirir informação sobre o seu meio: audição, visão, olfato e paladar, tato

A comunicação através do olfato e paladar baseia-se na produção e emissão de compostos semioquímicos (uma feromona ou outros químicos que transportam um sinal, de um organismo para outro, de modo a modificar o comportamento do organismo recetor) – provavelmente, o mecanismo de comunicação mais comum entre insetos. O emissor liberta substâncias químicas – semioquímicos – no meio, que são **detetadas por outros organismos**. Os insetos apresentam mais ou menos recetores especializados localizados nas antenas, patas, etc, que permitem a deteção dos semioquímicos (os insetos podem saborear e cheirar as substâncias com quase todas as partes do corpo!).

Nos últimos 60 anos, mais de 3000 semioquímicos foram identificados. Os semioquímicos podem ser **feromonas** – compostos utilizados pelos insetos para a **comunicação intraespecífica** – ou **aleloquímicos** – compostos utilizados entre indivíduos de diferentes espécies para a **comunicação interespecífica** (Figura 2).

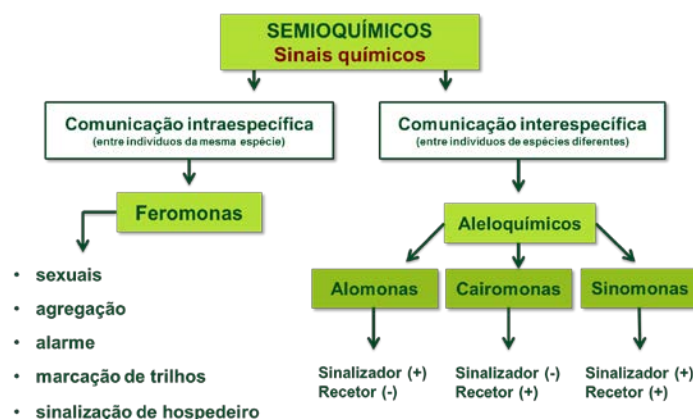


Fig.2. Semioquímicos – categorias de feromonas e aleloquímicos

As **feromonas** podem ser divididas, pelo menos, nas seguintes categorias:

- **sexuais** – auxiliam os indivíduos de determinado sexo a encontrar o sexo oposto

- **agregação** – aumentam a concentração de insetos na fonte de feromona
- **alarme** – estimulam a fuga dos insetos ou o comportamento de defesa
- **marcação de trilho** – para marcar um trilho, por exemplo, para uma fonte de alimento
- **sinalização de hospedeiro** – para marcar os limites de um território

1.2. A utilização de semioquímicos

As feromonas e os aleloquímicos são amplamente utilizados para perturbar a ecologia dos inimigos das culturas e reduzir as perdas por eles causados. Podem ser usadas em:

- **armadilhas** - monitorizar ou reduzir as populações de insetos
- **captura em massa** – agregação de insetos (ade mbos os sexos) e atração para dispositivos específicos
- **confusão sexual** – libertação de altas concentrações de feromona no ambiente para confundir os machos ou para ocultar os rastos dos chamamentos das fêmeas

1.3. Acasalamento típico dos insetos

Os semioquímicos, como as feromonas, são sinais químicos que os insetos utilizam para comunicar com outros insetos. As feromonas sexuais são libertadas pelas fêmeas para avisar os machos da sua disponibilidade para acasalar. As fêmeas emitem este sinal químico, que é dispersado pelo vento até chegar aos machos; quando estes o recebem, seguem o seu rasto até encontrar a fêmea e acasalam (Figura 3).



Fig.3. Acasalamento típico dos insetos

2. Confusão sexual

2.1. O que é a confusão sexual?

A **confusão sexual** consiste em perturbar o acasalamento através da **saturação da atmosfera** com feromonas sintéticas libertadas por dispersores **que atuam como falsas fontes**. Numa atmosfera

saturada pela feromona, o **macho fica desorientado** e não consegue localizar a fêmea, que emite feromonas em menor concentração que o dispersor. O objetivo é evitar o acasalamento, de modo que não se **formam ovos, o que irá diminuir a densidade da população**. Assim, não ocorrerão **estragos** nas áreas cobertas pela feromona. Ao reduzir a probabilidade de sucesso de acasalamento através da confusão sexual, **o nível de infestação diminui**.

A confusão sexual apresenta um tipo abordagem para o controlo de pragas que difere do uso de pesticidas. Em estratégias de proteção convencionais, utilizam-se inseticidas para atingir o indivíduo prejudicial. Em contraste, as feromonas direcionam-se para a fase reprodutiva (**o adulto**), prevenindo o desenvolvimento do estado prejudicial.

2.2. Como funciona a confusão sexual?

A libertação de quantidades suficientemente grandes de feromona sexual sintética (utilizando dispersores) para o ambiente interfere com a localização do macho de 4 formas:

- **adaptação ou habituação** – concentrações elevadas de feromona que faz com que os machos se acostumem ou inibe a capacidade de resposta
- **camuflagem ou imitação** – o nível de feromona emitido é elevado e uniforme o suficiente para mascarar o odor emitido pelas fêmeas
- **trilhos falsos** – o macho consegue sentir e responde à feromona, mas devido às inúmeras fontes de feromona, o macho perde tempo e energia a percorrer caminhos errados
- **armadilhas** – o dispersor da feromona é colocado numa armadilha, os machos respondem à feromona e são capturados

2.3. Vantagens e limitações da confusão sexual

A confusão sexual apresenta inúmeras **vantagens ecológicas e económicas**:

- as feromonas atingem os estados reprodutivos (adulto) e previnem o desenvolvimento do estado prejudicial
- as feromonas utilizadas na confusão sexual são específicas e altamente seletivas
- não são tóxicas para o Homem nem para organismos não visados e não deixam resíduos nos frutos e folhas, porque não são aplicados diretamente e porque são voláteis
- as pragas não desenvolvem mecanismos de resistência, pelo menos num período de 10 anos

- é necessário reduzir o uso de inseticidas de largo espectro de ação
- a eficiência não depende da densidade da praga, nem da forma e dimensão do terreno

A monitorização é fundamental para o sucesso da implementação e manutenção da confusão sexual e para manter as pragas secundárias sobre controlo.

Algumas **limitações** desta técnica são:

- a área mínima necessária são 10 ha
- os custos iniciais são elevados
- Em explorações com elevadas densidades da praga, o primeiro ano de aplicação requer, geralmente, a aplicação de um inseticida para reduzir a população
- devido às suas características específicas, a confusão sexual não garante proteção contra outras pragas

3. Casos de estudo

3.1. O bichado-da-fruta nos pomares de maçã de Bayfield (Fischbach, 2009)

O bichado-da-fruta (*Cydia pomonella*) é uma das três maiores pragas da macieira (Figura 4a). A fêmea adulta faz a postura dos ovos nas maçãs em desenvolvimento ou nas suas proximidades e as lagartas penetram na maçã e criam túneis (Figura 4b).



