

Diversidade vegetal: uma estratégia para o manejo de pragas em sistemas sustentáveis de produção agrícola



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimárzio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Dietrich Gerhard Quast

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena T. Luz Barbosa

Diretores Executivos

Embrapa Agrobiologia

José Ivo Baldani

Chefe Geral

Eduardo Francia Carneiro Campello
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Rosângela Stralio
Chefe Adjunto Administrativo

WETZLER, R. E.; RISCH, S. J. Experimental studies of beetle diffusion in simple and complex crop habitats. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 53, p. 1-19, 1984.

WHITE, A. J.; WRATTEN, S. D.; BERRY, N. A.; WEIGMANN, U. Habitat manipulation to enhance biological control of *Brassica* pests by hover flies (Diptera, Syrphidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 88, n. 5, p. 1171-1176, 1995.

WIEDEMANN, R. N.; SMITH JR., J. W. Attributes of natural enemies in ephemeral crop habitats. **Biological control**, San Diego, v. 10, p. 16-22, 1997.

WRATTEN, S. D.; VAN EMDEN, H. F. Habitat management for enhanced activity of natural enemies. In: GLEN, D. M.; GREAVES, M. P.; ANDERSON, H. M. (Ed.). **Ecology and integrated farming systems**. Chichester: John Wiley, 1995. p. 117-145.

WRATTEN, S. D.; VAN EMDEN, H. F.; THOMAS, M. B. Within field and border refugia for the enhancement of natural enemies. In: PICKETT, C. H.; BUGG, R. L. (Ed.). **Enhancing biological control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests**. Berkeley: University of California Press, 1998. p. 375-403.

ZANDSTRA, B. H.; MOTOOKA, P. S. Beneficial effects of weeds in pest management – a review. **PANS**, London, v. 24, p. 333-338, 1978.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1517-8498
Novembro/2004

Documentos 177

Diversidade vegetal: uma estratégia para o manejo de pragas em sistemas sustentáveis de produção agrícola

Elen de Lima Aguiar-Menezes

Seropédica – RJ

2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

Embrapa Agrobiologia

BR465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 2682-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

e-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê Local de Publicações: Eduardo F. C. Campello (Presidente)
José Guilherme Marinho Guerra
Maria Cristina Prata Neves
Verônica Massena Reis
Robert Michael Boddey
Maria Elizabeth Fernandes Correia
Dorimar dos Santos Felix (Bibliotecária)

Expediente:

Revisor e/ou ad hoc: Maria Elizabeth F. Correia e Marcelo Grandi Teixeira

Normalização Bibliográfica: Dorimar dos Santos Félix

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2004): 50 exemplares

A282d Aguiar-Menezes, Elen de Lima.

Diversidade vegetal: uma estratégia para o manejo de pragas em sistemas sustentáveis de produção agrícola. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 68 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 177).

ISSN 1517-8498

1. Biodiversidade. 2. Agroecossistema. 3. Diversidade vegetal. 4. Controle biológico. I. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). II. Título. III. Série.

CDD 333.95

TOPHAM, M.; BEARDSLEY, J. W. An influence of nectar source plants on the New Guinea sugar cane weevil parasite, *Lixophya sphenophori* (Villeneuve). **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society**, Hawaii, v. 22, p. 145-155, 1975.

UVAH, I. I. I.; COAKER, T. H. Effect of mixed cropping on some insect pests of carrot and onion. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Oxon, v. 36, p. 159-167, 1984.

VAN DEN BOSCH, R.; TELFORD, A. D. Environmental modification and biological control. In: DE BACH, P. (Ed.). **Biological control of insect pests and weeds**. London: Chapman and Hall, 1964. p. 459-488.

VANDERMEER, J. The ecological basis of alternative agriculture. **Annual Review of Ecology and Systematic**, Palo Alto, v. 26, p. 201-224, 1995.

VANDERMEER, J. **The ecology of intercropping**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 237 p.

VANDERMEER, J. Intercropping. In: CARROL, C. R.; VANDERMEER, J. H.; ROSSET, P. M. (Ed.). **Agroecology**. McGraw-Hill: New York. 1990. p. 481-516.

VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. **Breakfast of biodiversity: the truth about rainforest destruction**. Oakland: Food First Book, 1995. 185 p.

VAN EMDEN, H. F. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. **Scientific Horticulture**, Kent, v. 17, p. 121-136, 1965.

VENZON, M.; ROSADO, M. C.; EUZÉBIO, D. E. Pólen mediando interações de predadores e herbívoros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004, Gramado. **Resumos...** Gramado: Sociedade Entomológica do Brasil, 2004. p. 127.

SWIFT, M. J.; ANDERSON, M. Biodiversity and ecosystem function in agroecosystems. In: SCHULTZ, E.; MOONEY, H. A. (Ed.). **Biodiversity and ecosystem function**. New York: Springer-Verlag, 1993. p. 57-83.

SYME, P. D. The effect of flowers on the longevity and fecundity of two native parasites of the European pine shoot moth in Ontario. **Environmental Entomology**, College Park, v. 4, p. 337-346, 1975.

TELENGA, N. A. Biological method of pest control in crops and forest plants in the USSR. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUARANTINE AND PLANT PROTECTION AGAINST PESTS AND DISEASES, 9., 1958, Moscow. **Proceedings...** Moscow: Soviet Delegation, 1958. p. 1-15.

THOMAS, M. B.; WRATTEN, S. D.; SOTHERTON, N. W. Creation of 'island' habitats on farm land to manipulate populations of beneficial arthropds: predators densities and emigration. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 28, p. 906-917, 1991.

THOMAS, M. B.; WRATTEN, S. D.; SOTHERTON, N. W. Creation of 'island' habitats on farm land to manipulate populations of beneficial arthropds: predators densities and species composition. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 29, p. 524-531, 1992.

THRESH, J. M. Pests, pathogens and vegetation: the role of weeds and wild plants in the ecology of crop pest and diseases. Boston: Pitman, 1981. 628 p.

TILMAN, D.; WEDIN, D.; KNOPS, J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. **Nature**, London, v. 379, p. 718-720, 1996.

TODD, J. W.; SCHUMANN, F. W. Combination of insecticide application with trap crops of early maturing soybean and southern peas for population management of *Nezara viridula* in soybean. **Journal Entomology Science**, London, v. 23, p. 192-199, 1988.

Autor

Elen de Lima Aguiar Menezes
Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia.
BR 465, km 7 – Caixa Postal 74505
23851-970 – Seropédica/RJ
e-mail: menezes@cnpab.embrapa.br

SANTOS, M. A.; RUANO, O. Reação de plantas usadas como adubos verdes a *Meloidogyne incognita*, Raça 3 e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11, p. 184-197, 1987.

SCHOOHONVEN, L. M.; JERMY, T.; VAN LOON, J. J. A. Plant chemistry: endless variety. In: SCHOOHONVEN, L. M.; JERMY, T.; VAN LOON, J. J. A. (Ed.). **Insect-plant biology - from physiology to evolution**. New York: Chapman & Hall, 1998. p. 23-47.

SHEEHAN, W. Response by specialist and generalist natural enemies to agroecosystem diversification: a selective review. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 15, p. 456-461, 1986.

SMITH, D.; PAPACEK, D. F. Studies of predatory mite *Amblyseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae) in citrus orchards in south-east Queensland: control of *Tegolophus australis* and *Phyllocoptruta oleivora* (Acarina: Eriophyidae), effects of pesticides, alternative host plants and augmentative release. **Experimental Applied Acarology**, Amsterdam, v. 12, p. 195-217, 1991.

SMITH, H. A.; McSORLEY, R. Intercropping and pest management: a review of major concepts. **American Entomologist**, Baltimore, v. 46, n. 3, p. 154-161, 2000.

SOLOMON, M. G. Windbreaks as a source of orchard pests and predators. In: THRESH, J. M. (Ed.). **Pests, pathogens, and vegetation: the role of weeds and wild plants in the ecology of crop pests and diseases**. Boston: Pitman, 1981. p. 273-283.

SOUTHWOOD, T. R. E.; WAY, M. J. Ecological background to pest management. In: RABB, R. L.; GUTHRIE, F. E. (Ed.). **Concepts of pest management**. Raleigh: North Carolina State University, 1970, p. 231-243.

SRINIVASAN, K.; MOORTHY, P. N. K. Indian mustard as trap crop for management of major lepidopterous pests on cabbage. **Tropical Pest Management**, London, v. 37, p. 26-32, 1991

RISCH, S. J. The population dynamics of several herbivorous beetles in a tropical agroecosystem: the effect of intercropping corn, beans and squash in Costa Rica. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 17, p. 593-612, 1980.

RISCH, S. J. Insect herbivore abundance in tropical monocultures and polycultures: an experimental test of two hypothesis. **Ecology**, Washington, v. 62, p. 1325-1340, 1981.

RISCH, S. J.; ANDOW, D.; ALTIERI, M. A. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 12, p. 625-629, 1983.

ROOT, R. B. Organization of plant – arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleraceae*). **Ecology Monographs**, Washington, v. 43, p. 95-124. 1973.

ROOT, R. B. Some consequences of ecosystem texture. In: LEVIN, S. A. (Ed.). **Proceedings of a Conference on Ecosystem Analysis & Prediction**, Philadelphia, 1975, p. 83-97.

ROSSET, P. J.; VANDERMEER, J.; CANO, M.; VARELLA, P. G.; SNOOK, A.; HELLPAP, C. El frijol como cultivo trampa el combate de *Spodoptera sunia* Guenne (Lepidoptera: Noctuidae) en plantulas de tomate. **Agronomia Costarricense**, San Jose, v. 9, p. 92-102, 1985.

RUSSELL, E. P. Enemy hypothesis a review of the effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 18, p. 590-599, 1989.

RYAN, J.; RYAN, M.; McNAEIDHE, F. The effect of interrow plant cover on population of the cabbage root fly *Delia brassicae*. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 17, p. 31-37, 1980.

RYSZKOWSKI, L. Impovishment of soil fauna due to agriculture. In: COOLEY, J. H. (Ed.). **Soil ecology and management**. Athens: International Association for Ecology, 1985. p. 7-17. (INTECOL Bulletin, 12).

Apresentação

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e a conservação ambiental tem resultado na busca pelo setor produtivo de tecnologias para a implantação de sistemas de produção agrícola com enfoques ecológicos, rentáveis e socialmente justos. O enfoque agroecológico do empreendimento agrícola se orienta para o uso responsável dos recursos naturais (solo, água, fauna, flora, energia e minerais).

Dentro desse cenário, a Embrapa Agrobiologia orienta sua programação de P&D para o avanço de conhecimento e desenvolvimento de soluções tecnológicas para uma agricultura sustentável.

A agricultura sustentável, produtiva e ambientalmente equilibrada apoia-se em práticas conservacionistas de preparo do solo, rotações de culturas e consórcios, no uso da adubação verde e de controle biológico de pragas, bem como no emprego eficiente dos recursos naturais. Infere-se daí que os processos biológicos que ocorrem no sistema solo/planta, efetivados por microrganismos e pequenos invertebrados, constituem a base sobre a qual a agricultura agroecológica se sustenta.

A busca de estratégias que reduzam a dependência da produção agrícola dos agroquímicos e em consequência, dos impactos negativos ao meio ambiente, passa por plantios com novos arranjos vegetais que substituam os tradicionais monocultivos extensivos.

O documento 177/04 apresenta, de maneira bastante didática, os fundamentos ecológicos que correlacionam estabilidade ambiental e diversidade biológica, como também discute resultados de pesquisas que indicam os cultivos consorciados e policultivos como sistemas de produção agrícola de maior resiliência ao surgimento de pragas.

Eduardo Campello

Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento

SUMÁRIO

1. Introdução	07
2. Biodiversidade e seu papel nos agroecossistemas	08
3. Mecanismos ecológicos pelos quais a diversidade vegetal influencia os herbívoros e seus inimigos naturais ..	12
3.1. Hipótese da concentração de recursos.....	12
3.2. Hipótese do inimigo natural.....	15
4. Estratégias de manejo da diversidade vegetal para controle de pragas	26
4.1. Controle de pragas através do manejo da vegetação espontânea	27
4.2. Controle de pragas em policultivos anuais.....	32
4.3. Controle de pragas em pomares através de plantas de cobertura.....	42
4.4. Controle de pragas através da influência ou manejo da vegetação do entorno	45
5. Considerações finais.....	50
6. Referências Bibliográficas.....	52

POWER, A. G. Plant community diversity, herbivore movement and insect-transmitted disease of maize. **Ecology**, Washington, v. 68, p. 1658-1669, 1987.

PRICE, P. W.; BOUTON, C. E.; GROSS, P.; McPHERSON, B. A.; THOMPSON, J. N.; WEISE, A. E. Interactions among three trophic levels: influence of plants on interaction between insect herbivores and natural enemies. **Annual Review of Ecology**, Palo Alto, v. 11, p. 41-60, 1980.

QUINDERÉ, M. A. W.; SANTOS, J. H. R. Efeitos da época relativa de plantio no consórcio milho x caupi sobre a presença de insetos úteis e o manejo econômico das pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 355-368, 1986.

READ, D. P.; FEENY, P. P.; ROOT, R. B. Habitat selection by the parasite *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) and hyperparasite *Charips brassica* (Hymenoptera: Cnicipidae). **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 102, p. 1567-1578, 1970.

RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; SILVA, V. B.; PAIXÃO, F. H. M. P.; RIBEIRO, R. L. D.; ALMEIDA, L. M.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Diversidade de insetos predadores e parasitóides associados a *Lipaphis pseudobrassicae* (Hemiptera: Aphididae) em *Brassica oleraceae* var. *acephala* (Cruciferae) cultivada em sistema de produção agroecológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004, Gramado. **Resumos...** Gramado: Sociedade Entomológica do Brasil, 2004. p. 572.

RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; OLIVEIRA, F. L.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D. Produção do quiabeiro consorciado com *Crotalaria juncea*, sob manejo orgânico. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRRJ, 11., 2001, Seropédica. **Anais...** Seropédica: Editora Universidade Rural, 2001. p. 41-42.

NICHOLLS, C. I.; PARELLA, M. P.; ALTIERI, M. A. The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. **Landscape Ecology**, Hague, v. 16, p. 133-146, 2001.

PARAJULEE, M. N.; SLOSSER, J. E. Evaluation of potential relay strip crops for predator enhancement in Texas cotton. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, p. 275-286, 1999.

PATT, J. M.; HAMILTON, G. C.; LASHOMB, J. H. Foraging success of parasitoid wasps on flowers: interplay of insect morphology, floral architecture and searching behavior. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Oxon, v. 83, p. 21-30, 1997a.

PATT, J. M.; HAMILTON, G. C.; LASHOMB, J. H. Impact of strip-insectary intercropping with flowers on conservation biological control of the Colorado potato beetle. **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 11, p. 175-181, 1997b.

PERFECTO, I.; HORWITH, B.; VANDERMEER, J.; SCHULTZ, B.; McGUINNESS, H.; SOA SANTOS, A. Effects of plant diversity and density on the emigration rate of two ground beetles, *Harpalus pennsylvanicus* and *Evarthrus sodalis* (Coleoptera: Carabidae), in a system of tomatoes and beans. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 15, p. 1028-1031, 1986.

PERRIN, R. M.; PHILLIPS, M. L. Some effects of mixed cropping on the population dynamics of insect pests. **Entomology and Application**, Tokyo, v. 24, p. 385-393, 1978.

PICKETT, C. H.; BUGG, R. L. **Enhancing biological control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests**. Berkeley: University of California Press, 1998. 422 p.

POLLARD, E. Hedges IV. A comparison between the Carabidae of a hedge and field site and those of a woodland glade. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 5, p. 649-657, 1968.