Fig.4. Bichado-da-fruta: (a) adulto e (b) estragos

Foi implementado um programa de dois passos que consistiu em:

- **Passo 1:** remoção das macieiras abandonadas para a redução da população de bichado-da-fruta
- **Passo 2:** utilização da confusão sexual para impedir a postura dos ovos

Para a confusão sexual, os emissores da feromona foram colocados ao longo do pomar e saturaram-no com a feromona. Os machos não conseguiram encontrar as fêmeas e consequentemente não houve postura dos ovos. A feromona que foi usada é específica para o bichado-da-fruta e não confunde outros lepidópteros que também utilizam feromonas.

Pouco antes da floração, os emissores foram colocados em três pomares numa densidade de 400 emissores por hectare. Os emissores são pequenos tubos que são colocados à volta das pernas ou ramos ou pendurados nas pernas. Como o acasalamento do bichado da fruta ocorre no terço superior das árvores, é importante colocar os emissores o mais alto possível.

Para monitorizar no funcionamento da confusão sexual, são penduradas armadilhas nos pomares.



Fig.5. (a) Emissores de feromonas e (b) armadilhas com feromonas para monitorizar os machos

Perto da época de colheita, o bichado-da-fruta foi monitorizado nos pomares em estudo e nenhum estrago foi encontrado nas parcelas.

3.2. Traça da uva na Região do Douro (Alves e Carlos, 2012)

A traça-da-uva, *Lobesia botrana* (Figura 6a e 6b) é considerada uma praga-chave nas vinhas em vários países do sul da Europa, onde causa prejuízos consideráveis devido aos estragos diretos que provoca e por facilitar a podridão-cinzenta (*Botrytis cinerea*) (Figura 6c).

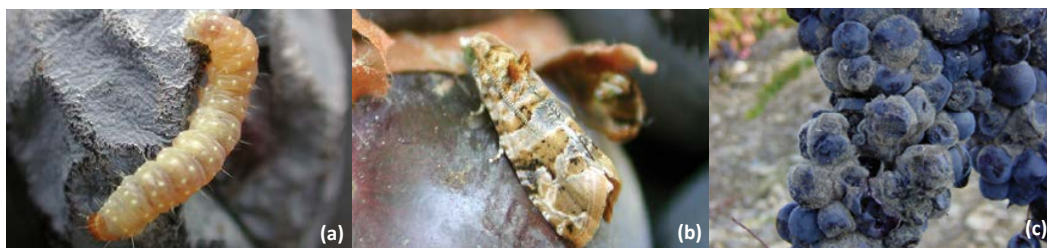


Fig.6. *Lobesia botrana*: (a) larva e (b) adulto, e (c) sintomas de *Botrytis cinerea* (Alves e Carlos, 2012)

A feromona sintética usada nas vinhas foi distribuída em dispersores que abrangem uma área média de 20 m². Os dispersores foram aplicados a uma densidade de 500 unidades por hectare,

sendo que 10 a 20% foram colocadas nas extremidades das vinhas, para prevenir a migração das fêmeas das parcelas vizinhas. Os dispersores foram colocados em grupos à altura dos cachos, sempre que possível em madeira podada, nas varas ou no tronco (Figura 7), sem serem muito apertados. Para prevenir o primeiro acasalamento, a feromona foi libertada na atmosfera quando os primeiros adultos emergiram.




Fig.7. Colocação dos dispersores à altura dos cachos, sempre que possível em madeira podada, nas varas ou no tronco (Alves and Carlos, 2012)

A aplicação consecutiva deste método ao longo dos anos ajudou a reduzir o prejuízo provocado pela praga e, atualmente, não é aplicado nenhum pesticida.

4. Resumo

A confusão sexual envolve a utilização de feromonas sexuais para prevenir que os insetos encontrem as fêmeas e acasalem. A seletividade deste método gera oportunidades de luta biotécnica contra várias espécies. É um método **não poluente** e **não deixa resíduos nas plantas** e por isso é altamente apropriada em agricultura biológica.

É necessário **monitorizar** na realização do método de confusão sexual.

 <p>www.econewfarmers.eu</p>	<p>Módulo 3 – Culturas e itinerários técnicos</p> <p>Sessão 8.5 – Solarização do solo</p>
--	---

1. Introdução

Nesta sessão irá aprender sobre alguns aspetos relacionados com este método cultural, **as suas características, aplicabilidade e efeitos diretos no controlo de infestantes, doenças e pragas**, bem como os seus **efeitos colaterais**.

1.1 História

A solarização do solo é um **método não químico** relativamente recente, que controla pragas e agentes patogénicos através da desinfeção do solo. É um método amigo do ambiente, que surgiu como uma alternativa ao brometo de metilo.

Descrito pela primeira vez em 1976 (Katan *et al.*), este método baseia-se no aquecimento do solo pela energia solar e tem sido estudado e adotado em mais de 70 países, devido à sua eficiência em controlar um grande variedade de pragas e agentes patogénicos de inúmeras culturas. Este método desencadeia e induz um conjunto de alterações químicas, físicas e biológicas no solo, para além de aumentar a temperatura.

A solarização do solo é um **método inovador, não tóxico, não poluente e eficiente contra uma grande diversidade de infestantes, doenças e pragas das culturas agrícolas**.

2. Solarização do solo

A solarização do solo é baseada na utilização da **energia solar a sua penetração através de um filme plástico transparente**, bastante fino, que se coloca à superfície do solo previamente humedecida, durante os meses mais quentes do ano. O plástico **irá aumentar a temperatura do solo para níveis letais ou subletais**, destruindo a propagação de **agentes patogénicos e infestantes**.

Quando realizada apropriadamente, os primeiros 15 cm do solo aquecerão até aos 60°C, dependendo da localização. O plástico permite capturar a radiação solar no solo, e aquecer os primeiros 30 – 45 cm de profundidade, o que promove a eliminação de diversos problemas do solo como infestantes, agentes patogénicos, nemátodes e insetos.

O efeito da solarização é **superior à superfície do solo e diminui com a profundidade**. O solo solarizado atinge uma temperatura máxima entre os 42° e 55°C a 5 cm a uma profundidade de 5 cm e entre 32° e 37°C a 45 cm de profundidade. O controlo de organismos indesejáveis do solo é geralmente melhor nos primeiros 15 cm de profundidade.

A solarização não produz resíduos químicos e é um método simples apropriado para agricultura biológica. É um método que **melhora a estrutura do solo** através do **aumento de azoto e outros nutrientes essenciais** necessários para o crescimento das culturas e controla uma vasta gama de organismos indesejados.

3. Aplicação

A solarização do solo é mais eficiente em **locais quentes e com muitas horas de sol**. É também utilizado com sucesso durante os períodos com altas temperaturas e sem nevoeiro.

As altas temperaturas do solo ocorrem quando os dias são longos, a temperatura do ar é elevada, o céu está limpo e não há vento. O efeito do aquecimento do solo não é tão efetivo em dias nublados. O vento pode dispersar o calor retido e danificar o plástico. Áreas ensombradas podem não ser adequadas para este método.