Diversidade vegetal: uma estratégia para o manejo de pragas em sistemas sustentáveis de produção agrícola

Elen de Lima Aguiar-Menezes

1. Introdução

Desde décadas passadas, o homem vem manejando os ecossistemas naturalmente diversificados para o exercício da agricultura, transformando-os nos chamados agroecossistemas, os quais diferem-se tanto em estrutura como em funcionamento (Nicholls et al., 1999). A instabilidade dos agroecossistemas manifesta-se à medida que o agravamento de muitos problemas com pragas está cada vez mais relacionado à expansão das monoculturas às custas da perda da vegetação natural, reduzindo assim a diversidade do habitat local (Altieri & Letourneau, 1982; Flint & Roberts, 1988).

Em monoculturas, as pragas exibem taxas de colonização mais altas, tempos de permanência mais longos, menos barreiras ao encontro do hospedeiro e maior potencial reprodutivo, certamente por aumentar a facilidade com que as mesmas podem localizar seu alimento. Ademais, a disponibilidade de grande quantidade de alimento diminui a competição intraespecífica e a taxa relativa de mortalidade (Atkins, 1978). Contrariamente, em tais sistemas simplificados, os inimigos naturais não encontram as condições ideais para sobreviver e se multiplicar (Nicholls et al., 1999, Landis et al., 2000).

Essa redução na biodiversidade de plantas e os efeitos resultantes afetam as funções dos ecossistemas, com conseqüências sobre a produtividade agrícola e a sustentabilidade dos agroecossistemas, uma vez que as características intrínsecas da auto-regulação dos ecossistemas naturais proporcionadas pela biodiversidade são perdidas em função das perturbações inerentes ao processo

produtivo, as quais alcançam sua forma extrema nas monoculturas de larga escala e, assim, requerendo intervenções humanas constantes. Portanto, uma estratégia-chave na agricultura sustentável é reincorporar a diversidade na paisagem agrícola e manejá-la de forma mais efetiva (Gliessman, 2001; Altieri et al., 2003).

É nesse sentido que as abordagens agroecológicas pressupõem o desenho dos sistemas agrícolas mais diversificados no tempo e no espaço, incluindo: consórcios e rotações de culturas, adubos verdes, plantas de cobertura, “ilhas” de mato, quebra-ventos ou até desenhos complexos de natureza agroflorestal. Através da diversificação dos cultivos, estimula-se a persistência de organismos importantes como: polinizadores, microbiota do solo, minhocas e outros elementos da fauna do solo, inimigos naturais etc., os quais estão envolvidos em processos biológicos, tais como polinização, decomposição de matéria orgânica, simbiose e auto-regulação das populações de pragas e doenças. Esses processos proporcionam serviços ecológicos que vão além da produção de alimentos, fibras e energia, como o controle biológico de pragas e doenças, fixação biológica de nitrogênio, ciclagem de nutrientes, controle do microclima, regulação dos processos hídricos locais, conferindo aos sistemas diversificados maior estabilidade, resistência a perturbações e capacidade de recuperar-se de eventos de estresse (Vandermeer, 1995; Tilman et al., 1996; Altieri et al., 2003).

Portanto, o uso da biodiversidade (esse termo é comumente usado para fazer referência a uma combinação de diversidade de espécie e diversidade genética) leva a uma nova perspectiva para o manejo de pragas, uma perspectiva mais ecológica, holística, integradora e sustentável, onde a diversidade vegetal desempenha um papel fundamental para o manejo sustentável do agroecossistema como um todo (manejo da água, solos, nutrientes, culturas e animais).

2. Biodiversidade e seu papel nos agroecossistemas

A biodiversidade abrange desde a variação dentro de cada espécie até o número e a abundância relativa das diferentes espécies no

LITSINGER, J. A.; MOODY, K. Integrated pest management in multiple cropping systems. In: TRIPLETT, G. B.; SANCHEZ, P. A.; PAPENDICK, R. I. (Ed.). **Multiple cropping**. Madison: American Society of Agronomy, 1976. p. 293-316. (ASA Special Publication, 27).

LORDELLO, L. G. E. **Nematóides das plantas cultivadas**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 314 p.

LUNAU, K.; WACHT, S. Optical releasers of innate proboscis extension in the hoverfly *Eristalis tenax* L. (Diptera: Syrphidae). **Journal of Comparative Physiology**, New York, v. 174, p. 575-579, 1994.

MAIER, C. T. Parasitoids emerging from puparia of *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) infesting hawthorn and apple in Connecticut. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 113, p. 867, 1981.

MAGUIRE, L. A. Influence of surrounding plants on densities of *Pieris rapae* (L.) eggs and larvae (Lepidoptera: Pieridae) on collards. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 13, p. 464-468, 1984.

McPHERSON, R. M.; NEWSOM, L. D. Trap crops for control of stink bugs in soybean. **Journal of Georgian Entomological Society**, v. 19, p. 470-480, 1984.

MING-DAU, H.; SIU-WUI, M.; SHV-XIN, L. Biological control of citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) in Guangdong Province. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, Shimizu, v. 10, p. 643-646, 1981.

MURPHY, B. C.; ROSENHEIM, J. A.; DOWELL, R. V.; GRANETT, J. Habitat diversification tactic for improving biological control: parasitism of western grape leafhopper. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Oxon, v. 87, n. 3, p. 225-235, 1998.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; SANDEZ E., J. **Manual practico de control biologico para una agricultura sustentable**. Berkeley: University of California, 1999. 69 p.

KHAN, Z. R.; AMPONG-NYARKO, K.; CHILISWA, P.; HASSANALI, A.; KIMANI, S.; LWANDE, W.; OVERHOLT, W. A.; PICHETT, J. A.; SMART, L. E.; WADHMANS, L. J.; WOODCOCK, C. M. Intercropping increases parasitism of pests. **Nature**, London, v. 388, p. 631-632, 1997.

KLOEN, H.; ALTIERI, M. A. Effect of mustard (*Brassica hirta*) and non-crop plant on competition and insect pests in broccoli (*Brassica oleracea*). **Crop Protection**, Oxford, v. 9, p. 90-96, 1990.

LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D.; GURR, G. M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 45, p. 175-201. 2000.

LEIUS, K. Influence of wild flowers on parasitism of tent caterpillar and codling moth. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 99, p. 444-446, 1967.

LEWIS, T. The effects of shelter on the distribution of insect pests. **Scientific Horticulture**, Kent, v. 17, p. 74-84, 1965.

LEWIS, W. J.; LENTEREN, J. C. VAN; PHATAK, S. C.; TUMLINSON, J. H. A total system approach to sustainable pest management. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 94, p. 12243-12248, 1997.

LEWIS, W. J.; STAPEL, J. O.; CORTESERO, A. M.; TAKASU, K. Understanding how parasitoids balance food and host needs: importance to biological control. **Biological Control**, San Diego, v. 11, p. 175-183, 1998.

LIANG, W.; HUANG, M. Influence of citrus orchard ground cover plants on arthropod communities in China: a review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 50, p. 29-37, 1994.

espaço e no tempo em um sistema definido, desempenhando importantes funções para a manutenção dos ecossistemas através de níveis complexos de interações entre as espécies e processos de auto-regulação de fluxo de energia e ciclagem de nutrientes (Gliessman, 2001).

A biodiversidade em agroecossistemas é função da diversidade das culturas, plantas invasoras, artrópodes, microrganismos e outros componentes bióticos, que variam de acordo com fatores antrópicos, socioeconômicos, climáticos, edáficos e geográficos. As interações entre os vários componentes bióticos podem ser de natureza múltipla, tais como competição, predação, parasitismo, herbivoria, simbiose etc., sendo que algumas dessas interações podem ser usadas para induzir efeitos positivos e diretos sobre as populações de herbívoros-pragas através de diferentes serviços ecológicos, como controle biológico de pragas, supressão de doenças, ação alelopática, etc. (Fig. 1).

Assim, numa visão antropocêntrica, os componentes bióticos dos agroecossistemas podem ser classificados em relação ao papel que desempenham no funcionamento dos sistemas de cultivos da seguinte maneira (Swift & Anderson, 1993):

- ◆ **Biota produtiva:** culturas, árvores e animais selecionados pelos agricultores;
- ◆ **Biota de recursos:** organismos que contribuem para a produtividade através da polinização, controle biológico, decomposição, fixação biológica de nitrogênio etc.
- ◆ **Biota destrutiva:** plantas invasoras, insetos-praga, ácaros-praga, microrganismos patogênicos etc., cuja influência o agricultor busca reduzir, através das práticas de manejo dos agroecossistemas, por poderem interferir negativamente na produtividade vegetal ou animal.

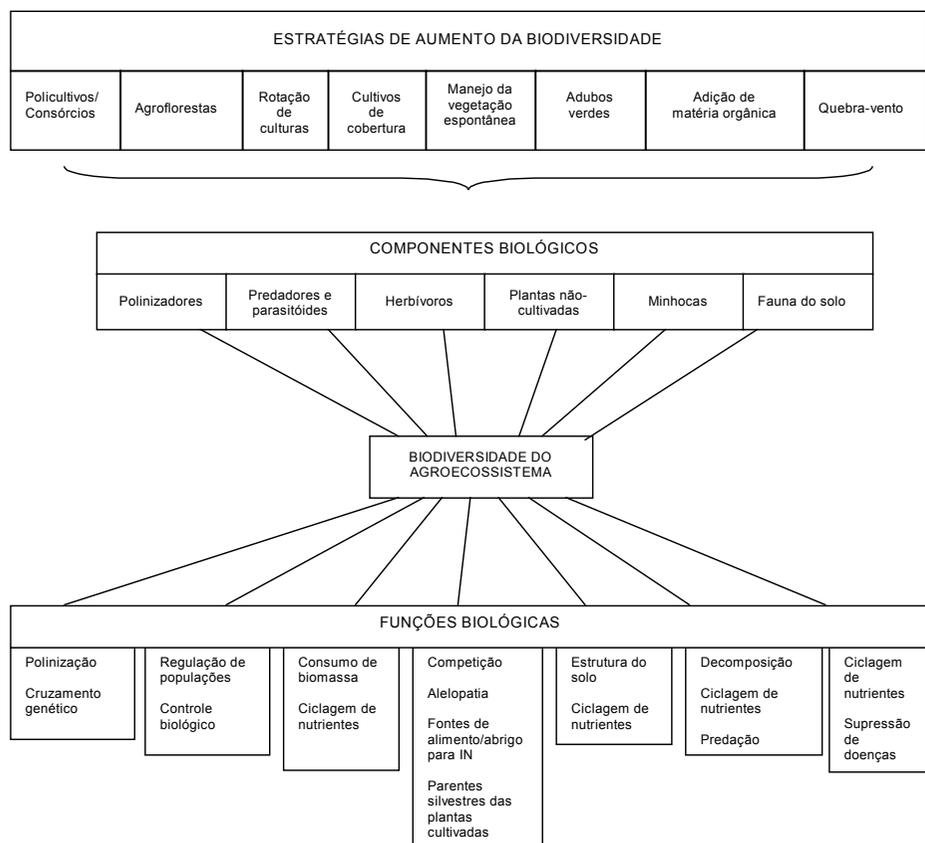


Figura 1. Componentes biológicos e suas funções e estratégias de aumento da biodiversidade em agroecossistemas (modificado de Altieri, 1991a).

Portanto, dois tipos de biodiversidade podem ser reconhecidos nos agroecossistemas (Vandermeer & Perfecto, 1995). O primeiro tipo, a **biodiversidade planejada**, refere-se à **biota produtiva**, isto é, às culturas e animais de criação proposadamente incluídos no agroecossistema pelo agricultor, sendo determinada pelo tipo de manejo adotado, por exemplo, uso de insumos e arranjos dos cultivos no tempo e no espaço. O segundo tipo, a **biodiversidade associada**, refere-se à **biota de recursos**, que inclui toda flora e

HOOKS, C. R. R.; JOHNSON, M. W. Impact of agricultural diversification on the insect community of cruciferous crops. **Crop Protection**, Oxford, v. 22, p. 223-238, 2003.

IDRIS, A. B.; GRAFIUS, E. Wildflowers as nectar sources for *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 24, p. 1726-1735, 1995.

JOHANOWICZ, D. L.; MITCHELL, E. R. Effects of sweet alyssum flowers on the longevity of the parasitoid wasps *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) and *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Florida Entomologist**, Lutz, v. 83, n. 1, p. 41-47, 2000.

JONSEN, I. D.; FAHRING, I. Response of generalist and specialist insect herbivores to land scape spatial structure. **Landscape Ecology**, Hague, v. 12, p. 185-197, 1997.

KAREIVA, P. The influence of vegetational texture on herbivory: resource concentration and herbivore movement. In: DENNO, R. F.; McCLURE, M. S. (Ed.). **Variable plants and herbivores in natural and managed systems**. New York: Academic, 1983, p. 259-289.

KAREL, A. K. Effects of intercropping with maize on the incidence and damage caused by pod borers common beans. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 22, p. 1076-1083, 1993.

KEMP, J. C.; BARRET, G. W. Spatial patterning: impact of uncultivated corridors on arthropod populations with soybean agroecosystems. **Ecology**, Washington, v. 70, p. 114-128, 1989.

KENNEDY, J. S.; BOOTH, C. O.; KERSHAW, W. J. S. Host finding by aphids in the fields. II. *Aphis fabae* and *Brevicoryne brassicae*, with a re-appraisal of the role of host-finding behavior and virus spread. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 47, p. 424-44, 1959.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653 p.

GRAFTON-CARDWELL, E. E.; OUYANG, Y.; BUGG, R. L. Leguminous cover crops to enhance population development of *Euseius tularensis* (Acari: Phytoseiidae) in citrus. **Biological Control**, San Diego, v. 16, p. 73-80, 1999.

GRAVENA, S. Controle biológico no manejo integrado de pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, s/n, p. 281-299, 1992.

GREZ, A. A.; PRADO, E. Effect of plant patch shape and surrounding vegetation on the dynamics of predatory coccinellids and their prey *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 29, n. 6, p. 1244-1250, 2000.

GURR, G. M.; VAN EMDEN, H. F.; WRATTEN, S. D. Habitat manipulation and natural enemy efficiency: implications for the control of pests. In: BARBOSA, P. (Ed.). **Conservation biological control**. San Diego: Academic, 1998. p. 155-183.

HAGEN, K. S. Ecosystem analysis: plant cultivars (HPR), entomophagous species and food supplements. In: BOETHAL, D. J.; EIKENBARY, R. D. (Ed.). **Interaction of plant resistance and parasitoids and predators of insects**. Chichester: Ellis Harwood, 1986. p. 151-195.

HICKMAN, J. M.; WRATTEN, S. D. Use of *Phacelia tanacetifolia* (Hydrophyllaceae) as a pollen source to enhance hoverfly (Diptera: Syrphidae) population in cereal fields. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 89, n. 4, p. 832-840, 1996.

HODECK, I. **Biology of the Coccinellidae**. Prague: Academy of Sciences, 1973. 260 p.

HOKKANEN, H. M. T. Trap cropping in pest management. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 36, p. 119-138, 1991.

fauna do solo e epigéia (herbívoros, carnívoros, decompositores, polinizadores etc.), colonizando o agroecossistema, em geral, vindos dos ambientes circundantes e que poderão ter sucesso em estabelecer-se nesse sistema dependendo de seu manejo e estrutura, influenciando em seu funcionamento, como por exemplo, na regulação de pragas, ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio etc. A relação entre esse dois tipos de biodiversidade e sua influência no funcionamento do agroecossistema são ilustradas na Figura 2.