A solarização é mais eficiente quando realizada durante os meses mais quentes do ano. Na Europa, a melhor altura para realizar a solarização é desde junho a agosto, embora em países mediterrânicos se possam obter bons resultados ao realizar este método no fim de maio e no fim de setembro. O mês de julho é o momento mais aconselhado para realizar a solarização, exceto nas áreas costeiras, onde os períodos quentes e sem nevoeiro podem não ocorrer até agosto ou setembro.

Preparação do solo

Um solo suave e sem agregados é o mais aconselhado, pois o plástico vai aderir ao solo com poucas bolsas de ar. As bolsas de ar entre o plástico e o solo podem reduzir o aquecimento do solo

e promover a perda do plástico em dias com vento. A solarização pode ser efetuada em áreas planas ou em canteiros. Em áreas planas, este método é mais fácil de aplicar (por exemplo antes da instalação de relvados), mas é necessário ter algum cuidado, quando se vão preparar camalhões posteriormente, devendo evitar perturbar o solo mais do que alguns centímetros. A solarização é mais eficiente em parcelas com pouco ou nenhum declive, ou quando o declive está exposto a sul ou sudoeste. As áreas com declives expostos a norte a solarização pode não ser efetiva e não controlar os organismos indesejados.

Uma mobilização do solo a **20 ou 30 cm de profundidade** favorece o processo (Figura 1). Esta operação pode ser realizada **manual ou mecanicamente**, utilizando uma charrua. Para assegurar a homogeneidade e fragmentação do solo, é necessário triturá-lo para obter uma superfície plana e uniforme.



Fig.1. Mobilização do solo para preparar a solarização

Irrigação do solo

Um solo húmido conduz melhor o calor do que o solo seco (aumenta a **condutividade**) e torna os organismos do solo mais vulneráveis ao calor e aos microorganismos antagonistas. Para uma efetiva solarização, humedecer o **solo pelo menos até aos 30 cm de profundidade** (Figura 2). Em grandes áreas deve-se humedecer o solo antes da colocação do plástico, mas em pequenas áreas este passo também pode ser realizado após a colocação do plástico (colocar uma linha de gotejadores sob o plástico). Depois, colocar o plástico logo após o humedecimento do solo para evitar a evaporação da água. Não ser que o solo seque durante o processo de solarização, não se deve regar novamente, pois pode baixar a temperatura do solo e atrasar o processo.

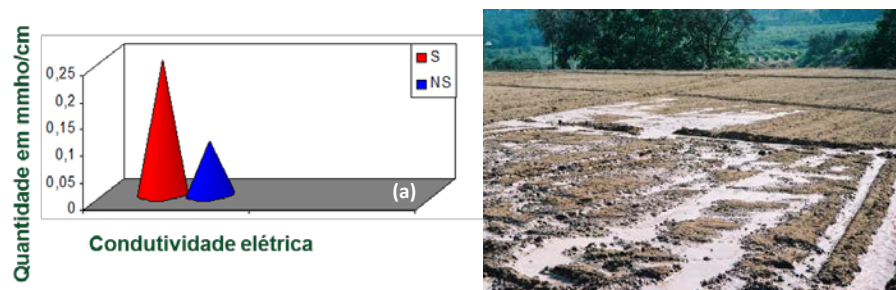


Fig.2. (a) Níveis de condutividade elétrica num solo solarizado (S) e não solarizado (NS); (b) Humedecer o solo até 30 cm de profundidade

Escolha e colocação do plástico

O plástico utilizado na solarização é, em geral, transparente ou claro. O plástico preto é menos eficiente porque absorve e reflete parte da energia solar, em vez de capturar a energia solar como acontece com o plástico transparente. Contudo, em regiões mais frias ou zonas costeiras, o plástico preto é por vezes mais eficiente que o claro, pois as infestantes não crescem debaixo do plástico preto, ao contrário do que se sucede com o plástico claro, quando as temperaturas não são suficientemente altas para as eliminar. Neste caso, o plástico preto deve ser mantido no solo por várias semanas durante a estação mais quente do ano.

Estão disponíveis plásticos de diversas espessuras:

- plástico muito fino, que fornece maior aquecimento, mas também é mais suscetível a rasgar devido à força do vento ou à presença de animais (0,025 mm)
- plástico ligeiramente mais espesso, mais resistente em zonas com mais vento (0,037 a 0,050 mm)
- plástico mais espesso pode ser utilizado se a área a tratar é pequena (0,100 mm)

Os plásticos destinados a solarização em grande escala são normalmente tratados com um inibidor ultravioleta (UV), que não permite a sua destruição pela luz solar tão rapidamente. Os plásticos devem ser monitorizados, para que sejam retirados do solo antes que se atinja um ponto de degradação que dificulte a sua remoção. Se se pretende solarizar por períodos longos, podem-se cobrir áreas mais pequenas com novo plástico. Qualquer buraco ou rasgão deve ser reparado com fita adesiva resistente.

O solo é, então, coberto com o **plástico transparente**, o mais esticado e junto ao solo possível, para evitar a presença de bolsas de ar (Figura 3a). Após a colocação do plástico é necessário a sua

fixação ao solo, e para o efeito, **enterram-se as extremidades laterais**, utilizando um **cultivador ou manualmente** (Figura 3b). Quanto mais próximo do solo for colocado o plástico, melhor será o aquecimento.



Fig.3. (a) Cobrir o solo com um plástico transparente, bem esticado e aderente à superfície do solo; (b) enterrar as extremidades laterais utilizando um cultivador ou manualmente; (c) solarização em grandes áreas

A **aplicação mecânica do plástico é possível** em grandes áreas (Figura 3c). O plástico deve permanecer à superfície do solo o máximo tempo possível. Nas regiões temperadas do norte deve permanecer no solo **desde meados de julho até meados de setembro**.

A solarização depende do clima e da temperatura. Com temperaturas mais baixas, o plástico deve permanecer no solo mais tempo para poder atingir as temperaturas desejadas. Em geral, durante a época mais quente do ano, 4 a 6 semanas de solarização são suficientes para controlar os organismos indesejáveis. Em algumas situações, como em locais frios, ventosos ou enublados, ou caso existam no solo organismos de difícil controlo, pode ser necessário manter o plástico no solo durante 6 a 8 semanas. Por outro lado, em condições de temperaturas elevadas persistentes, algumas pragas podem ser controladas em períodos de solarização mais curtos.

O objetivo é manter uma temperatura máxima diária, nos primeiros 15 cm de solo, entre 42 a 50°C. Através da utilização de um termómetro ou de uma sonda de temperatura é possível verificar a temperatura.

Pós-solarização - Remoção do plástico

Após a solarização, o plástico deve ser removido com cuidado para não perturbar o solo nem trazer à superfície sementes de infestantes viáveis. Na área solarizada, podem ser semeadas ou transplantadas culturas de outono, inverno ou pastagens. Como alternativa o plástico pode permanecer no solo, como cobertura e as plantas são plantadas em cortes abertos no plástico. O plástico claro pode ser pintado de branco ou prateado para arrefecer o solo e repelir pragas. Contudo, o plástico pode-se desintegrar durante a época de crescimento das plantas.

Se for necessário mobilizar o solo para a instalação da cultura, a mobilização deve ser superficial (menos do que 5 cm de profundidade), de modo a evitar que sementes de infestantes e outros organismos sejam transportados para a camada superficial do solo.

3. Infestantes, pragas e doenças que são controladas pela solarização

A solarização do solo controla **inúmeras infestantes anuais e perenes**. Enquanto algumas sementes de espécies infestantes ou partes de plantas são muito sensíveis à solarização, outras são moderadamente resistentes e necessitam de condições ótimas para o seu controlo (humidade do solo adequada, plástico pouco espesso e elevada radiação solar). Geralmente a solarização não controla as infestantes perenes com a mesma eficiência que as anuais, uma vez que estas atingem, muitas vezes, maiores profundidades e têm estruturas vegetativas, como raízes e rizomas, que podem regenerar.

Após a remoção do plástico, confirma-se eliminação total das seguintes espécies **infestantes**: *Amaranthus spp.*, *Anthemis arvensis*, *Chenopodium spp.*, *Chrysanthemum segetum*, *Coronopus didymus*, *Euphorbia spp.*, *Fumaria officinalis*, *Lolium spp.*, *Malva spp.*, *Medicago spp.*, *Mercurialis annua*, *Picris echinoides*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*, *Portulaca oleraceae*, *Raphanus raphanistrum*, *Rumex spp.*, *Senecio vulgaris*, *Setaria spp.*, *Solanum nigrum*, *Sonchus tenerrimus*, *Stellaria media*, *Urtica spp.*

É importante sublinhar os efeitos da solarização a longo prazo: **8 meses após a solarização** a redução de infestantes ainda é significativa.

A solarização controla muitas **fungos e bactérias do solo** incluindo os responsáveis pela *Verticillium spp.*, *Fusarium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Plasmodiophara brassicae*, *Pythium ultimum*, *Sclerotinia spp.*, *Pyrenochaeta terrestres*, *Pyrenochaeta lycopersici*, *Rhizoctonia solani* e muitas outras. Alguns fungos e bactérias toleram a solarização e, por isso, não mais difíceis de controlar.

A solarização do solo pode ser utilizada para controlar muitas espécies de **nemátodes**. A utilização da solarização para o controlo dos nemátodes é particularmente útil em agricultura biológica. Contudo, a solarização do solo nem sempre é eficiente contra nemátodes, como é contra as infestantes e doenças provocadas por fungos, pois os nemátodes são relativamente móveis e podem recolonizar rapidamente o solo e as raízes das plantas. O controlo de nemátodes é maior

nos primeiros 30 cm de solo. Os nemátodes que habitam em zonas mais profundas do solo podem sobreviver e danificar plantas com sistemas radiculares mais profundos.

Alguns estudos têm sido realizados no que respeita à eficiência da solarização no combate de **bactérias e artópodes**. Assim, foi verificado um efeito positivo contra a bactéria ***Agrobacterium tumefaciens*** e alguns **artrópodes que habitam o solo**.

Apesar da eliminação de muitos organismos nefastos do solo pela solarização, **muitos organismos benéficos** podem sobreviver ou recolonizar o solo muito rapidamente após a solarização. De entre esses organismos destacam-se os **fungos micorrízicos e fungos e bactérias entomopatogénicos** que auxiliam o seu crescimento. De facto, alguns organismos estão diretamente relacionados com o crescimento das plantas (**bactérias promotoras de crescimento de plantas - BPCP**) e **microrganismos com atividade antagonista** – colonizam de imediato as raízes e a **rizosfera das plantas em solos solarizados**, permanecendo lá em níveis mais elevados do que em solos não solarizados. O aumento das populações desses organismos benéficos pode tornar os solos solarizados mais resistentes que os solos não solarizados ou fumigados.

As minhocas geralmente deslocam-se para zonas mais profundas para assim escapar ao calor.

4. Outros benefícios

Em solos solarizados as plantas geralmente crescem mais rápido, as produções são maiores e com mais qualidade. Isto pode ser atribuído a um melhor controlo de doenças e infestantes, ao aumento de nutrientes solúveis e à presença significativa de microrganismos benéficos.

A solarização do solo também **acelera a decomposição da matéria orgânica no solo**, pelo que, em muitos casos, acresce como benefício adicional a libertação de nutrientes como azoto (NO_3^- , NH_4^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e ácido fulvico, tornando-os mais disponíveis para as plantas.

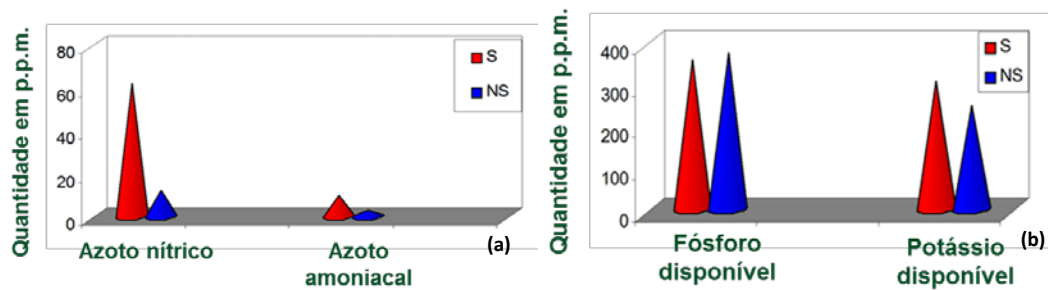


Fig.4. (a) Níveis de azoto nítrico e amoniacal e (b) níveis de fósforo e potássio disponíveis em solos solarizados (S) e não solarizados (NS)

Estudos recentes realizados em Israel, Índia e Portugal provaram que a solarização do solo **aumenta os níveis de azoto** do solo comparativamente a solos não solarizados.

A solarização também melhora as **características físicas do solo**. Um estudo **realizado em Portugal** revela que, relativamente a solos não solarizados, a solarização aumenta a **macro-agregação**, a **velocidade da percolação da água** e, **consequentemente, o aumento da permeabilidade**.

5. Resumo

A solarização do solo permite controlar **bactérias, fungos, artrópodes e infestantes**. A solarização do solo tem sido referida como **responsável pelo aumento do crescimento das plantas e produção** e melhora algumas propriedades químicas do solo. Também contribui para a **disponibilidade de alguns nutrientes**.

1. Introdução

Os biopesticidas são substâncias naturais (pesticidas bioquímicos), microrganismos (pesticidas microbianos) e substâncias pesticidas produzidas por plantas pela adição de material genético específico (proteínas incorporadas nas plantas – PIPs), que controlam **pragas, doenças e infestantes**.