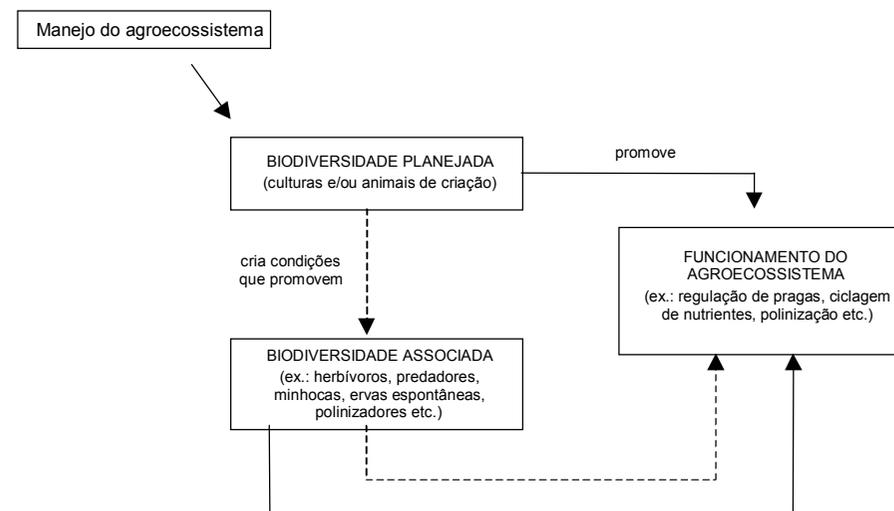


Figura 2. Relação entre a biodiversidade planejada (aquela que os agricultores determinam, baseada no manejo do agroecossistema) e a biodiversidade associada (aquela que coloniza o agroecossistema depois de ter sido estruturado pelo agricultor) e como os dois tipos de biodiversidade promovem o funcionamento do agroecossistema (modificado de Vandermeer & Perfecto, 1995).

No esquema da Figura 2, a seta contínua que liga a caixa da biodiversidade planejada diretamente à caixa do funcionamento do agroecossistema significa sua função direta sobre o funcionamento desse sistema, enquanto que a seta pontilhada ilustra que a biodiversidade planejada tem uma função indireta, a qual é realizada através de sua influência sobre a biodiversidade associada. Por exemplo, as árvores em um sistema agroflorestal (biodiversidade

planejada) criam sombra, o que permite o crescimento apenas de cultivos com alta eficiência biológica sob condições de pouca luz, tal como o cafeeiro. Com as árvores devem vir as vespas que forrageiam em busca de néctar em suas flores e que podem ser predadores de pragas que normalmente atacam as culturas, como ocorre com o bicho mineiro do cafeeiro. Portanto, as vespas fazem parte da biodiversidade associada. Dessa forma, as árvores criam sombra (função direta) e atraem as vespas (função indireta) (Vandermeer & Perfecto, 1995).

O grande desafio atual da agricultura é, portanto, identificar as melhores práticas de manejo dos agroecossistemas que estimulem a biodiversidade que favoreça os processos ecológicos vitais para a sustentabilidade desses sistemas agrícolas através da geração de serviços ecológicos chave, tais como controle biológico, ciclagem de nutrientes e conservação da água e do solo.

Em relação ao manejo de pragas, nenhum outro aspecto dos sistemas agrícolas proporciona tantos serviços ecológicos fundamentais para assegurar a proteção de plantas contra as pragas quanto a diversidade da vegetação (Altieri & Letourneau, 1982; Andow, 1991).

3. Mecanismos ecológicos pelos quais a diversidade vegetal influencia os herbívoros e seus inimigos naturais

Uma vasta literatura mostra que sistemas agrícolas diversificados podem reduzir a incidência de pragas e/ou aumentar a abundância e a diversidade dos inimigos naturais (Altieri, 1991a; Andow, 1991; Landis et al., 2000), e isso tem sido basicamente explicado por duas hipóteses ecológicas, a saber:

3.1. Hipótese da concentração de recursos

Esta hipótese prevê que as populações das pragas podem ser diretamente influenciadas pela concentração ou dispersão espacial de suas plantas hospedeiras, de modo que muitas pragas, particularmente as especializadas (com estreita gama de hospedeiros), têm maior probabilidade de encontrar e colonizar

FADINI, M. A. M.; REGINA, M. A.; FRÁGUAS, J. C.; LOUZADA, J. N. C. Efeito da cobertura vegetal do solo sobre a abundância e diversidade de inimigos naturais de pragas em vinhedos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 573-576, 2001.

FEENY, P. Plant apparency and chemical defense. **Recent Advances in Phytochemistry**, New York, v. 10, p. 1-49, 1976.

FEENY, P. Defende ecology of the Cruciferae. **Annals of Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 64, p. 221-234, 1977.

FLAHERTY, D. Ecoystem trophic complexity and the Willamette mite, *Eotetranychus willamettei* (Acarina: Tetranychidae) densities. **Ecology**, Washington, v. 50, p. 911-916, 1969.

FLINT, M. L.; ROBERTS, P.A. Using crop diversity to manage pest problems: some California examples. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 3, p. 164-167, 1988.

FLINT, M. L.; VAN DEN BOSCH, R. **Introduction to integrated pest management**. New York: Plenum, 1981. 240 p.

FRANCIS, C. A.; FLOR, C. A.; TEMPLE, S. R. Adapting varieties for intercropped systems in the tropics. In: TRIPLETT, G. B.; SANCHEZ, P. A.; PAPENDICK, R. I. (Ed.). **Multiple cropping**. Madison: American Society of Agronomy, 1976. p. 1-10. (ASA Special Publication, 27).

GARCIA, M. A.; ALTIERI, M. A. Comunidades de artrópodos em sistemas simples e diversificados: efeito do consórcio brócolos-leguminosas portadoras de nectários extra-florais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 14., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Entomológica do Brasil, 1993. p. 149.

GILBERT, F. S. Foraging ecology of hoverflies: morphology of the mouthparts in relation to feeding on nectar and pollen in some common urban species. **Ecological Entomology**, Oxford, v. 6, p. 245-262, 1981.

CHANEY, W. E. Biological control of aphids in lettuce using in-field insectaries. In: PICKETT, C. H.; BUGG, R. L. (Ed.). **Enhancing biological control, habitat management to promote natural enemies of agricultural pests**. Berkeley: University of California Press, 1998. p. 73-85.

CHIVERTON, P. A.; SOTHERTON, N. W. The effects on beneficial arthropods of the exclusion of herbicides from cereal crops edges. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 28, p. 1027-1039, 1991.

COOMBES, D. S.; SOTHERTON, N. W. The dispersal and distribution of polyphagous predatory Coleoptera in cereals. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 108, p. 461-474, 1986.

COTTRELL, T. E.; YEARGAN, K. V. Influence of a native wild, *Acalypha ostryaefolia* (Euphorbiaceae), on *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) population density, predation, and cannibalism in sweet corn. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 27, p. 1375-1385, 1998.

COWGILL, S. E.; WRATTEN, S. D.; SOTHERTON, N. W. The selective use of floral resources by the hoverfly *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) on farmland. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 122, p. 223-231, 1993.

DAMBACH, C. A. **Ecology of crop field border**. Columbus: Ohio State University Press, 1948. 203 p.

DEMPSTER, J. P.; COAKER, T. H. Diversification of crop ecosystems as a means of controlling pests. In: JONES, D. P.; SOLOMON, M. E. (Ed.). **Biology in pest and disease control**. New York: John Wiley, 1974. p. 106-114.

DOUTT, R. L.; NAKATA, J. The *Rubus* leafhopper and its egg parasitoid: an endemic biotic system useful in grape pest management. **Environmental Entomology**, College Park, v. 2, p. 381-386, 1973.

ELMSTROM, K. M.; ANDOW, D. A.; BARCLAY, W. W. Flea beetle movement in a broccoli monoculture and diculture. **Environmental Entomology**, College Park, v. 17, p. 299-305, 1988.

plantas hospedeiras em *stands* densos ou quase puros e que estão, assim, fornecendo recursos concentrados e condições físicas uniformes, como nas monoculturas (Fig. 3a). Contrariamente, quanto mais baixa a concentração do recurso (planta hospedeira), mais difícil será para a praga localizar a planta hospedeira ou maior poderá ser a probabilidade de que a mesma deixe o habitat, uma vez que o tenha localizado, resultando numa menor taxa de acasalamento, oviposição e alimentação e maior taxa de emigração em sistemas diversificados (Fig. 3b) do que em monoculturas (Root, 1973; Kareiva, 1983; Andow, 1991).

Bach (1980ab) e Risch (1980; 1981) demonstraram que certos Chrysomelidae (Coleoptera), dentre eles os pertencentes aos gêneros *Acalymma*, *Cerotoma* e *Diabrotica*, emigram mais rapidamente de sistemas diversificados com plantas hospedeiras e não-hospedeiras do que de *stands* puros de plantas hospedeiras e que o aumento da taxa de emigração foi responsável pelas baixas densidades de crisomelídeos monófagos em sistemas de policultivo comparado com monocultivo.

Ryan et al. (1980) verificaram que o número de ovos depositados por *Delia brassicae* Bohé (Diptera: Anthomyiidae) em plantas de repolho foi menor quando consorciado com trevo branco (*Trifolium repens* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.) do que quando cultivado em solo desnudo.

Power (1987), comparando taxas de movimento da cigarrinha *Dalbulus maidis* (De Long & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) em monocultura de milho e em consórcio de milho com feijão (cultura não hospedeira), observou que a taxa de movimento ao longo das fileiras de milho e a taxa de desaparecimento dessa praga foram duas vezes mais rápidas no consórcio do que na monocultura, mas a taxa de movimento entre fileiras foi drasticamente reduzida no consórcio.

Elmstrom et al. (1988) mensuraram as diferentes taxas de emigração e imigração do besouro-pulga, *Phyllotreta cruciferae* Goeze (Coleoptera: Chrysomelidae), sendo que a imigração foi

1,3 vezes mais rápida em monocultura de brócolos do que quando consorciado com *Trifolium repens* L., e a emigração foi duas vezes mais rápida no consórcio.



Figura 3. Concentração espacial das plantas em uma monocultura de soja (a) e dispersão espacial das plantas (b) em cultivo em aléias de hortaliças com leguminosas arbóreas em sistema diversificado de produção agroecológica (Vista parcial da Fazendinha Agroecológica km 47, Seropédica, RJ, onde uma grande variedade de hortaliças e fruteiras são cultivadas).

BASTOS, C. S.; GALVÃO, J. C. C.; PICANÇO, M. C.; CECON, P. R.; PEREIRA, P. R. G. Incidência de insetos fitófagos e de predadores no milho e no feijão cultivado em sistema exclusivo e consorciado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 391-397, 2003.

BARBOSA, P. **Conservation biological control**. San Diego: Academic, 1998. 396 p.

BOBB, M. L. Parasites of the oriental fruit moth in Virginia. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 32, p. 605, 1939.

BOWIE, M. H.; GURR, G. M.; HOSSAIN, Z.; BAGGEN, L. R.; FRAMPTON, C. M. Effects of distance from field edge on aphidophagous insects in a wheat crop and observations on trap design and placement. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, p. 69-73, 1999.

BUGG, R. L.; WADDINGTON, C. Using cover crops to manage arthropod pests of orchards: a review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 50, p. 11-28, 1994.

BURN, A. J.; COAKER, T. H.; JEPSON, P.C. **Integrated pest management**. London: Academic, 1987. 510 p.

BYRNE, D. N.; BELLOWS JR., T. S. Whitefly biology. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 36, p. 431-457, 1991.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI; WILDNER, L. P.; COSTA, M. B. B.; ALCANTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346 p.

CASTRO, M. T.; PITRE, H. N.; MECKENSTOCK, D. H. Fall armyworm and neotropical cornstalk borer on sorghum and maize intercropped with legumes in Honduras. **Turrialba**, Costa Rica, v. 44, p. 77-86, 1994.

CHIARADIA, L. A.; MILANEZ, J. M.; SOUZA, L. C. de. Caracterização, danos e alternativas para o controle do ácaro-da-leprose dos citros. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 13, n. 2, p. 15-19, 2000.

ANDOW, D. A. Vegetational diversity and arthropod population response. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 36, p. 561-586, 1991.

ANDREWS, D. J.; KASSAM, A. H. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In: TRIPLETT, G. B.; SANCHEZ, P. A.; PAPENDICK, R. I. (Ed.). **Multiple cropping**. Madison: American Society of Agronomy, 1976. p. 1-10. (ASA Special Publication, 27).

ATKINS, M. D. **Insects in perspective**. New York: Macmillan Publishing, 1978. 513 p.

BACH, C. E. Effects of plant density and diversity on the population dynamics of a specialist herbivore, the striped cucumber beetle, *Acalymma vittata* (Fab.). **Ecology**, Washington, v. 61, p. 1515-1530, 1980a.

BACH, C. E. Effects of plant diversity and time of colonization on an herbivore-plant interaction. **Oecologia**, New York, v. 44, p. 319-326, 1980b.

BACH, C. E.; TABASHNIK, B. E. Effects of nonhost plant neighbors on population densities and parasitism rates of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 19, p. 987-994, 1990.

BAGGEN, L. R.; GURR, G. M. The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae) and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biological Control**, San Diego, v. 11, p. 9-17, 1998.

BAGGEN, L. R.; GURR, G. M.; MEATS, A. Flowers in tri-trophic systems: mechanisms allowing selective exploitation by insect natural enemies for conservation biological control. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Oxon, v. 91, p. 155-161. 1999.

Há evidências de que alguns insetos de baixa capacidade de vôo, tais como mosca branca (Homoptera: Aleyrodidae) e pulgões (*Aphis fabae* Scopoli e *Brevycorine brassicae* L. (Homoptera: Aphididae) por exemplo) movem-se a curtas distâncias de planta para planta até que eles encontrem hospedeiros aceitáveis (Kennedy et al., 1959; Byrne & Bellows Jr., 1991). Este método passivo de procura do hospedeiro pode levar tais insetos a se manterem em densidades mais altas em hospedeiros em policultura se esses hospedeiros são plantados em densidades mais baixas do que em monocultura (Smith & McSorley, 2000).

3.2. Hipótese do inimigo natural

Esta hipótese foi definida por Root (1973) e prediz que a abundância e a diversidade dos inimigos naturais tendem a ser maiores nos sistemas diversificados, uma vez que se aumenta a disponibilidade de micro habitats mais adequados, de locais de refúgio ou hibernação e de fontes de pólen e néctar, os quais particularmente são recursos que influenciam grandemente a longevidade e fecundidade das fêmeas de parasitóides e certos predadores, reduzindo assim a probabilidade de que deixem o local ou se tornem localmente extintos (Root, 1973; Syme, 1975; Tophan & Beardsley, 1975; Risch, 1981, Lewis et al., 1997). Além disso, os sistemas diversificados permitem a presença de uma maior diversidade de insetos herbívoros, que podem funcionar como fontes alternativas de alimentos para os inimigos naturais generalistas e fazendo-os permanecer no campo nas épocas em que a população da praga principal está baixa (Root, 1973; Vandermeer, 1990; Andow, 1991).

Baggen & Gurr (1998) testaram as plantas *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae), *Anethum graveolens* L. (Apiaceae) e *Vicia faba* L. (Fabaceae) como fontes de pólen e néctar para *Copidosoma koehleri* Blanchard (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitóide da traça da batata, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), estudando os efeitos dessas fontes sobre a fecundidade e longevidade desse parasitóide e índice de parasitismo. Esses autores demonstraram que essas plantas contribuíram para o aumento dos índices de parasitismo, porém,

elas também foram exploradas pela praga, aumentando sua fecundidade e longevidade. Posteriormente, em teste de laboratório, o parasitóide e a praga foram expostos a *Borago officinalis* L. (Boraginaceae), *Fagopyrum esculentum* Moench (Polygonaceae) e *Tropaeolum majus* L. (Tropeolaceae). Os resultados mostraram que *B. officinalis* seria a melhor planta a ser usada no campo por ser uma fonte de alimento seletiva, permitindo o acesso ao parasitóide, mas não à praga.

Em experimentos semelhantes ao anterior, Baggen et al. (1999) constataram que entre as plantas testadas como fonte de pólen e néctar, *Phacelia tanacetifolia* Benth. (Hydrophyllaceae) também seria uma fonte de alimento seletiva para *C. koehlerii*, beneficiando sua longevidade, mas com um grande efeito negativo na fecundidade *P. operculella* (Fig. 4a,b).

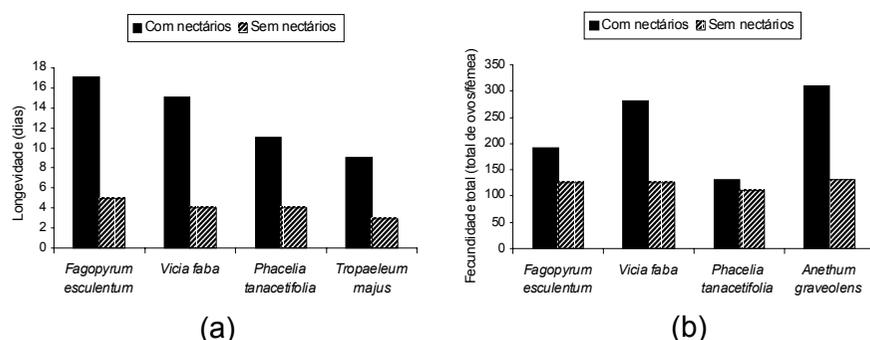


Figura 4. Comparação da longevidade de adultos de *Copidosoma koehlerii* (Hymenoptera: Encyrtidae) (a) e fecundidade da traça da batata (*Phthorimaea operculella*) (b) em gaiolas com ramos de flores com ou sem nectários em diferentes espécies de plantas. Em *V. faba* utilizou-se nectário extrafloral (adaptado de Baggen et al., 1999).

Uma implicação prática desses resultados está no fato de que *P. tanacetifolia* é uma planta de uso relativamente amplo na Europa e Austrália para o manejo de agroecossistemas por fornecer recursos florais a moscas predadoras de pulgões da família Syrphidae (Diptera) (Fig. 5a,b), sendo bastante rica em pólen, e de fácil manejo

ALTIERI, M. A.; LETORNEAU, D. K. Vegetation management and biological control in agroecosystems. **Crop Protection**, Oxford, v. 1, p. 405-430, 1982.

ALTIERI, M. A.; LIEBMAN, M. Z. Weed management: ecological guidelines. In: ALTIERI, M. A.; LIEBMAN, M. Z. (Ed.). **Weed management in agroecosystems: ecological approaches**. Boca Raton: CRC, 1988. p. 183-218.

ALTIERI, M. A.; SCHMIDT, L. L. Population trends and feeding preferences of flea beetles (*Phyllotreta cruciferae* Goeze) in collard-wild mustard mixtures. **Crop Protection**, Oxford, v. 5, p. 170-175, 1986.

ALTIERI, M. A.; SCHOONHOVEN, A.; DOLL, J. D. The ecological role of weeds in insect pest management systems: a review illustrated with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cropping systems. **PANS**, London, v. 23, p.195-205, 1977.

ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226 p.

ALTIERI, M. A.; TODD, J. W. Some influences of vegetational diversity on insect communities of Georgia soybean fields. **Protection Ecology**, Amsterdam, v. 3, p. 333-338, 1981.

ALTIERI, M. A.; WHITCOMB, W. H. The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. **HortScience**, Alexandria, v. 14, p. 12-18, 1979.

ALTIERI, M. A.; WHITCOMB, W. H. Weed manipulation for insect management in corn. **Environmental Management**, New York, v. 4, p. 483-489, 1980.

ALUJA, M. Future trends in fruit fly management. In: McPHERON, B. A.; STECK, G. J. (Ed.). **Fruit fly pests, a world assessment of their biology and management**. Delray Beach: St. Lucie Press, 1996. p. 309-320.

6. Referências bibliográficas

ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N.; OLIVEIRA, V. F. Influence of winter cover crop mulches on weed infestation in maize. In: SYMPOSIUM ON WEED PROBLEMS IN THE MEDITERRANEAN AREA, 3., 1983, Oeiras, Portugal. **Anais...** Wageningen: EWRS, 1983. p. 351-358.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia:** bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 592 p.

ALTIERI, M. A. Ecology of tropical herbivores in polycultural agroecosystems. In: PRICE, P. W.; LEVINSON, T. M.; FERNANDEZ, G. W.; BENSON, W. W. (Ed.). **Plant-animal interactions, evolutionary ecology in tropical and temperate regions.** New York: John Wiley, 1991a. p. 607-617.

ALTIERI, M. A. Traditional farming in Latin America. **Ecology**, Washington, v. 21, p. 93-96, 1991b.

ALTIERI, M. A. Patterns of insect diversity in monocultures and polycultures of brussel sprout. **Protection Ecology**, Amsterdam, v. 6, p. 227-232, 1984.

ALTIERI, M. A.; FRANCIS, C. A.; SCHOONHOVEN, A.; DOLL, J. D. A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. **Field Crop Research**, Netherlands, v. 1, p. 33-49, 1978.

ALTIERI, M. A.; GLIESSMAN, S. R. Effects of plant diversity on the density and herbivory of the flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* Goeze, in California collard (*Brassica oleracea*) cropping systems. **Crop Protection**, Oxford, v. 2, p. 497-501, 1983.

ALTIERI, M. A.; LETORNEAU, D. K. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. **CRC Critical Reviews in Plant Science**, Boca Raton, v. 2, p. 131-169, 1984.

agronômico (White et al., 1995, Hickman & Wratten, 1996; Baggen & Gurr et al., 1998; Altieri et al. 2003).

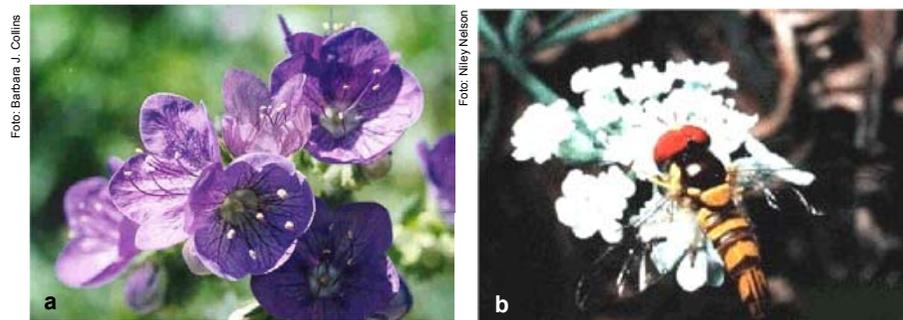


Figura 5. Flores de *Phacelia* sp. (*Hydrophyllaceae*) (a) e adulto de *Syrphidae* (b) alimentando-se de recursos florais.

Grafton-Cardwell et al. (1999) avaliaram a adequação de leguminosas como fonte de pólen e seu impacto sobre a sobrevivência e fecundidade das fêmeas do ácaro predador *Euseius tularensis* (Congdon) (Acarina: Phytoseiidae). Foram avaliadas como fonte de pólen as seguintes espécies de leguminosas: *Vicia faba* L. (fava), *Vicia sativa* L. (ervilhaca comum), *Vicia villosa* var. Lana (ervilhaca peluda), *Pisum sativum* L. var. Arvense (ervilha-do-campo), *Trifolium repens* L. (trevo branco), *Trifolium incarnatum* L. (trevo encarnado), *Trifolium hirtum* Allioni (trevo rosa), *Trifolium repens* L. (trevo branco) e *Trifolium pratense* L. (trevo vermelho). Excetuando-se duas espécies de *Trifolium* (*T. hirtum* e *T. repens*), o pólen das demais leguminosas proporcionou altas taxas de sobrevivência (54,1 a 88,0%) e de fecundidade (8,47 a 17,36 ovos/fêmea) para *E. tularensis*.

Johanowicz & Mitchell (2000) estudaram os efeitos das flores de *Lobularia maritima* ("sweet alyssum") (*Brassicaceae*) na longevidade de fêmeas do parasitóide *Cotesia marginiventris* (Creson) (Hymenoptera: Braconidae) e *Diadegma insulare* (Creson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) em experimento em casa-de-vegetação. *C. marginiventris* e *D. insulare* sobreviveram por um período aproximadamente de 4,8 a 12,7 vezes mais longo, quando

forneceram, respectivamente, mel e flores de *L. maritima* do que apenas água. De acordo com esses autores, flores de outras duas espécies que aumentam significativamente a longevidade e fecundidade de *D. insulare* são as da mostarda silvestre (*Brassica kaber* (L.)) e a de um tipo selvagem de cenoura (*Daucus* sp.). Contudo, esses autores argumentam que a inclusão dessas duas espécies de plantas nos sistemas de produção de repolho no norte da Flórida para o controle de lagartas, como a traça das crucíferas (*Plutella xylostella* (L.)) (Lepidoptera: Plutellidae) e a lagarta-do-repolho (*Trichoplusia ni* (Hübner)) (Lepidoptera: Noctuidae), poderia ser problemática, uma vez que a mostarda silvestre é considerada pelos agricultores locais como uma planta invasora, enquanto que a cenoura selvagem pode não florescer suficientemente rápido se plantada na mesma época do repolho. Esses autores concluem que a alternativa mais promissora seria a *L. maritima* (“sweet alyssum”), que não é uma invasora e desenvolve-se bem no inverno, florescendo rapidamente e atraindo grande diversidade de inimigos naturais, incluindo vespas parasíticas, moscas Syrphidae e percevejos predadores.

Chaney (1998) cita que *L. maritima* também promove a sobrevivência e a fecundidade do parasitóide de pulgões *Diaretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae). Segundo esse autor, essa planta vem sendo utilizada na Califórnia como um “insetário” de insetos benéficos em áreas de plantio de alface, sendo que somente uma única fileira de plantas de *L. maritima* a cada doze fileiras de alface é necessária para o controle eficiente do pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) nessa cultura. Essa espécie de planta é incluída em muitas misturas de sementes de flores vendidas no comércio dos Estados Unidos para serem usadas com essa finalidade, como por exemplo, Good Bug Blend[®] (da Peacul Vally Farm Suplly, Grass Valley, CA) e Border Patrol[®] (da Garden City Seeds, Hamilton, MT) (Chaney, 1998).

Em café, Venzon et al. (2004) observou que as leguminosas guandu (*Cajanus cajan*) e crotalária, utilizadas como adubos verdes em café orgânico, produzem pólen de qualidade nutricional suficiente para promover o crescimento populacional de dois predadores

ambientalmente correta, economicamente viável e socialmente justa.

Exemplos de programas de desenvolvimento rural na América Latina analisados por Altieri (1991b) sugerem que a manutenção e/ou aumento da biodiversidade em agroecossistemas tradicionais representa uma estratégia que assegura dietas diversificadas e fontes de renda, produção estável, risco mínimo de perdas, produção intensiva de recursos limitados e retorno máximo sob baixos níveis de tecnologia. Nesses sistemas, a correta associação espacial e temporal de plantas cultivadas, árvores, animais, solo e assim por diante, potencializa as interações que sustentam a produção com base nos recursos internos e na ciclagem de nutrientes e matéria orgânica, bem como nas relações tróficas entre plantas e insetos ou patógenos e seus inimigos naturais, otimizando o controle biológico dessas pragas.

Os sistemas de produção diversificados, tais como os consórcios e agroflorestas ou a cobertura verde nos pomares, têm sido recentemente o alvo de muitas pesquisas no mundo. Todavia, no Brasil, apesar dos relatos informais, do tipo comunicação pessoal, pouco tem sido registrado a respeito dos efeitos da diversidade vegetal nas populações de insetos pragas e inimigos naturais, e menos ainda, sobre como manejá-la para atingir a regulação populacional das pragas.

Nesse contexto, como cada sistema agrícola é um sistema em particular, torna-se necessário a geração de mais conhecimento para as condições brasileiras para consolidar o manejo de pragas através da manipulação da biodiversidade nos agroecossistemas.

para o parasitóide. A eliminação dessas plantas por herbicidas levou a uma diminuição na eficiência de controle da broca devido à redução acentuada das taxas de parasitismo ao longo do tempo (Quadro 4).

Os estudos, portanto, evidenciam que a influência da vegetação do entorno não depende somente da sua composição, mas também de sua proximidade das áreas de cultivo e, por sua vez, da extensão destas.

5. Considerações Finais

Na busca por sistemas agrícolas sustentáveis, de baixo uso de insumos e energeticamente eficientes, uma estratégia chave é restaurar a diversidade da paisagem agrícola dentro e no entorno da propriedade rural, onde a diversidade deve ser melhorada no tempo, através da rotação de culturas por exemplo, e no espaço, na forma de cultivos de cobertura, policulturas, sistemas agrossilvipastoris, cercas vivas, conservação de fragmentos de florestas e matas ciliares etc. Certamente, a diversificação dos agroecossistemas não resultará apenas na regulação das pragas através da restauração do controle natural, mas também produzirá uma melhor reciclagem de nutrientes, conservação do solo, conservação da energia, da água e menos dependência de insumos externos.

Embora a comunidade das pragas nos agroecossistemas possa ser estabilizada através da construção de um arranjo espacial e/ou temporal da vegetação que favoreça a conservação e incremento das populações de inimigos naturais e/ou iniba diretamente a colonização e estabelecimento das pragas, é importante ressaltar que os efeitos das diferentes formas de diversificação dos cultivos não são universais. Desse modo, cada situação deve ser avaliada separadamente. Ademais, as estratégias de manejo da vegetação em longo prazo também precisam ser desenvolvidas levando em consideração não apenas os fatores ecológicos, mas também os fatores sociais, econômicos e culturais para que a diversificação possa satisfazer as necessidades locais e preferências dos agricultores para atingir a sustentabilidade em seu sentido amplo:

associados às pragas do cafeeiro, o ácaro *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) e *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae).

Outras espécies de plantas da família Umbeliferae, Leguminosae e Compositae têm desempenhado esse papel ecológico importante por hospedarem e suportar um complexo de artrópodes benéficos que ajudam na supressão de populações de pragas (Altieri & Whitcomb, 1979; 1980).

No Quadro 1 são apresentados alguns exemplos encontrados na literatura a respeito do efeito positivo da planta associada na redução da densidade populacional de pragas, especialmente insetos e ácaros, através da provisão de vários recursos aos inimigos naturais que favorecem a sobrevivência e/ou reprodução desses organismos benéficos.

A maioria desses exemplos é resultante de pesquisas conduzidas nos Estados Unidos, Europa e Austrália e pouquíssimos foram gerados no Brasil, todavia, em função da nossa riquíssima flora, com certeza temos a nossa disposição um arsenal de espécies botânicas para serem investigadas.

É importante salientar que a habilidade de um inseto herbívoro em colonizar um determinado sistema de cultivo, simples ou diversificado, dependerá fortemente de seu hábito alimentar (monófago ou polífago), da natureza e sofisticação de seus mecanismos de procura por planta hospedeira e de sua mobilidade (Kareiva, 1983). O mesmo é verdadeiro para os inimigos naturais (Sheehan, 1986; Russell, 1989) e, dessa forma, influenciando o sucesso e a eficiência desses agentes de controle biológico nos sistemas diversificados em relação à monocultura. Por exemplo, a hemolinfa do hospedeiro como fonte de alimento é essencial para alguns parasitóides, e fontes de proteína e carboidratos alternativas tais como néctar e pólen podem não servir como uma alternativa alimentar (Lewis et al., 1998).

Nesse contexto, a identificação e a seleção de elementos-chave da biodiversidade que proporcionem os serviços ecológicos chaves, tal

como o controle biológico de pragas, devem ser norteadas pela compreensão das interações entre as plantas e os inimigos naturais (Idris & Grafius, 1995; Wratten & van Emden, 1995; Wratten et al., 1998).

Quadro 1. Recursos fornecidos por plantas associadas à cultura principal aos inimigos naturais de pragas dessas culturas.