2. Biopesticidas

Com base no tipo de **substância ativa**, os **biopesticidas** enquadram-se em três categorias principais: pesticidas microbianos, pesticidas vegetais e pesticidas bioquímicos.

2.1. Pesticidas microbianos

Os pesticidas microbianos têm como substância ativa **bactérias, fungos, vírus ou protozoários** (Tabela 1). Os pesticidas microbianos podem controlar diferentes tipos de inimigos das culturas, embora cada substância ativa seja relativamente específica para um inimigo alvo. Por exemplo, existem fungos que controlam certas infestantes e outros que matam insetos específicos.

Tabela 1. Biopesticidas bacterianos, inimigo(s) alvo e modo de ação

Bactérias	Categoria	Inimigo(s) alvo	Modo de ação
<i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt)	Inseticida	Lepidoptera	Sistema digestivo
<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)	Bactericida	Bactérias e fungos patogénicos como <i>Rhizoctonia</i> , <i>Fusarium</i> e <i>Aspergillus</i>	Coloniza a raiz da planta e compete com a bactéria ou fungo
<i>Bacillus sphaericus</i>	Inseticida	Larvas de mosquito	Produz dois grupos de toxinas proteicas
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Fungicida\ Bactericida	Muitos fungos, vírus e doenças bacterianas, como a bactéria <i>Pseudomonas syringae</i>	Expulsa os organismos e controla o crescimento dos agentes patogénicos
<i>Pasteuria</i> spp	Nematicida	Nemátodos endoparasitas e vermes microscópicos que se alimentam das raízes das plantas	Os esporos germinam dentro do nemátode, reproduzem-se e provocam a morte
<i>Streptomyces lydicus</i>	Fungicida	Agentes patogénicos da podridão radicular e murchidão como <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Phymatotrichum omnivorum</i> , <i>Aphanomyces</i> , <i>Monosporascus</i> , <i>Armillaria</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Gaeumannomyces</i> , <i>Postia</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Geotrichum</i> , mildio, oídio, <i>Botrytis</i> , <i>Monilinia</i> , <i>Anthracoze</i> , <i>Mycosphaerella citri</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Alternaria</i> e <i>Erwinia</i>	Coloniza as raízes das plantas, compete com os agentes patogénicos por espaço e nutrientes. Aplicações foliares resultam na colonização das partes da planta acima do solo. Pode atuar como um parasita de fungos patogénicos das plantas

Os pesticidas microbianos são formulados para serem aplicados do mesmo modo que os pesticidas: em **spray, pós, misturas líquidas, concentrados líquidos, pós molháveis ou grânulos**. A utilização de pesticidas microbianos reduz as preocupações inerentes à utilização de pesticidas de síntese, como a resistência das pragas, impacto no ambiente e saúde pública.

2.1.1. Bactérias

Os biopesticidas bacterianos têm sido utilizados para **controlar as doenças das plantas, nemátodes, insetos e infestantes**. Atualmente o biopesticida mais utilizado em todo o mundo é o *Bacillus thuringiensis* (Bt) (Figura 1), uma bactéria que ocorre naturalmente nos solos. As espécies de insetos alvo são determinadas pelo facto do Bt **produzir uma proteína que consegue ligar-se ao receptor intestinal da larva, impossibilitando que a larva se alimente, provocando assim a sua morte**. Diferentes variedades da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) produzem **diferentes tipos de proteínas**, que **conseguem matar especificamente uma ou algumas larvas de insetos**. Embora algumas variedades de Bt controlem as lagartas das traças das plantas, outras são específicas para as **larvas de moscas ou mosquitos**. **Cerca de 60 a 90% dos biopesticidas** comercializados em todo o mundo derivam do Bt.



Fig.1. *Bacillus thuringiensis* é o biopesticida mais utilizado no mundo

2.1.2. Fungos

Os biopesticidas fúngicos podem ser usados para **controlar insetos, ácaros, doenças das plantas incluindo outros fungos, nemátodes e infestantes**. Da mesma forma que as bactérias, podem competir com o patógeno alvo ou produzir tóxicos (tabela 2). Também podem atacar e parasitar os patógenos das plantas ou insetos. O *Trichoderma harzianum* é um fungo que age como fungicida para os organismos alvo *Pythium*, *Rhizoctonia* e *Fusarium*.

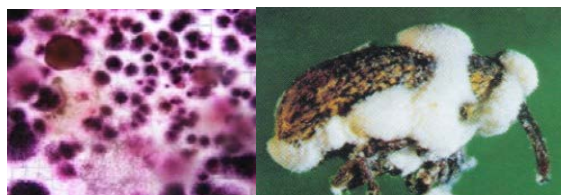


Fig.2. *Trichoderma harzianum*

Table 2. Biopesticidas fungicos, inimigo(s) alvo e modo de ação

Espécies de fungos	Categoria	Inimigo(a) alvo	Modo de ação
<i>Beauveria bassiana</i>	Inseticida	Insetos que se alimentam de folhas	Doença (muscadina branca)
<i>Trichoderma viride/harzianum</i>	Fungicida	Doenças fúngicas do solo e das sementes como a podridão radicular causada por organismos como o <i>Fusarium</i> etc.	Micoparasíticas
<i>Trichoderma</i> and <i>Paecilomyces</i>	Fungicida/ Nematocida	Fungos patogênicos do solo e nemátodos	Digere a parede celular dos patogênicos
<i>Muscador albus</i>	Biofumigante	Bactérias, doenças provenientes do solo e das sementes e pragas	Libertação de tóxicos voláteis
<i>Verticillium lecani</i>	Inseticida	Todas as espécies sugadoras como afídeos, ácaros, cicadélidos, cochonilhas, moscas brancas etc	Entrada das hifas dos fungos para o corpo dos insetos, parasitismo e esporulação e morte dos insetos em cerca de 5 a 7 dias.
<i>Beauveria bassiana</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Inseticida	Brocas, tripes, etc	Digestão pelos fungos da cutícula enzimática dos insetos, parasitismo e controle dos insetos em cerca de 5 a 7 dias
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Nematicida	Todos os tipos de nemátodo	Entrada das hifas dos fungos para o corpo dos insetos, parasitismo e esporulação e morte dos insetos em cerca de 5 a 7 dias.