Cultura principal	Espécie da praga	Planta associada	Recurso	Referência
Algodão	<i>Aphis gossypii</i> (pulgão)	<i>Brassica rapa</i> (Cruciferae) <i>Triticum aestivum</i> (Gramineae)	Presas para predadores generalistas durante a entressafra	Parajulee & Slosser (1999)
Algodão	<i>Alabama argillacea</i> (curuquerê) <i>Heliothis</i> sp. (lagarta das maçãs)	<i>Sorghum bicolor</i> (Graminae)	Presas para predadores generalistas	Gravena (1992).
Batata	<i>Phthorimaea operculella</i> (traça da batata)	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (Hydrophyllaceae) <i>Tropaeolum majus</i> (Compositae)	Néctar para o parasitóide <i>Copidosoma koehleri</i>	Baggen et al. (1999)
Berinjela	<i>Leptinotarsa decemlineata</i> (besouro do Colorado)	<i>Anethum graveolens</i> (Umbelliferae) <i>Coriandrum sativum</i> (Umbelliferae)	Pólen e néctar para os predadores <i>Coleomegilla maculata</i> e <i>Chrysoperla carnea</i>	Patt et al. (1997b)
Citros	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (ácaro da leprose)	<i>Vicia sativa</i> (Faboideae) <i>Fagopyrum esculentum</i> (Polygonaceae) <i>Avena striosa</i> (Graminae)	Pólen e abrigo para ácaros predadores Phytoseiidae	Chiaradia et al. (2000)
Citros	<i>Tegolophus australis</i>	<i>Chloris gayana</i>	Pólen para o ácaro predador <i>Amblyseius victoriensis</i>	Smith & Papacek (1991)
Couve	<i>Brevicoryne brassicae</i> (pulgão da couve) <i>Myzus persicae</i>	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (Hydrophyllaceae)	Pólen para moscas predadoras Syrphidae.	White et al. (1995)
Milho	<i>Busseola fusca</i> <i>Chilo partellus</i>	<i>Melinis minutiflora</i> (Graminae)	Produção de voláteis que atraem o parasitóide <i>Cotesia semariae</i>	Khan et al. (1997)
Trigo	<i>Sitobion avenae</i> (pulgão da espiga)	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (Hydrophyllaceae)	Pólen para moscas predadoras Syrphidae	Hickman & Wratten (1996)
Trigo	<i>Rhopalosiphum padi</i>	<i>Brassica napus</i> (Cruciferae)	Pólen para moscas predadoras Syrphidae	Bowie et al. (1999)
Videira	<i>Erythroneura elegantula</i> (cigarrinha)	<i>Rubus</i> sp. (Rosaceae)	Habitat e hospedeiro alternativo (<i>Dikrella cruentata</i>) para o parasitóide <i>Anagrus epos</i>	Doutt & Nakata (1973) Murphy et al. (1998)

bordas do cultivo próximo a ervas floridas e que mantinham a densidade da praga nas bordas do cultivo abaixo da metade do nível encontrado no centro do cultivo.

No Havaí, Topham & Beardsley (1975) observaram que a presença de plantas nectíferas, como *Euphorbia hirta* L. (Euphorbiaceae), nas

margens dos canaviais resultou no aumento dos níveis populacionais e na eficiência de *Lixophaga sphenophori* (Villeneuve) (Diptera: Tachinidae), um parasitóide da broca da cana-de-açúcar da Nova Guiné, *Rhabdoscelus obscurus* (Boisduval) (Coleoptera: Curculionidae).

Quadro 4. Percentagem de parasitismo de larvas de *Rhabdoscelus obscurus* (Coleoptera: Curculionidae) por *Lixophaga sphenophori* (Diptera: Tachinidae) com ou sem aplicação de herbicidas na borda dos canaviais (adaptado de Topham & Beardsley, 1975).

Amostragem	Distância da margem do campo	% larvas parasitadas coletadas	
		Campo com herbicida	Campo sem herbicida
Antes da aplicação	Borda	95,0	100,0
	15 m	100,0	85,6
	30 m	100,0	87,5
	46 m	94,4	100,0
	61 m	26,4	100,0
	Total	80,7	95,0
35 dias após a aplicação	Borda	23,6	60,0
	15 m	5,3	71,4
	30 m	0,0	62,5
	46 m	16,7	50,0
	61 m	5,6	73,0
	Total	10,0	64,9

Esses autores verificaram que a dispersão efetiva do parasitóide dentro dos canaviais estava limitada a cerca de 45 a 60 m de distância das plantas presentes na faixa de vegetação das margens dos canaviais, provavelmente por causa do fornecimento de néctar

Aluja (1996) propôs a manutenção ou plantio de espécies frutíferas hospedeiras de moscas-das-frutas não-praga da família Tephritidae como reservatório natural de parasitóides de larvas de tefritídeos-praga em pomares comerciais. Cita, como exemplo, *Ximenia americana* (Olacaceae), que é infestada por *Anastrepha alveata*, cujas larvas apresentam alta taxa de parasitismo por *Doryctobracon aerolatus* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae), que atuam no parasitismo de diferentes espécies de tefritídeos pragas.

Muitos estudos documentam o movimento de artrópodes benéficos das margens da vegetação do entorno para dentro das plantações e que maiores níveis de controle biológico são geralmente observados nas linhas das culturas que estão mais próximas à vegetação nativa ou cercas vivas, ocorrendo o contrário nas linhas centrais (Altieri et al., 2003).

Em um estudo sobre dispersão de adultos de predadores terrestres das famílias Carabidae e Staphylinidae (Coleoptera) dentro de cultivos de cereais a partir de suas bordas, Coombes & Sotherton (1986) mostraram que os besouros puderam ser capturados a até 200 m dentro dos cultivos e observaram que as espécies *Agonum dorsale* (Pont.) (Carabidae) e *Tachyporus hypnorum* F. (Staphylinidae) apresentaram números decrescentes da borda para o centro dos cultivos.

Na Geórgia, Estados Unidos, coletas de artrópodes predadores realizadas por Altieri & Todd (1981), no início da safra de soja, mostraram que as fileiras de plantas mais próximas da borda com floresta e da faixa com vegetação de invasoras abrigavam um número significativamente maior de predadores (como percevejos *Geocoris* sp. e Nabidae, Coccinellidae e aranhas) do que as fileiras no centro do campo de cultivo de soja. No meio da safra, os autores observaram que os predadores estavam mais uniformemente distribuídos, embora estivessem mais concentrados a uma distância de 15 fileiras da borda para o centro do campo.

Van Emden (1965) descobriu que sirfídeos predadores (Diptera) do pulgão do repolho, *Brevicoryne brassicae* estavam distribuídos nas

Gilbert (1981) e Patt et al. (1997a), por exemplo, destacam a importância do conhecimento das interações entre as características estruturais das plantas, como a arquitetura floral (posição dos nectários em relação às outras partes das flores), e as características morfológicas dos insetos, como as dimensões da cabeça e aparelho bucal. Segundo Gilbert (1981), flores de Umbeliferae e Apiaceae, como coentro [*Coriandrum sativa* (L.)] e *Foeniculum vulgare* (Miller), têm corola curta facilitando o acesso ao néctar para moscas predadoras de pulgões da família Syrphidae. Patt et al. (1997a) observaram o comportamento de forrageamento de *Edovum puttleri* Grissel e *Pediobius foveolatus* Crawford (Hymenoptera: Eulophidae), parasitóides do besouro do Colorado, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). Os resultados mostraram que *E. puttleri* alimentou-se efetivamente apenas nas plantas com nectários expostos, especialmente em *Pastinica sativa* L. (Apiaceae), *Ruta graveolatus* L. (Rutaceae), *Bupleurum rotundifolia* L. (Apiaceae) e *Euphorbia cyparissius* (Euphorbiaceae), enquanto que *P. foveolatus* alimentou-se efetivamente nas plantas com nectários expostos (*Anethum graveolens* L. (Apiaceae) e *E. cyparissius*) e naquelas com nectários parcialmente escondidos pelas pétalas e estames, especialmente *Coriandrum sativum* L. Ambas espécies de parasitóides foram incapazes de acessar os nectários das flores do tipo taça, tais como *Lobularia maritima* L. (Brassicaceae) e *Mentha spicata* (Lamiaceae), e flores agrupadas em capítulos como as Asteraceae (*Ageratum houstonianum* Mill., *Achillea millefolium* L., *Galansoga parviflora* Cav. e *Matricaria chamomila* L.) porque a cabeça desses insetos é mais larga do que a abertura floral. No entanto, conforme citado anteriormente, Chaney (1998) cita a importância de *L. maritima* como fonte de néctar para o parasitóide *D. rapae*.

Em outro estudo, Patt et al. (1997b) avaliaram plantas com nectários florais para determinar quais poderiam beneficiar predadores de *L. decemlineata*. As Apiaceae *Anethum graveolens* L. e *Coriandrum sativum* L. tinham flores compatíveis com a morfologia da cabeça da joaninha *Coleomegilla maculata* (DeGeer) (Coleoptera: Coccinellidae) e do bicho lixeiro *Chrysoperla carnea* Stephens

(Neuroptera: Chrysopidae). Observações de campo do comportamento de forrageamento desses predadores comprovaram a utilidade dessas plantas em plantio de berinjela por resultar no aumento do número desses predadores, resultando num aumento da taxa de consumo das massas de ovos de *L. decemlineata*.

Alguns estudos mencionam que outros fatores, como estímulos visuais ou químicos, mudanças microclimáticas, preferências alimentares ou efeitos diretos do vigor da planta hospedeira, poderiam influenciar a localização do habitat e/ou o comportamento de busca dos herbívoros e inimigos naturais. Embora não contradigam necessariamente as duas hipóteses, esses estudos oferecem explicação extra e chamam atenção para a adoção de uma postura cautelosa e flexível quanto a generalizações, pois as respostas de herbívoros ou inimigos naturais à diversidade vegetal não são uniformes e nem sempre podem ser explicadas através da diversidade por si só (Altieri et al., 2003).

Altieri & Schmidt (1986), por exemplo, verificaram densidades mais baixas do herbívoro especialista *Phyllotreta cruciferae* Goeze (Coleoptera: Chrysomelidae) em brócolos consorciados com outra crucífera hospedeira, a mostarda silvestre (*Brassica kaber* (DC.) L.). A abundância desses besouros foi maior em plantas de brócolos cultivadas em monoculturas que nas cultivadas em policulturas. As diferenças na abundância não se deram ao nível de parcela, mas ocorreram ao nível de plantas, uma vez que os besouros concentraram-se mais na mostarda silvestre que nos brócolos. Esse comportamento tem uma base química, uma vez que a mostarda silvestre tem uma concentração mais alta de glucosinolatos do que os brócolos, sendo tais substâncias um forte atrativo para os besouros.

De acordo com Cowgill et al. (1993) e Lunau & Wacht (1994), flores de corola branca e amarela são consideradas boas candidatas a plantas “insetárias” por incitar a alimentação em moscas predadoras de pulgões da família Syrphidae.

Em muitos casos, os insetos entomófagos são diretamente atraídos para plantas específicas, mesmo na ausência do hospedeiro ou

Blepharidopterus angulatus, predador do ácaro fitófago *Panonychus ulmi*. Nessas árvores, esse predador se alimenta de pulgões e cigarrinhas, e quando as populações dessas presas decrescem em agosto, eles se movem para os pomares das proximidades, onde controlam as populações de *P. ulmi*.

Num estudo de dez anos, Coombes & Sotherton (1986) observaram que o número de besouros da espécie *Demetrias atricapillus* L. (Coleoptera: Carabidae) foi significativamente maior em campos de cereais com cercas vivas ao redor do que em campos com cercas convencionais.

Na Inglaterra, Pollard (1968) concluiu que muito da fauna de carabídeos de plantações é de origem silvícola e que muitas espécies são extremamente dependentes da vegetação de cerca viva para sua permanência em áreas agrícolas, onde *Agonum dorsale* (Pont.) (Coleoptera: Carabidae) exibe migração sazonal entre o cultivo e a vegetação da cerca viva.

Em regiões temperadas, a proximidade de bordas de florestas e cercas vivas que servem como locais de hibernação tem um efeito fundamental sobre a ocorrência de joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) em áreas agrícolas (Altieri et al., 2003). Hodeck (1973) cita que, na antiga Tchecoslováquia, pomares de maçãs circundados por florestas decíduas têm uma abundância dez vezes maior de *Coccinella quinquepunctata* do que em pomares ao redor de campos de cultivos.

No norte de Connecticut, Estados Unidos, Maier (1981) observou que braconídeos (Hymenoptera) exibiam maiores taxas de parasitismo da mosca-da-maçã, *Rhagoletis pomonella* (Walsh) (Diptera: Tephritidae) em pomares de maçã e *Crataegus* sp. onde plantas de *Vaccinium myrtillus* L. (Ericaceae), *Cornus* sp. (Cornaceae) e *Ilex* sp. (Aquifoliaceae) crescem naturalmente nas proximidades. Essas plantas suportam populações de diversas espécies de Tephritidae não pragas que servem como hospedeiros alternativos para os braconídeos parasitoides de *R. pomonella*.

Devido à intensificação da agricultura, houve mudança na estrutura das paisagens agrícolas que tem exercido um grande impacto sobre a riqueza da vegetação e da fauna dos agroecossistemas (Root, 1975; Ryszkowski, 1985). Mudanças na estrutura da paisagem, tais como redução da proporção de fragmentos de vegetação natural ou aumento de seu isolamento, podem afetar a habilidade dos inimigos naturais de se dispersar, com conseqüente redução no tamanho das populações regionais (Jonsen & Fahring, 1997).

Vários estudos demonstram que há um enriquecimento de inimigos naturais e controle biológico mais efetivo onde a vegetação natural permanece na margem do cultivo, tais como fragmentos vegetais e matas ciliares, e em associação com as plantações, uma vez que fornecem abrigo ou locais de refúgios ou hibernação, bem como recursos alimentares como pólen e néctar e hospedeiros/presas “alternativos” para os inimigos naturais. Contudo, outros habitats artificiais poderiam ser incorporados à paisagem agrícola, como os quebra-ventos, cercas vivas e os corredores biológicos (Solomon, 1981; Kemp & Barret, 1989; Chiverton & Sotherton, 1991; Thomas et al., 1991; 1992; Nicholls et al., 2001). Essa vegetação adjacente aos campos cultivados é, neste aspecto, considerada verdadeiros reservatórios de inimigos naturais (Dambach, 1948, van Emden, 1965). Ademais, de acordo com Lewis (1965), pequenos insetos voadores com pouca mobilidade e dependentes de dispersão pelo vento, tais como os pulgões e os tripses, podem ter sua distribuição limitada às bordas do cultivo devido ao arrefecimento das correntes de ar que não chegam ao centro do campo devido ao uso de quebra-ventos.

Solomon (1981), por exemplo, verificou que percevejos predadores da família Anthocoridae (Hemiptera), tais como *Anthocoris nemorum* (L.) e *A. nemoralis* (F.) se concentram no início de abril nos salgueiros (*Salix caprea*) em floração usados como quebra-ventos na vegetação do entorno em áreas cultivadas na Inglaterra e, a partir daí, colonizam pomares de maçã e pêra para controlar *Psylla mali* (Schm.) (Homoptera: Psyllidae) e pulgões. Esse mesmo autor cita que no sudeste da Inglaterra, o amplo cultivo de árvores do gênero *Alnus* estabelece uma considerável reserva do mirídeo

presa, seja por substâncias químicas liberadas pela planta hospedeira do herbívoro ou por outras plantas associadas (Price et al., 1980). Read et al. (1970) observaram que o parasitismo de *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Aphididae) foi muito mais alto quando o pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) estava em couve do que quando estava em beterraba, uma planta com pouco óleo de mostarda, um semioquímico que atrai esse parasitóide.

Em alguns casos a “visibilidade” das plantas tem sido mais apropriada para prever os efeitos da diversidade das plantas sobre a população das pragas. Na agricultura, a “visibilidade” de uma planta cultivada é aumentada pela perda de suas defesas naturais por tornarem-se “mais aparentes” do que foram seus ancestrais ou pela íntima associação com espécies filogeneticamente aparentada (Feeny, 1976; 1977). A diversidade intracultural (diversidade varietal) ou cultivo em alta densidade influenciam na “visibilidade” das plantas. Por exemplo, pragas de crucíferas, como *Pieris rapae* (L.) (Lepidoptera: Pieridae) e *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae), ocorrem principalmente em habitats sucessionais abertos e são mais atraídas para plantas hospedeiras mantidas em solo desnudo. Em contraste, as moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) ocorrem em *stands* densos e são menos atraídas para plantações mais abertas, como de cereais e pastagens (Burn et al., 1987).

O efeito de culturas armadilhas também tem sido proposto para explicar os baixos níveis de populações de pragas em sistemas diversificados (Vandermeer, 1989). De acordo com Vandermeer (1989), culturas armadilhas atuam preferencialmente para atrair herbívoros generalistas, de tal forma que a planta a ser protegida não fique passível de ser diretamente atacada.

Os sistemas mais eficientes têm sido aqueles na qual a cultura armadilha é da mesma espécie da cultura principal, usando variedades diferentes; todavia, espécies ou famílias botânicas diferentes podem exercer essa função, especialmente no caso de insetos polípagos com certo grau de preferência alimentar (Smith &

McSorley, 2000). Hokkanen (1991) relata que cerca de 10 espécies de insetos pragas em três sistemas agrícolas (algodão, soja e batata) têm sido eficientemente controladas usando culturas armadilhas, algumas das quais são espécies de plantas diferentes da cultura principal, como por exemplo, a alfafa usada como cultura armadilha de percevejos pragas da cultura do algodão (Tabela 1).

Tabela 1. Exemplos de sistemas de culturas armadilhas eficientes no controle de insetos pragas (Hokkanen, 1991).

Praga controlada	Cultivo principal	Cultivo armadilha	Local
<i>Lygus hesperus</i> e <i>L. elisusa</i>	algodão	alfafa	Califórnia
<i>Anthonomus grandis</i>	algodão	algodão	EUA
<i>Nezara viridula</i>	soja	soja	EUA
<i>Euchistus</i> spp.	soja	soja	EUA
<i>Acrosternum hilare</i>	soja	soja	Brasil
<i>Piezodorus guildini</i>	soja	soja ou caupi	Nigéria
<i>Epilachina varivestis</i>	soja	soja	EUA
<i>Cerotoma trifurcata</i>	soja	soja	EUA
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	batata	batata	União Soviética e Bulgária

A eficiência da cultura armadilha dependerá da época de plantio da cultura armadilha em relação à cultura principal (Kloen & Altieri, 1990). Por exemplo, variedades de soja de maturação precoce têm sido usadas como cultura armadilha para reduzir as densidades populacionais de percevejo verde, *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) em soja tardia (McPherson & Newsom, 1984; Todd & Schumann, 1988).

Alternativamente, uma determinada cultura inserida em um consórcio pode funcionar como cultura armadilha. Na América Central, Rosset et al. (1985) verificaram que a lagarta-militar, *Spodoptera sunia* Guenne (Lepidoptera: Noctuidae) destruiu totalmente uma monocultura de tomate enquanto que o consórcio de tomate e feijão foi eficaz na redução do dano a praticamente zero. Ficou claro que as lagartas estavam sendo atraídas para as

Liang & Huang (1994) reportaram que na China, plantas cítricas podem abrigar 14 espécies de *Amblyseius* (Acari: Phytoseiidae), que são ácaros predadores do ácaro vermelho do citros, e 12 espécies no picão-roxo (*A. conyzoides*) usado como planta de cobertura no pomar de citros, sendo que 11 delas foram comuns às duas espécies botânicas, sugerindo que há movimento dos ácaros predadores entre as plantas de cobertura e a copa das árvores de citros. Ademais, relataram que um pomar, com cobertura de *A. conyzoides*, teve maior densidade de ácaros predadores e a população do ácaro vermelho foi mantida em estabilidade e abaixo do nível de dano econômico por dois anos, enquanto que em um pomar tratado com herbicidas teve menos predadores e menos estabilidade na população do ácaro vermelho.

No sul de Minas Gerais, Brasil, Fadini et al. (2001) observaram que a cobertura vegetal nas entrelinhas de plantio da videira influenciou significativamente a abundância e a diversidade dos inimigos naturais, sendo que a cobertura do solo com ervilhaca (*Vicia* spp.) em solteiro e consorciada com aveia-preta (*Avena* spp.) proporcionaram maior diversidade e abundância de inimigos naturais, especialmente as vespas que atuavam como predadores de lagartas da videira.

4.4. Controle de pragas através da influência ou manejo da vegetação do entorno

De acordo como Altieri et al. (2003), para que estratégias mais sustentáveis de manejo de pragas possam ser construídas, é necessário levar em consideração a paisagem agrícola, ou mesmo a região biogeográfica. Embora o componente vegetal dos agroecossistemas possa ser visto como um mosaico de áreas de cultivos anuais e perenes, pastagens, pomares, fragmentos florestais, campos em pousio, capoeiras, várzeas e plantações de árvores, considerando apenas uma porção do sistema como uma “ilha” de cultivo sujeita à colonização por diversas fontes, uma perspectiva regional é necessária para predizer os padrões de estrutura de comunidades.

inimigos naturais. Torna-se possível determinar experimentalmente quais desses mecanismos respondem pela eficácia do controle de pragas à conta dos inimigos naturais (Altieri et al., 2003).

No Vale Central da Califórnia, EUA, a manutenção de moitas da invasora sorgo-de-alepo ou capim-sudão, *Sorghum halepense* (L.) (Poaceae) em vinhedos, representou uma modificação do habitat que aumentou de modo significativo a atividade de *Galendromus* (= *Metaseiulus*) *occidentalis* (Nesbitt) (Acari: Phytoseiidae), um ácaro predador de ácaros parasitas da videira, como o *Eotetranychus willamettei* (McGregor) (Acari: Tetranychidae). O sorgo-de-alepo abrigava uma outra espécie de ácaro fitófago que servia de presa alternativa para esse ácaro predador, mantendo-o no sistema e o que, por sua vez, também levou a população do ácaro do Pacífico, *Tetranychus pacificus* McGregor (Acarina: Tetranychidae) a nível inferior ao de dano econômico (Flaherty, 1969).

No Brasil, Gravena (1992) observou que a cobertura do solo de pomares de citros com *Ageratum conyzoides* aumenta a população de ácaros fitoseídeos, reduzindo a população do ácaro da ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*) abaixo do nível de dano econômico (Fig. 10).

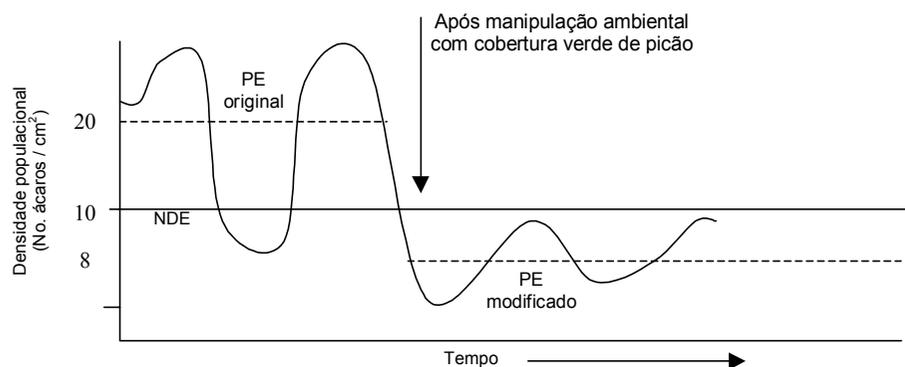


Figura 10. Modificação da posição de equilíbrio (PE) da população do ácaro da ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*) por meio da manutenção de cobertura verde com picão-roxo (*Ageratum conyzoides*) entre ruas de citros (adaptado de Gravena, 1992).

plantas de feijão do consórcio, as quais atuaram como cultura armadilha.

Para o uso mais eficiente das culturas armadilhas, no sistema convencional de produção, elas são freqüentemente tratadas com inseticidas para prevenir o dano à cultura principal proveniente do aumento populacional da praga (Todd & Schumann, 1988; Srinivasan & Moorthy, 1991). No entanto, no Brasil, para aumentar a eficiência de *Trissolcus basal*, um parasitóides de ovos do percevejo verde da soja (*Nezara viridula*), as liberações desse parasitóide criado em laboratório são realizadas numa cultivar-armadilha (soja precoce semeada em 10% da área nas bordas do campo), quando os primeiros percevejos são detectados (final da floração). Essa cultivar precoce dá condições para que o parasitóide se multiplique na própria área, atuando sobre a população de percevejos colonizadores, antes que ocorra a sua dispersão para o restante da área.

A disposição das plantas associadas à cultura principal e o vigor desta são outros aspectos a serem considerados. Normalmente, um maior número de inimigos naturais ocorre nas proximidades das plantas associadas e na interface com a cultura principal. Entretanto, isso pode variar de acordo com a capacidade de dispersão dos inimigos naturais.

Grez & Prado (2000), por exemplo, verificaram que a vegetação circundante aos canteiros de brócolos (*Brassica oleracea* cv. *italica* Plenck) e o formato dos mesmos tiveram um efeito direto na densidade dos coccinélídeos predadores do pulgão *Brevicorine brassicae* (L.) (Aphididae) por modificar seus padrões de comportamento de imigração e emigração. Os autores observaram que os coccinélídeos *Eriopis connexa* (Germ.), *Hippodamia convergens* Guér. e *Hippodamia variegata* (Goeze) foram mais abundantes nos canteiros de brócolos circundados por *Allium porrum* L. do que naqueles circundados por *Medicago sativa* L. (alfafa), e suas populações foram mais numerosas nos canteiros quadrados do que naqueles de formato em "I". Ademais, os autores acreditam que a ocorrência de uma maior população de pulgão nos

canteiros de brócolos circundados por *A. porrum* foi devida a um maior crescimento das plantas provavelmente devido ao fato de que o solo dos canteiros circundados por *A. porrum* tinha três vezes mais nitrogênio e duas vezes mais fósforo do que os canteiros circundados por *M. sativa*. Isto, por sua vez, favoreceu uma menor emigração dos coccinélídeos e, portanto, uma agregação mais antecipada desses predadores nos canteiros com *A. porrum*.

Esses estudos demonstram a necessidade de pesquisas sistemáticas sobre os efeitos da “qualidade” da diversificação de plantas sobre as pragas e os inimigos naturais. Conforme pontuado por Southwood & Way (1970), a diversidade “funcional” é que mais importa, e não a diversidade por si só.

4. Estratégias de manejo da diversidade vegetal para controle de pragas

Pesquisas indicam que a diversidade de espécies de plantas no agroecossistema pode ser usada para melhorar o manejo de pragas (Altieri & Letourneau, 1982; 1984; Andow, 1991). Diversos estudos têm demonstrado que é possível estabilizar as comunidades de insetos e ácaros fitófagos desenhando e construindo arquiteturas vegetais que mantenham ou incrementam as populações de inimigos naturais, ou que impeçam os herbívoros pragas de se alimentar, acasalar ou ovipositar (Altieri et al., 2003). Dessa forma, qualquer tentativa de implementar estratégias de manejo de pragas em sistemas agroecológicos tem que levar em conta a incorporação de espécies vegetais com múltiplas funções, destacando-se a manutenção de recursos vitais para os inimigos naturais e a criação de barreiras físicas e/ou químicas que dificultem a localização das plantas hospedeiras pelas pragas (Altieri et al., 2003).

Os atributos estruturais dos cultivos (isto é, os arranjos das culturas) e seu próprio manejo são passíveis de serem alterados no tempo e no espaço, através de seqüências e associações de culturas, uso de plantas companheiras, diversidade da vegetação espontânea, diversidade genética dentro de cada espécie etc., que terão

aumento do parasitismo de uma taxa inicial de 5% em solo descoberto para 75% quando essa planta produtora de néctar foi introduzida no sistema. A mesma espécie de planta também foi capaz de proporcionar maior abundância do parasitóide *Aphelinus mali* (Hard.) (Hymenoptera: Aphelinidae), contribuindo para o controle de pulgões, bem como da atividade do *Trichogramma* spp., um parasitóide de ovos de lepidópteros em pomares de macieira.

Na China, *Ageratum conyzoides* (Asteraceae), o picão-roxo, é largamente utilizado como planta de cobertura em pomares cítricos, seja por semeadura ou por “conservação”, visando a manutenção de populações de ácaros predadores (Altieri et al., 2003). Ming-Dau et al. (1981) demonstraram que com a cobertura de picão-roxo no pomar, a temperatura do ar diminuiu cerca de 5°C e a umidade relativa do ar aumentou em 5% na altura da copa das árvores e, quando medidas a 10 cm de altura solo, a temperatura e a umidade relativa do ar aumentaram em 8,4°C e 13,5%, respectivamente, e a temperatura do solo foi reduzida em 3°C a 10 cm de profundidade. Com relação aos teores de N, P e K, houve uma ligeira alta nas parcelas cobertas com picão-roxo. Segundo os autores, todos esses parâmetros contribuíram para o aumento da população do ácaro predador *Euseius newsani* Evansi (Acari: Phytoseiidae) nos citros, além da disponibilidade de pólen das flores do picão-roxo, fazendo-o atuar na regulação da população do ácaro fitófago *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae).

Leguminosas, como a ervilhaca (*Vicia* spp.), trevo (*Trifolium* spp.) e alfafa (*Medicago* spp.), e gramíneas, como *Bromus* spp., centeio (*Secale cereale* L.) e cevada (*Hordeum vulgare* L.), têm sido recomendadas como espécies para cobertura do solo em pomares (Altieri et al., 2003).

Importante de ser considerado em pomares com cobertura viva é o conhecimento dos mecanismos ecológicos que determinam o aumento populacional e diversidade de inimigos naturais. Uma vez detectado tal aumento pelo uso de plantas de cobertura, resta saber se o mesmo é resultante de fornecimento de abrigo, alimento (pólen/néctar), presas e/ou hospedeiros alternativos para os

4.3. Controle de pragas em pomares através de plantas de cobertura

A duração e magnitude das alterações da estrutura e seus efeitos sobre o solo e a recolonização do habitat por herbívoros e inimigos naturais são fatores que distinguem os cultivos anuais dos cultivos perenes (pomares e agroflorestas), sobretudo no que se refere à dinâmica populacional das pragas e às respostas dos agentes de controle biológico (Wiedemann & Smith Jr., 1997).

Estudos têm demonstrado que populações de insetos e ácaros fitófagos são mais estáveis em pomares complexos, representando habitat diversificado e permanente, capaz de atender às necessidades de sobrevivência dos inimigos naturais durante períodos críticos de ataque de pragas (Van den Bosch & Telford, 1964).

A cobertura viva do solo em culturas perenes, formada pela vegetação espontânea ou pela introdução de plantas para tal fim, tem a propriedade de servir como fonte de alimento e abrigo ou refúgio para sobrevivência, reprodução e desenvolvimentos da fauna benéfica. As vantagens da manutenção da cobertura verde geralmente não se restringem ao aumento populacional dos inimigos naturais, pois condicionam maior estabilidade ecológica do agroecossistema, com reflexos positivos no equilíbrio nutricional das plantas cultivadas, no aproveitamento da água, na fertilidade do solo, no controle à erosão laminar, no abaixamento da temperatura do solo e da copa das árvores, assim estimulando o melhor desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, aumentando sua resistência orgânica (Altieri, 1991a; Gravena, 1992; Bugg & Waddington, 1994; Pickett & Bugg, 1998).

Telenga (1958) assinalou que a abundância de *Aphytis proclia* (Walker) (Hymenoptera: Aphelinidae), parasitóide do piolho-de-são-josé, *Quadraspidotus perniciosus* Comstock (Homoptera: Diaspididae), aumentou em decorrência do emprego de *Phacelia tanacetifolia* Benth (Hydrophyllaceae) como cultivo de cobertura nos pomares. Três plantios consecutivos da facélia resultaram no

influência na capacidade de colonização e estabelecimento de insetos e ácaros fitófagos e inimigos naturais.