2.1.3. Nemátodes

Os nemátodes são organismos incolores, alongados e sem segmentos. Muitos **são parasitas das plantas e causam sérios estragos** nas culturas e em outros tipos de plantas. Contudo, alguns são benéficos e atacam pragas (Tabela 3). Os dois principais nemátodos eficazmente utilizados como inseticida biológico são o *Steinernema spp.* e o *Heterorhabditis spp.*

Table 3. Nemátodes entomopatogênicos, inimigo(s) alvo e modo de ação

Espécies de nemátodes	Categoria	Inimigo(s) alvo	Modo de ação
<i>Steinernema glaseri</i>	Inseticida	Larvas brancas (escaravelhos, especialmente o besouro japonês, <i>Popillia</i> sp.)	Penetra nos insetos e liberta as células da sua bactéria simbiótica a partir do seu intestino
<i>S. kraussei</i>		Gorgulho preto da videira, <i>Otiorhynchus sulcatus</i>	
<i>S. carpocapsae</i>		Gorgulhos, roscas, traças, percevejos. bichado da frita, ornamentais e vegetais, arandos e broca do pessegueiro.	
<i>S. feltiae</i>		Insetos (<i>Bradysia</i> spp.), moscas, tripes ocidentais das flores	
<i>S. scapterisci</i>		Grilos (<i>Scapteriscus</i> spp.)	
<i>S. riobrave</i>		Gorgulhos das raízes dos citrinos (<i>Diaprepes</i> spp.)	
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>		Lagartas brancas (escaravelhos), roscas, gorgulho preto da videira, besouro-saltador, larva da raiz do milho	
<i>H. megidis</i>		Gorgulhos	
<i>H. indica</i>		Insetos (<i>Bradysia</i> spp.), cochonilha da raiz, larvas	
<i>H. marelatus</i>		Lagartas brancas (escaravelhos), nóctuas, gorgulho preto da videira	

2.1.4. Vírus

Baculovírus é um grande grupo de vírus de dupla cadeia de DNA que ocorre naturalmente e é um dos grupos maiores e mais diversos de vírus entomopatogênicos (Tabela 4). Os baculovírus

individuais geralmente possuem um número limitado de hospedeiros, normalmente da ordem **Lepidoptera, Hymenoptera e Coleoptera**. Os baculovírus infetam artrópodes e não se replicam em vertebrados, plantas e microrganismos. O vírus de granulose de *Cydia pomonella* (bichado-da-fruta) e o vírus da *Heliothis/Helicoverpa spp* são dois exemplos.

Tabela 4. Bacilovírus, inimigo(s) alvo e modo de ação

Bacilovírus	Categoria	Praga alvo	Modo de ação
Vírus Nucleopolihedrovirus (NPV)	Inseticida	Específico para Lepidópteros (88%), Himenópteros (6%), e Dípteros (5%)	Infeta células no intestino das larvas e lagartas
Vírus da Granulose (GV)	Inseticida	Espécie específica de Lepidópteros	Infeta células estomacais de lagartas

2.1.5. Protozoários

Os protozoários são organismos eucariontes unicelulares que habitam na água e no solo. Enquanto a maioria dos protozoários alimenta-se de bactérias e de matéria morta, **muitas espécies são parasitas de insetos**. Uma consequência importante e frequente da infecção por protozoários é a redução no número de descendentes dos insetos infetados. Embora os protozoários tenham um papel importante na limitação natural das populações de insetos, poucos podem ser utilizados no desenvolvimento de inseticidas.

Por exemplo, a espécie *Nosema locustae* é um conhecido organismo natural de controlo biológico de muitas espécies de gafanhotos e grilos presentes em pastagens. Este protozoário infeta **pelo menos 90 espécies de gafanhotos**, mas não é tóxico para os humanos e animais (Tabela 5). O *Nosema locustae* tem sido desenvolvido comercialmente e disponibilizado para o controlo de gafanhotos, atuando através da infecção e do enfraquecimento dos gafanhotos juvenis e da perturbação da capacidade reprodutora das fêmeas.

Tabela 5. Biopesticida protozoário, inimigo(s) alvo e modo de ação

Espécies de protozoário	Categoria	Inimigo(s) alvo	Modo de ação
Nosema locustae	Inseticida	Ninfas de gafanhoto e a espécie <i>Anabrus simplex</i>	Germinam e vivem nas células do tubo digestivo, na gordura corporal e eventualmente em outros tecidos. À medida que é destruído liberta esporos.

2.1.6. Leveduras

Algumas espécies de leveduras que naturalmente **habitam nas plantas** têm sido convertidas em produtos que ajudam a controlar as **perdas pós-colheita e a estimular o sistema imunitário das plantas** (Tabela 6). Por exemplo, a variedade *Candida oleophila* foi a primeira levedura a ser isolada a partir das maçãs Golden Delicious e tem sido utilizada como um biopesticida eficiente no combate da podridão pós-colheita da fruta.

Tabela 6. Biopesticidas leveduras, inimigo(s) alvo e modo de ação

Espécies de leveduras	Categoria	Inimigo(s) alvo	Modo de ação
<i>Candida oleophila</i>	Fungicida	Controlo pós colheita da podridão cinzenta (<i>Botrytis cinerea</i>) e do bolor azul (<i>Penicillium expansum</i>). Utilizado em várias fruteiras, vegetais, flores, plantas ornamentais e outras plantas.	Primariamente através da competição por nutrientes e pela pré-colonização das lesões das plantas

2.1.7. Actinomicetos

O **espinosade** é composto pelas **espinosinas A e D**, substâncias produzidas através da fermentação aeróbia das espécies de actinomicetas (Figura 3). Os actinomicetas são bactérias filamentosas encontradas no solo. O espinosade afeta diretamente o sistema nervoso, provocando a perda total do controlo motor. É um pesticida de ação rápida e eficiente no controlo pragas como os **escaravelhos, larvas, tripes, afídeos, mosca branca, cigarrinhas e gafanhotos**. O espinosade tem um grau de toxicidade relativamente baixo em mamíferos e está aprovado para agricultura biológica.

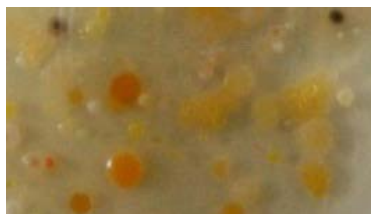


Fig. 3. Colónias de espinosade

2.2. Pesticidas bioquímicos

Os pesticidas bioquímicos são substâncias que existem naturalmente ou **substâncias com uma estrutura similar e funcionalidade idêntica às naturais**. Estas substâncias são utilizadas para controlar inimigos das culturas **através de mecanismos não tóxicos**. Os pesticidas bioquímicos incluem substâncias como os **semioquímicos** (feromonas sexuais dos insetos e kairomonas), que interferem com o acasalamento, vários extratos de plantas que atraem insetos para as armadilhas, **repelentes naturais, reguladores naturais à base de plantas e insetos, metabolitos secundários como os alcaloides, terpenóides e fenóis de diversas plantas**.