Vários estudos demonstram que determinadas seqüências espaciais ou temporais de cultivos e a extensão do período de cultivo (anual ou perene, por exemplo) podem desfavorecer a ocorrência de pragas e/ou permitir a ocorrência de inimigos naturais em maior abundância. A seguir alguns desses estudos são apresentados como exemplo de como diferentes estratégias de manejo da diversidade da vegetação no agroecossistema podem auxiliar no controle de pragas, com particular atenção aos insetos e ácaros.

Embora a maioria desses estudos reflita o comportamento dos herbívoros em outros países e que os efeitos da diversidade vegetal não podem ser generalizados, é importante conhecer os mecanismos envolvidos para adequá-los às condições brasileiras. Várias espécies botânicas citadas nesses estudos ocorrem ou tem parentes próximos representados na flora brasileira que podem ser explorados nesse contexto.

4.1. Controle de pragas através do manejo da vegetação espontânea

A vegetação espontânea influencia a diversidade e a abundância de insetos herbívoros e de seus inimigos naturais no agroecossistema. Um manejo cuidadoso dessa vegetação pode contribuir para a diminuição de populações de pragas (Zandstra & Motooka, 1978; Altieri & Whitcomb, 1979; 1980; Risch et al., 1983). Pelo menos, dois mecanismos estão envolvidos nessa dinâmica. Em alguns casos, predadores e parasitóides, encontrando farta disponibilidade de recursos alimentares (hospedeiros ou presas alternativos, pólen e/ou néctar) e micro habitat em cultivos associados à vegetação espontânea, atingem níveis de abundância e diversidade capazes de impor maior taxa de mortalidade às pragas (Van Emden, 1965; Root, 1973; Altieri & Letourneau, 1982).

Bichos lixeiros (Chrysopidae) são atraídos por flores de várias Compositae que oferecem néctar, satisfazendo suas necessidades em carboidratos (Hagen, 1986). Certas espécies das famílias

Umbeliferae, Leguminosae e Compositae têm desempenhado papel ecológico relevante por hospedarem um complexo de artrópodes benéficos que atuam na supressão de populações de pragas (Figura 6a,b) (Altieri et al., 1977; Altieri & Whitcomb, 1979; 1980).



Figura 6. Vista parcial da Fazendinha Agroecológica Km 47 (Seropédica, RJ), mostrando um canteiro de repolho onde foram preservadas ervas espontâneas, tal como a serralha (*Sonchus oleraceus*, Compositae) (a), cujos botões florais são intensamente infestados por pulgões (b), que servem de hospedeiro alternativo para insetos predadores, como as joaninhas. Na foto, é destacada a presença de adulto de *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae), um importante predador dos pulgões das brássicas, tal como o repolho e a couve.

Diversos estudos evidenciaram que a presença de hospedeiros silvestres ou presas alternativas em representantes da vegetação espontânea tem efeito positivo sobre o parasitismo e/ou a predação de pragas específicas em agroecossistemas. Um caso clássico diz respeito ao parasitóide de ovos, *Anagros epos* Girault (Hymenoptera: Mymaridae), cuja capacidade em regular populações da cigarrinha da videira, *Erythroneura elegantula* Osborn (Homoptera: Cicadellidae), foi bastante aumentada nos vinhedos (*Vitis vinifera* L.) próximos de áreas invadidas pela amora-preta-silvestre (*Rubus* sp., Rosaceae) no Vale Central da Califórnia, EUA. Embora a amora-preta-silvestre tenha sido considerada uma planta espontânea indesejável devido a seu crescimento rápido e agressivo, além da presença de espinhos; desde 1961, os viticultores dessa região reconheceram os aspectos benéficos da amora-preta. *A. epos* é um microhimenóptero não hibernante e

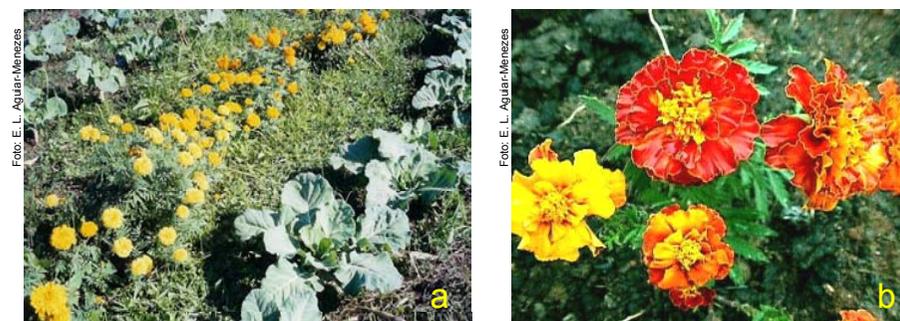


Figura 9. Linha de cravo-de-defunto (*Tagetes* sp.) entre fileiras de couve (a) e vista aproximada de flores de *Tagetes patula* (b).

Investigadores holandeses verificaram que o cultivo do cravo de defunto durante 3 a 4 meses em um solo infestado conduziu a uma redução da infestação de até 90% de certos gêneros de nematóides fitófagos, tais como *Pratylenchus* e *Tylenchorhynchus* (Lordello, 1984).

Em síntese, para um melhor entendimento da complexa dinâmica dos sistemas policulturais, determinada por processos que ocorrem no solo (competição entre plantas por água e nutrientes) ou na parte aérea (competição entre plantas por luz, água, nutrientes e interações planta-herbívoro, planta-inimigos naturais e planta-herbívoro-inimigos naturais), é importante estudar as respostas das pragas a esses múltiplos fatores.

Portanto, incluem-se aí: densidade das espécies companheiras, cultivo simultâneo ou em épocas distintas, espaçamento entre fileiras das culturas, presença concomitante da vegetação espontânea, práticas específicas de manejo, além de condições edafo-climáticas, as quais por sua vez, influenciam as respostas dos cultivares selecionados, em termos de adaptabilidade e rendimento agrônomo.

Tabela 2. Produtividade e avaliação qualitativa de incidência de nematóides no quiabeiro, em monocultivo e consorciado com duas e três linhas de *Crotalaria juncea*, cultivados sob manejo orgânico (Ribas et al., 2001).

Tratamento	Produtividade (t/ha)*	Incidência de nematóides** (nota)
Monocultivo	27,23 B***	3,65 A
Consórcio 2 linhas crotalária	30,28 A	1,68 B
Consórcio 3 linhas crotalária	30,81 A	1,32 B
CV%	4,5	24,5

*Total de 25 colheitas.

** Notas atribuídas à incidência do patógeno na cultura, numa escala de 0 (raízes sem galhas de nematóides) a 5,0 (raízes com alta incidência de galhas).

*** Valores com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os adubos verdes são também conhecidos por sua ação alelopática, tanto quando vivos ou quanto em decomposição, exercendo inibição no crescimento de determinadas espécies de invasoras (Calegari et al., 1992). Alguns exemplos são citados na Tabela 3, que inclui o cravo de defunto (*Tagetes* sp.), que é planta florífera da família Compositae (Fig. 9a,b), muito conhecida pelas propriedades nematicidas de seus exsudatos radiculares (Lordello, 1984).

Tabela 3. Espécies que apresentam efeito alelopático e/ou supressor sobre diferentes espécies de plantas invasoras (adaptado de Calegari et al., 1992).

Plantas com efeito supressor/alelopático	Invasoras controladas
<i>Crotalaria juncea</i> , mucuna e feijão de porco	Tiririca (<i>Cyperus rotundus</i>)
Aveia-preta (<i>Avena strigosa</i>)	Capim-marmelada (<i>Brachiaria plantaginea</i>)
Centeio (<i>Secale cereale</i>) e aveia-preta	Capim-marmelada
Ervilhaca comum (<i>Vicia sativa</i>)	Capim-marmelada
Azevém anual (<i>Lolium multiflorum</i>)	Guanxuma (<i>Sida rhombifolia</i>)
Mucuna preta e cinza	Picão-preto, picão branco e capim-carrapicho
Cravo-de-defunto (<i>Tagetes patula</i>)	Corde-de-violão (<i>Ipomoea</i> sp.), caruru (<i>Amaranthus</i> spp.), carrapicho-beiço-de-boi (<i>Desmodium purpureum</i>) e melão-de-são-caetano (<i>Momordica charantia</i>) e amendoim-bravo (<i>Euphorbia heterophylla</i>)

sobrevive ao inverno em ovos de um hospedeiro "alternativo": *Dikrella cruentata* (Homoptera: Cicadellidae), uma cigarrinha que se hospeda nas folhas de *Rubus* sp., uma vez que os vinhedos perdem suas folhas e *E. elegantula* move-se para as margens do vinhedo e torna-se inativa. Dessa forma, após sobreviver ao inverno, às custas do hospedeiro alternativo, os adultos de *A. epos* migram para os vinhedos na primavera (Fig. 7), propiciando controle de *E. elegantula*, ao contrário ao que ocorre com os vinhedos afastados de refúgios com essas amoreiras silvestres (Doutt & Nakata, 1973; Flint & van den Bosch, 1981). Recomenda-se agora que sempre sejam plantadas amoreiras do lado que sopra o vento no vinhedo, levando em conta, ainda, que as amoreiras podem ser manejadas nos moldes de um típico pomar comercial.

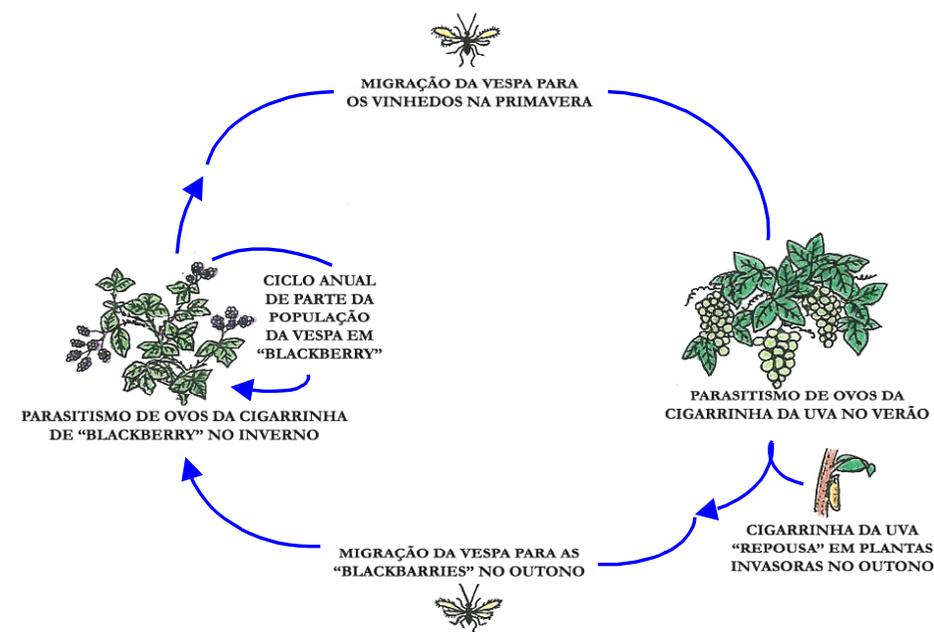


Figura 7. Ciclo de vida de *Anagrus epos* (Hymenoptera: Mymaridae) nos vinhedos e arbustos de amora-preta ("blackberry") no Vale Central da Califórnia (adaptado de Flint & van den Bosch, 1981)

Todavia, outros casos de aumento espetacular de parasitismo em pomares e cultivos anuais com uma cobertura de flores silvestres já haviam sido registrados. Bobb (1939) observou que em pomares de pêssago de Nova Jersey, EUA, o controle da mariposa oriental, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) melhorou com a manutenção da vegetação espontânea, especialmente na presença de *Ambrosia* sp. e *Polygonum* sp. (Polygonaceae), da erva-formigueira-branca (*Chenopodium album* L., Chenopodiaceae) e da erva-lanceta (*Solidago* sp., Compositae), plantas que fornecem hospedeiros alternativos para o parasitóide *Macrocentrus ancylivorus* Rohwer (Hymenoptera: Braconidae). Telenga (1958) relatou que *Cotesia glomeratus* L. (Hymenoptera: Braconidae), um parasitóide de lagartas de duas espécies do gênero *Pieris*, obtinha néctar de flores de mostarda silvestre (*Brassica* sp.) presentes ao redor dos cultivos de crucíferas, e que vivia por mais tempo e produzia maior número de ovos quando essa planta estava presente. O plantio de mostarda de florescimento rápido em campos de cultivo de couve, resultou num aumento da taxa de parasitismo sobre as lagartas de 10% para 60%. Leius (1967) verificou que os índices de parasitismo de ovos e lagartas da mariposa *Malacosoma americanum* (F.) (Lepidoptera: Lasiocampidae) e de larvas de *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) foram, respectivamente, dezoito, quatro e cinco vezes mais altos em pomares de macieiras com muitas flores silvestres e densa população de plantas herbáceas do que naqueles com uma vegetação espontânea esparsa.

Mais recentemente, Cottrell & Yeargan (1998) observaram que a presença da erva nativa *Acalypha ostryaefolia* Riddell (Euphorbiaceae) em cultivo de milho doce aumentou a densidade populacional de ovos e larvas de *Coleomegilla maculata* (DeGeer) (Coleoptera: Coccinellidae) e a predação de ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie). Ademais, o canibalismo de ovos de *C. maculata* pelas larvas e adultos dessa espécie foi significativamente menor quando postos em plantas de *A. ostryaefolia* do que em milho, sendo que as larvas desse predador movem-se para o milho a partir dessa erva espontânea.

colonizadas pelas presas desse predador, diminuindo, assim, sua eficiência de forrageamento. Mesmo que a densidade populacional da presa em plantas de milho fosse equivalente nos dois tipos de cultivo, as joaninhas deveriam forragear de forma menos eficiente no policultivo devido ao tempo gasto na busca da presa (*O. nubilalis*). A baixa eficiência na busca foi responsável pela emigração mais rápida das joaninhas do policultivo (Wetzler & Risch, 1984).

Outros aspectos podem contribuir no controle alternativo de microrganismos patogênicos em sistemas agrícolas diversificados. A participação de espécies suscetíveis em menor escala nos policultivos poderá afetar a disseminação dos fitopatógenos e reduzir a pressão de inóculo. Plantas resistentes ou tolerantes dispostas entre as suscetíveis poderão conter a disseminação desse inóculo pelo vento, água ou vetores e, dessa forma, proteger as espécies hospedeiras (Altieri, 2002).

O microclima nos policultivos pode ser menos favorável ao desenvolvimento das epidemias e, ainda, os exsudatos radiculares e microrganismos que sobrevivem e se multiplicam na rizosfera de algumas das espécies presentes poderão afetar negativamente certos fitopatógenos do solo que atacariam culturas consorciadas (Altieri, 2002).

Por exemplo, o uso da adubação verde com certas leguminosas, especialmente mucuna e crotalária, em rotação de culturas, é capaz de reduzir, através de seus exsudatos radiculares, a população de nematóides fitoparasitas (Almeida et al., 1983; Santos & Ruano, 1987; Calegari et al., 1992). Contudo, Ribas et al. (2001) demonstraram que é possível obter esse benefício quando o adubo verde é usado em consórcio. Esses autores observaram um aumento na produtividade do quiabo quando consorciado com duas ou três linhas de crotalária em relação à monocultura do quiabo, devido ao aporte de nitrogênio para a cultura, bem como sobre seus efeitos no controle de nematóides fitopatogênicos (Tabela 2).

Quadro 3. Alguns exemplos de policultivos anuais eficiente na regulação de insetos pragas, com os respectivos fatores envolvidos (extraído de Altieri et al. 2003).

Sistema de policultivo	Praga(s) regulada(s)	Fator(es) envolvido(s)
Abóbora consorciada com milho	<i>Acalymma thiemei</i> e <i>Diabrotica balteata</i>	Aumento da dispersão devido à fuga a partir das plantas hospedeiras (abóbora) sombreadas por milho e interferência dos colmos do milho nos movimentos de vôo
Algodão consorciado com caupi forrageiro	<i>Anthonomus grandis</i>	Aumento da população do parasitóide <i>Eurytoma</i> sp.
Algodão consorciado com sorgo ou milho	<i>Heliothis zea</i>	Aumento da abundância de predadores (<i>Hippodamia</i> sp., <i>Nabis</i> sp., <i>Chrysopa</i> sp. e <i>Collops</i> sp.) devido à presença de presas alternativas no sorgo e milho (pulgões <i>Rhopalosiphum maidis</i> e <i>Schizaphis graminum</i>)
Brassica consorciada com feijão	<i>Brevicoryne brassicae</i> e <i>Delia brassicae</i>	Aumento da predação e interrupção do comportamento de oviposição
Couve-de-bruxelas consorciada com ervilhaca ou mostarda	<i>Phyllotreta cruciferae</i> e <i>Brevicoryne brassicae</i>	Redução da exposição da planta, cultura armadilha e aumento do controle biológico
Couve-flor com canola e/ou <i>Tagetes</i> sp.	<i>Meligethes aeneus</i>	Cultura armadilha (canola e/ou <i>Tagetes</i> sp.)
Cultivo em faixa de algodão e alfafa	<i>Lygus hesperus</i> e <i>L. elisus</i>	Prevenção da emigração a partir da alfafa e sincronia na relação entre os percevejos e seus inimigos naturais
Mandioca consorciada com feijão caupi	<i>Aleutotrachelus socialis</i> e <i>Trialeurodes variabilis</i>	Mudança no vigor da planta e aumento da abundância de inimigos naturais
Milho consorciado com feijão	<i>Empoasca kraemeri</i> , <i>Diabrotica balteata</i> e <i>Spodoptera frugiperda</i>	Aumento dos insetos benéficos e interferência na colonização
Milho consorciado com fava e abóbora	<i>Tetranychus urticae</i> , <i>Macroductylus</i> sp. e pulgões	Aumento da abundância de predadores
Milho consorciado com batata-doce	<i>Diabrotica</i> spp. e <i>Agallia lingula</i>	Aumento de parasitóides
Pepino consorciado com milho e brócolos	<i>Acalymma vittata</i>	Interferência no movimento e no tempo de permanência sobre a planta hospedeira
Repolho consorciado com tomate e fumo	<i>Phyllotreta cruciferae</i>	Inibição da alimentação pelos odores das plantas não hospedeiras (tomate e fumo)
Repolho consorciado com tomate	<i>Plutella xylostella</i>	Repelência química ou mascaramento
Repolho consorciado com trevo branco e encarnado	<i>Brevicoryne brassicae</i> , <i>Erioschia brassicae</i> e <i>Pieris rapae</i>	Interferência na colonização das pragas e aumento de besouros predadores que vivem no solo
Sésamo consorciado com sorgo ou milho	<i>Antigostira</i> sp.	Sombreamento pela planta companheira por ser mais alta (sorgo e milho)

A dinâmica populacional de insetos pragas pode ser afetada pela maior dispersão de culturas em meio à vegetação espontânea, principalmente alterando a movimentação ou o comportamento de busca dos herbívoros (Risch, 1981; Kareiva, 1983). Por exemplo, populações de adultos e ninfas de *Empoasca kraemeri* (Roose & Moore) (Homoptera: Cicadellidae), uma das principais pragas do feijoeiro nos trópicos da América Latina, foram significativamente reduzidas com o incremento da vegetação espontânea. Por outro lado, *Diabrotica balteata* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae) foi mais abundante em feijoeiro na presença de ervas espontâneas, mas a produtividade não foi afetada porque a herbivoria do crisomelídeo sobre as plantas silvestres reduziu o nível de danos à cultura. Em outro experimento, populações de *E. kraemeri* foram também reduzidas na presença de *Eleusine indica* (L.) e *Leptochloa filiformis* (Poaceae), espécies que exercem repelência química e mascaramento sobre as populações de *E. kraemeri* e *D. balteata*. Quando bordaduras dessas gramíneas, com um metro de largura, circundavam monoculturas de feijoeiro, a ocorrência de adultos e ninfas de *E. kraemeri* diminuiu drasticamente (Altieri et al., 1978).

É inquestionável que a vegetação espontânea estressa as culturas através dos processos de interferência e competição. Todavia, evidências substanciais indicam que a presença do “mato” em campos cultivados não pode ser pré-julgada como danosa e, por vezes, não requer controle imediato. Em geral, as interações entre as culturas e a vegetação espontânea são específicas para cada local e variam de acordo com as espécies envolvidas, fatores ambientais e agrícolas. Um dos maiores desafios do manejo da vegetação espontânea é assegurar a regulação das populações de insetos e evitar o período crítico de competição, isto é, o período máximo em que a vegetação espontânea pode ser tolerada no sistema de cultivo sem afetar a produção (Hooks & Johnson, 2003).

Altieri & Gliessman (1983) verificaram que a presença da vegetação espontânea durante períodos específicos do ciclo da couve, *Brassica oleracea* L. var. *acephala*, resultou em densidades populacionais mais baixas do besouro-pulga (*Phyllotreta cruciferae* Goeze) quando comparado à lavoura em solo capinado. A menor

ocorrência dessa praga correspondeu ao manejo em que se permitiu a permanência da vegetação espontânea durante todo o ciclo da cultura. A incidência de *P. cruciferae* foi, pelo menos, cinco vezes maior em *Brassica campestris* L. (espécie dominante na comunidade espontânea) do que nas plantas de couve. *B. campestris* tem alta concentração de um glucosinolato (alil-issotiocianato), composto secundário volátil, muito atrativo para adultos do besouro-pulga, desviando-os, assim, da cultura da couve.

Kloen & Altieri (1990) observaram que quando a mostarda silvestre (*Brassica kaber*) foi semeada uma semana depois do transplante de brócolos (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), não houve redução na produção dessa cultura e o número de pulgões diminuiu, enquanto aumentava a eficiência de predação por larvas de sirfídeos.

Há que se considerar, todavia, que muitas espécies da vegetação espontânea são importantes hospedeiras de herbívoros pragas e de fitopatógenos no agroecossistema. Surto de parasitas podem estar relacionados a invasoras localmente abundantes e pertencentes à mesma família das plantas cultivadas. Dados sobre o papel da vegetação espontânea na epidemiologia de pragas e agentes de fitomoléstias são encontrados em Thresh (1981), especialmente nos casos em que se reconhece a participação de insetos vetores. Por exemplo, *Festuca* spp. e *Lolium multiflorum* (Poaceae) estão entre os hospedeiros de *Sitobium avenae* (F.) e *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae), os quais transmitem o vírus do nanismo amarelo do feijoeiro.

4.2. Controle de pragas em policultivos anuais

Policultivos, também conhecidos como consórcios, são definidos como associações de culturas nas quais duas ou mais espécies são plantadas simultaneamente e suficientemente próximas, resultando em competição ou complementação (Vandermeer, 1989; Altieri et al., 2003). Em sistemas agrícolas consorciados, minimizar a competição e maximizar a complementação interespecífica é uma estratégia fundamental (Francis et al., 1976; Vandermeer, 1989).

Noctuidae) foram associadas ao cultivo intercalado de milho e sorgo quando o caupi foi inserido no sistema.

Bastos et al. (2003) verificaram menores densidades populacionais de herbívoros considerados preferenciais da cultura do milho [*Dalbulus maidis* (Delong & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) e *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)] e do feijoeiro [(*Diabrotica speciosa* (Germ.), *Cerotoma arcuata* (Oliv.) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Empoasca kraemeri* (Ross & Moore) (Homoptera: Cicadellidae)] estiveram associadas ao policultivo milho e feijão.

Resende et al. (2004), em experimento conduzido em um sistema de produção agroecológico, observaram uma maior diversidade de predadores de pulgão da couve, *Lipaphis pseudobrasicae* Davis (Hemiptera: Aphididae), tais como moscas Syrphidae, besouros Coccinellidae e bichos lixeiros (Chrysopidae), em couve consorciada com adubos verdes: *Mucuna deeringiana* (mucuna anã) e *Crotalaria spectabilis* do que em monocultivo de couve.

Outros exemplos de policultivos específicos que acarretam baixa incidência de pragas, bem como mecanismos ecológicos envolvidos, são discutidos por Litsinger & Moody (1976), Altieri & Letourneau (1982), Altieri & Liebman (1988) e Andow (1991). Alguns exemplos da regulação de insetos-praga em policultivos anuais são apresentados no Quadro 3, sendo que outros exemplos podem ser encontrados em Altieri et al. (2003).

Risch (1980) observou que *Acalymma vittata* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae), um herbívoro especializado em alimentar-se de curcubitáceas, foi muito mais abundante em monocultura de abóbora do que quando consorciada com milho e feijão. Todavia, Risch et al. (1983) constataram que as taxas de predação de ovos da broca europeia do milho (*Ostrinia nubilalis*) pela joaninha *Coleomegilla maculata* foram significativamente mais altas em monocultura de milho do que em policultivo de milho/feijoeiro/abóbora, com altas densidades das plantas associadas. No policultivo, as joaninhas gastaram mais tempo forrageando sobre as plantas de feijão e abóbora, as quais não são

com a planta companheira (feijão fava) permitiu esse incremento de espécies de inimigos naturais na policultura, onde a densidade de pulgões foi mais baixa provavelmente pelo aumento da taxa de mortalidade imposta pelo complexo de inimigos naturais presente no policultivo.

Romero et al. (1984), citado por Bastos et al. (2003, p.392), verificaram maior porcentagem de parasitismo de ovos de *Empoasca kraemeri* (Ross & Moore) (Homoptera: Cicadellidae) por *Anagrus* sp. (Hymenoptera: Mymaridae) no cultivo de feijão consorciado com o milho que no cultivo solteiro.

Perfecto et al. (1986) verificaram que besouros predadores Carabidae emigravam mais rapidamente de monocultivos de tomate ou feijão, que de sistemas consorciados com as duas culturas.

Quinderé & Santos (1986) verificaram que o ataque de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) não atingiu o nível de dano econômico no milho consorciado com caupi, devido à maior abundância de himenópteros, moscas e besouros predadores e do parasitóide de ovos *Chelonus* sp. (Hymenoptera: Braconidae).

Garcia & Altieri (1993), em seus estudos sobre o impacto do consórcio brócolos-leguminosas portadoras de nectários extraflorais (*Vicia faba* e *Vicia sativa*) na comunidade de artrópodes, verificaram que a população do pulgão *Brevicorine brassicae* L. foi significativamente menor nas parcelas com *V. faba*, onde a porcentagem de parasitismo por *Diaretiela rapae* foi alta. Observaram também que a população de moscas predadoras da família Syrphidae manteve-se baixa nas parcelas de monocultivo de brócolos e elevada nas parcelas com brócolos consorciados com *V. sativa*.

Trabalho desenvolvido por Karel (1993) mostrou menor incidência de larvas de *Heliothis armigera* (Hub.) (Lepidoptera: Noctuidae) no feijão consorciado com o milho que no cultivado em solteiro.

Castro et al. (1994) observaram que menores densidades populacionais de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera:

O manejo de policultivos consiste basicamente no desenho de combinações espaciais e temporais de culturas numa mesma área (Fig. 8a,b). O arranjo em termos de espaço pode ser feito na forma de cultivos em faixas, cultivos mistos (sem arranjo definido em fileiras), parcelas em mosaico, cultivos em linhas alternadas e com plantas de cobertura do solo. O arranjo no tempo pode ser estabelecido como cultivo simultâneo, em seqüência ou rotação de culturas, em combinações sincrônicas ou assincrônicas e contínua ou descontínua (Andrews & Kassan, 1976; Litsinger & Moody, 1976).



Figura 8. Consórcio de couve com leguminosa (*mucuna anã*) para adubação verde (a) e consórcio de culturas: alface e cenoura (b).

Considerando características espaciais, temporais e varietais dos sistemas agrícolas, Litsinger & Moody (1976) apontaram as implicações de diferentes tipos de manejo cultural relacionados à supressão de pragas com base em policultivos (Quadro 2).

Quadro 2. Tendência hipotética de aumento ou redução do potencial das pragas em agroecossistemas dependendo do arranjo dos cultivos no tempo e/ou no espaço (adaptado de Litsinger & Moody, 1976).

POTENCIAL DAS PRAGAS EM RELAÇÃO AO MANEJO DE CULTURAS		
POTENCIAL	ARRANJO DAS CULTURAS	
	ESPAÇO	TEMPO
BAIXO	<ul style="list-style-type: none"> - Consorciação/Policultivos - Plantio em alta densidade - Campos de pequeno tamanho - Campos de mosaico 	<ul style="list-style-type: none"> - Rotação de espécies cultivadas - Cultura perene - Cultura com maturação precoce - Plantio descontínuo - Plantio sincronizado - Plantio em estação não favorável para a praga
ALTO	<ul style="list-style-type: none"> - Culturas solteiras - Plantio em baixa densidade - Campos de grande tamanho - Campos agregados 	<ul style="list-style-type: none"> - Monocultura - Cultura anual - Cultura com maturação tardia - Plantio contínuo - Plantio não-sincronizado - Plantio em estação favorável para a praga

Como já mencionado, há evidências experimentais de que a biodiversidade representada pelos policultivos, muitas vezes, resulta em redução significativa dos danos causados por pragas (Dempster & Coaker, 1974; Litsinger & Moody, 1976; Perrin & Phillips, 1978; Altieri & Letourneau, 1982; Andow, 1991; Barbosa, 1998; Gurr et al., 1998).

Os mecanismos envolvidos no controle de pragas através da diversificação por policultivos são em geral decorrentes do aumento da abundância e/ou diversidade de inimigos naturais pela maior

disponibilidade de alternativas de alimento e abrigo, dificuldades de colonização e reprodução das pragas, repelência química, mascaramento e/ou inibição de alimentação por plantas não-hospedeiras, prevenção de movimento e/ou imigração e otimização da sincronia entre ciclos de pragas e seus respectivos inimigos naturais. Segundo Schoonhoven et al. (1998), herbívoros que chegam a um agroecossistema usam, para localizar seu hospedeiro (planta), estímulos visuais e/ou químicos. Em situação de policultivos, há uma ampla variedade de estímulos, que podem misturar-se uns aos outros, atuando no confundimento dos herbívoros que estão imigrando para esse sistema.

Na Inglaterra, Uvah & Coaker (1984) observaram que cenouras consorciadas com cebola são menos danificadas pela mosca-da-cenoura *Psila rosae* (F.) (Diptera: Psilidae), embora a redução na infestação tenha ocorrido somente quando as folhas da cebola estavam se expandindo e não quando as plantas tinham começado a produzir bulbos, sugerindo que estímulos químicos, os quais impedem os adultos de *P. rosae* de encontrar as plantas de cenoura, são emanados de folhas jovens. Maguire (1984) e Bach & Tabashnik (1990) sugerem o uso de tomate nas entrelinhas de couve e repolho, respectivamente, para controlar a traça das crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) uma vez que os voláteis emanados das plantas de tomate são repelentes à *P. xylostella*.

No norte da Califórnia, Altieri (1984) constatou que as densidades populacionais do pulgão *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae) e do besouro-pulga *Phyllotreta cruciferae* Goeze (Coleoptera: Chrysomelidae) foram significativamente menores em plantas de couve-flor cultivadas em associação com ervilhaca (*Vicia* sp.) que em monocultura. Observou ainda que couve-de-bruxelas em policultura com feijão fava (*Vicia faba* L., Fabaceae) e mostarda silvestre (*Brassica campestris*) abrigava mais espécies de inimigos naturais (seis espécies de predadores e oito espécies de parasitóides) que monocultura (três espécies de predadores e três espécies de parasitóides). Aparentemente, a presença de flores, nectários extraflorais, presas e hospedeiros alternativos associados