2.2.1. Botânicos

Os biopesticidas botânicos (Tabela 7) são um grupo natural importante que se extrai de **derivados de plantas** e têm sido uma alternativa à utilização de pesticidas químicos. Os biopesticidas botânicos têm **muitas vezes uma atuação lenta** quanto à proteção das culturas mas geralmente são seguros para os humanos e ambiente. Existe uma gama de pesticidas botânicos que podem

ser utilizados em agricultura biológica. Em geral, os pesticidas botânicos **atuam rapidamente, degradam-se rapidamente e têm, salvo raras exceções, baixa toxicidade para os mamíferos.**

1. Pyrethrum/Piretrinas

O pyrethrum é um pó seco proveniente da flor *Chrysanthemum cinerifolium* nativa do Kenya e Equador (Figura 4). Pyrethrum é o nome do pó proveniente da flor e as piretrinas referem-se ao nome de seis compostos inseticidas que existem naturalmente no pó da flor. O efeito tóxico das piretrinas ocorre através da **interrupção do processo de troca de iões de sódio e potássio nas fibras nervosas dos insetos e na interrupção da transmissão normal dos impulsos nervosos.** As piretrinas atuam de forma extremamente rápida e causam paralisia imediata nos insetos. São **altamente tóxicas para os peixes e abelhas e moderadamente tóxicas para as aves.** Para manter as abelhas livres de perigo devem-se pulverizar as piretrinas pela noite, após o regresso das abelhas às colmeias e evitar a pulverização das plantas em floração.

Os piretróides são compostos sintéticos muito poderosos que imitam os compostos naturais provenientes das plantas do género *Chrysanthemum*. **O uso dos piretróides não está aprovado em agricultura biológica.** É necessário evitar também qualquer piretrina com o nome "piperonyl butoxid" presente nos rótulos dos produtos. Este aditivo não está aprovado para a agricultura biológica.

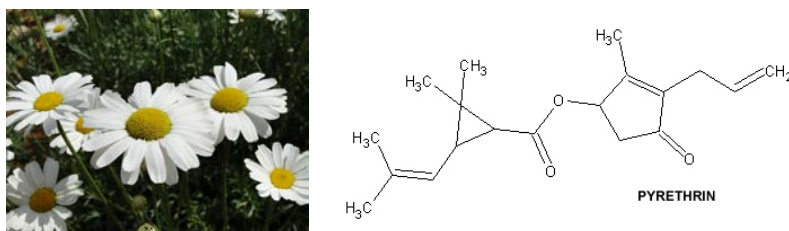


Fig. 4. *Chrysanthemum cinerifolium* e o composto natural piretrina

2. Rotenona

A rotenona é um **flavenóide inseticida** extraído das raízes das plantas do género *Lonchocarpus* presentes na América do sul e das plantas do género *Derris* presentes na Ásia. É um composto **que age por contacto e ingestão** e é particularmente eficiente **contra os escaravelhos que se alimentam de folhas e certas larvas de pragas.** É um poderoso inibidor da respiração celular, processo que converte nutrientes em energia ao nível celular. Nos insetos exerce os seus efeitos tóxicos primários nas células nervosas e musculares, **causando uma rápida cessação da alimentação.** Os insetos apresentam como sintomas de intoxicação: **diminuição do consumo de**

oxigênio, depressão respiratória e atáxia, que conduzem a convulsões e paralisia. A morte ocorre de vários a poucos dias após a exposição. A rotenona é extremamente tóxica para os peixes.

3. Sabadilha

A **sabadilla** é um composto derivado das sementes maduras de ***Schoenocaulon officinale***, uma planta de linho tropical originária da América do sul. Quando as sementes de sabadilha estão maduras, são aquecidas, ou são tratadas com alcalinos álcali, muitos inseticidas alcalóides são formados ou ativados. As sementes destas plantas apresentam altas concentrações de alcalóides que conferem as suas propriedades tóxicas. Os alcalóides da sabadilha são conhecidos como **veratrina** ou **alcalóides veratrina**. Desses alcalóides, a **cevadina** e a **veratridina** são os mais utilizados. Afeta o potencial de ação membranal das células nervosas, causando perda da função neuronal, paralisia e morte. É um **veneno de contato de amplo espectro**, sendo um veneno gástrico. É efetiva contra pragas da **ordem Hemiptera** tais como o ***Murgantia histrionica*** e o ***Anasa tristis***, difíceis de controlar com muitos outros inseticidas. **Altamente tóxica para as abelhas**, devem ser tomadas precauções para evitar a sua aplicação quando as abelhas estão presentes. Os alcalóides ativos rapidamente se degradam no ar e com a luz solar e possuem toxicidade residual.

4. Ryania

A riania é extraída a partir das raízes e ramos da planta nativa do Sul da América conhecida como ***Ryania speciosa*** (Flacourtiaceae). A madeira dos ramos é transformada em pó e é misturada com transportadores para produzir um composto ou é extraída como um líquido concentrado. Este alcaloide é efetivo como veneno gástrico e veneno por contato e impede por ação direta a contracção muscular, causando paralisia. O princípio ativo é o alcaloide rianodina. Embora não produza paralisia súbita, impede que os insetos se alimentam logo após a sua ingestão. Pode ser utilizado nos citrínos, milho, avelãs, maçãs e pêras e controla as tripes dos citrinos, ***Ostrinia nubilalis***, e o **bichado-da-fruta**. Possui atividade residual mais longa que outras substâncias botânicas e por isso é útil em situações em que os compostos degradados não sejam eficientes.

5. Neem

O neem deriva da árvore ***Azadirachta indica*** e é constituído por vários químicos, incluindo a azadiractina que afeta a função produtiva e digestiva de várias pragas importantes. O pesticida neem é elaborado a partir da destruição das sementes, seguida da mistura com água ou solventes,

tais como álcool, e por fim extração dos constituintes do pesticida. Atua como inseticida, fungicida, nematocida e bactericida. O princípio ativo, a **azadiractina** e um **tetranortriterpenóide**. Possui propriedades repelentes e esterilização de insetos. **Age no sistema hormonal das pragas e não provoca o desenvolvimento de resistências**. Simula a hormona do inseto e repele-o, inibe a digestão, a metamorfose e a reprodução. Usado com eficácia no controlo de mais de 100 insetos que se alimentam de folhas. **Não é tóxico para pássaros e mamíferos e não é carcinogénico**.

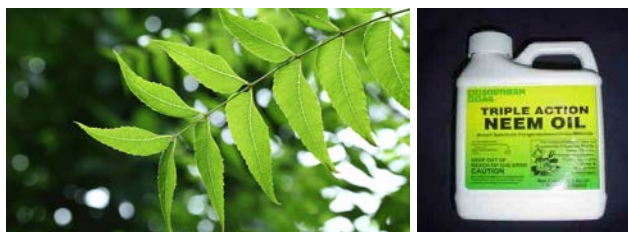


Fig. 4. Neem (árvore e óleo de neem)

6. Óleo de alho

O líquido, extratos e óleo de alho, *Allium sativum L.*, servem para repelir insetos e devem ser aplicados antes que as pragas provoquem estragos.

7. Óleos essenciais à base de plantas

Outra categoria de produtos inclui as misturas de óleos essenciais extraídos de várias espécies como os **oregãos, canela, tomilho, cravo-de-inverno, hortelã-pimenta e alecrim**. Os óleos essenciais compostos por uma complexa mistura de monoterpeno, fenóis relacionados biogeneticamente e sesquiterpenes, são compostos naturais voláteis produzidos pelo metabolito secundário e caracterizam-se pelo forte odor. Apresentam um **amplo espectro de atividade contra as pragas e fungos patogénicos de plantas**, atuando como inseticida, antialimentar, repelente, inibidor da oviposição, regulador de crescimento e antivetor. Algumas formas são utilizadas na água de rega para organismos que atacam as raízes, como alguns insetos da família Elateridae, enquanto outros aplicam-se diretamente nas plantas como pesticidas foliares, com uma gama de efeitos de toxicidade letal e repelência. Os **óleos cítricos** são extratos da casca dos frutos (citrinos) e são geralmente combinados com sabão como pesticida de contacto contra insetos de corpo mole e ácaros. Para serem eficientes, os produtos de óleo cítrico devem ser aplicados por **contacto direto** com a praga, e também podem ser utilizados até ao dia da colheita. O óleo reveste e sufoca os insetos e alguns produtos são mesmo utilizadas contra as “formigas-lava-pés”.

8. Pó e cera de pimenta

A substância ativa capsaicina é um **extrato das pimentas**. Em baixas doses, como em **sprays e pós**, **controla e repele a maioria das pragas** nos vegetais e nas frutas pós a colheita. Não torna as frutas ou os vegetais mais picantes, apenas permanece na superfície das plantas de forma ativa durante três semanas. As formulações comerciais mais fortes **eliminam os insetos e também os repelem**. A cera de pimenta é eficaz a repelir os coelhos e os esquilos comuns.

Table 7. Biopesticidas botânicos, inimigo(s) alvo e modo de ação

Biopesticidas botânicos	Categorias	Inimigo(s) alvo	Modo de ação
Pyrethrum	Inseticida	broca-das-curcubitáceas, afídeos, cicadelídeos, ácaros, insetos de <i>Murgantia histrionica</i> e larva do repolho.	Interrompe o processo de troca de iões de sódio e potássio nas fibras nervosas e a normal transmissão dos impulsos nervosos.
Neem	Inseticida	Roscas, lagartas e traças-da-relva	Atua nos sítios digestivo, nervoso e hormonal.
Rotenona	Inseticida	Espécies da família Cercopoidea, afídeos, escaravelho da batata, <i>Murgantia histrionica</i> , percevejos, ácaros, formigas-carpinteiras.	Inibe a respiração celular.
Ryania	Inseticida	Bichado-da-fruta, escaravelhos japoneses, percevejo, afídios da batata, <i>Thrips tabaci</i> , larva do milho, bicho-da-seda	Impede a contração muscular causando paralisia.
Sabadilha	Inseticida	Gafanhotos, bichado-da-fruta, traças, bicho-da-seda, afídeos, <i>Trichoplusia ni</i> , besouros, <i>Anasa tristis</i> , <i>Murgantia histrionica</i> .	Afeta o potencial de ação da membrana da célula nervosa causando perda da função e paralisia.
Nicotina	Inseticida	Afídeos, tripses, lagartas.	Tóxina nerurogénica de ação rápida
Óleo de alho	Inseticida	traças-da-couve, <i>Trichoplusia ni</i> , tesorinhas, cicadelídeos, mosca-branca e afídeos	Repelente, tóxica ou impede a alimentação dos insetos
Óleos essenciais	Inseticida /Fungicida Bactericida/Herbicida	Insetos, bactérias, fungos e nemátodos.	Destrói a membrana celular
Cera de pimenta	Repelente de insetos	Afídeos, gafanhotos, traças-da-couve, tripses, <i>Trichoplusia ni</i> , tesorinhas, cicadelídeos, mosca branca, ácaros e cochonilhas	Repelente, tóxica ou anti-alimentação nos insetos

3. Outros pesticidas utilizados em agricultura biológica

3.1. Sabonetes

A utilização dos sabonetes é também frequente em agricultura biológica. São usados **primariamente para controlar afídeos e outros insetos de corpo mole**. Os sabonetes ou sais de ácidos gordos são ácidos gordos sintéticos utilizados no controlo de pragas, através da quebra da cutícula cerosa dos insetos. O inseto deverá estar em contacto direto com a pulverização do sabonete, por isso uma boa cobertura da área infestada é vital. Se as plantas também apresentarem cutícula cerosa, os sabonetes também as podem danificar (de facto, alguns sabonetes podem ser utilizados como herbicidas aprovados para o modo de produção biológico). Não apresentam atividade residual e são mais eficientes quando secam lentamente. Não são eficazes contra ovos de inseto.

3.2. Óleos

Os óleos não são muito utilizados. São mais aplicados na época de dormência, em forma **de spray e são aplicados nas culturas lenhosas como as fruteiras e na noqueira**. Os óleos cobrem o corpo dos insetos tornando-os imóveis (exemplo: cochonilhas) e **impedindo a obtenção de oxigênio**. Eliminam insetos e ácaros. Podem controlar uma vasta gama de **insetos de corpo mole como os afídeos, ácaros, trips e moscas-brancas**.

3.3. Minerais

Usados principalmente para o controlo de doenças. Alguns (ex. cobre e enxofre) podem ser tóxicos para vários organismos; **espécies aquáticas, devendo serem usados com precaução**.

3.3.1. Enxofre

Pode ser utilizado em forma de **pó e líquido para o controlo de doenças fúngicas incluindo o míldio, ferrugem, podridão das frutas e em artrópodes como ácaros, psílídeos e trips**.

3.3.2. Cobre

É utilizado para o controlo de **doenças fúngicas e bacterianas**. Os materiais à base de cobre são considerados sintéticos, sendo permitidos em agricultura biológica com restrições. **Os iões de cobre** ligam-se aos grupos químicos presentes nas proteínas dos esporos germinantes e perturbam a sua função através da **desnaturação das proteínas celulares**. Aplicado na superfície das plantas antes dos esporos germinarem e durante o crescimento das plantas.

3.3.3. Argila de caulino

É um mineral comum que resulta **da oxidação dos minerais de alumínio, como o feldspato, sendo a caulinite o seu principal constituinte**. Atua como uma barreira física impedindo que os insetos atinjam as partes vulneráveis dos tecidos das plantas e como repelente impedindo a alimentação e a postura dos ovos. Aplicado em suspensão em água, produz uma película branca seca que bloqueia as partículas microscópicas da superfície das folhas, ramos e frutas após a evaporação da água. Também eliminam doenças nos produtos armazenados.

3.3.4. Bicarbonato (Potássio ou Sódio)

Estes produtos dependem do **bicarbonato de sódio** (normalmente bicarbonato de potássio) como substância ativa, o que perturba o balanço de **iões de sódio e potássio dentro das células dos fungos, causando o colapso das paredes celulares**.

4. Sumário

Os biopesticidas podem ser utilizados para controlar os inimigos das culturas e são ferramentas úteis para os produtores biológicos. Há um aumento significativo da utilização dos biopesticidas devido ao aumento da procura por alimentos biológicos, mas no entanto, os agricultores devem ser cuidadosos devido aos efeitos secundários de alguns biopesticidas disponíveis, pois alguns são tóxicos e outros **muito tóxicos para as abelhas, peixes e aves.**