

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE DE GRADUAÇÃO TECNOLÓGICA EM
AGRICULTURA FAMILIAR E SUSTENTABILIDADE**



PRODUÇÃO AGROECOLÓGICA VEGETAL I

3º semestre



**Ministério
da Educação**



Presidente da República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministério da Educação

Fernando Haddad

Ministro do Estado da Educação

Maria Paula Dallari Bucci

Secretário de Educação Superior

Carlos Eduardo Bielschowsky

Secretário da Educação a Distância

Universidade Federal de Santa Maria

Clóvis Silva Lima

Reitor

Felipe Martins Muller

Vice-Reitor

João Manoel Espina Rossés

Chefe de Gabinete do Reitor

André Luís Kieling Ries

Pró-Reitor de Administração

José Francisco Silva Dias

Pró-Reitor de Assuntos Estudantis

João Rodolfo Amaral Flores

Pró-Reitor de Extensão

Jorge Luiz da Cunha

Pró-Reitor de Graduação

Charles Jacques Prade

Pró-Reitor de Planejamento

Helio Leães Hey

Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

João Pillar Pacheco de Campos

Pró-Reitor de Recursos Humanos

Fernando Bordin da Rocha

Diretor do CPD

Coordenação de Educação a Distância

Cleuza Maria Maximino Carvalho Alonso

Coordenadora de EaD

Roseclea Duarte Medina

Vice-Coordenadora de EaD

Roberto Cassol

Coordenador de Pólos

José Orion Martins Ribeiro

Gestão Financeira

Centro de Ciências Rurais

Dalvan José Reinert

Diretor do Centro de Ciências Rurais

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Coordenador do Curso de Graduação Tecnológica em
Agricultura Familiar e Sustentabilidade a Distância

Elaboração do Conteúdo

Elena Blume

Lia Rejane Silveira Reiniger

Marlove Fátima Brião Muniz

Sônia Thereza Bastos Dequech

Professoras pesquisadoras/conteudistas

Equipe Multidisciplinar de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologias da Informação e Comunicação Aplicadas à Educação - ETIC

Carlos Gustavo Matins Hoelzel

Coordenador da Equipe Multidisciplinar

Cleuza Maria Maximino Carvalho Alonso

Rosiclei Aparecida Cavichioli Laudermann

Silvia Helena Lovato do Nascimento

Ceres Helena Ziegler Bevilaqua

André Krusser Dalmazzo

Edgardo Gustavo Fernández

Marcos Vinícius Bittencourt de Souza

Desenvolvimento da Plataforma

Lígia Motta Reis

Gestão Administrativa

Flávia Cirolini Weber

Gestão do Design

Evandro Bertol

Designer

ETIC - Bolsistas e Colaboradores

Orientação Pedagógica

Elias Bortolotto

Fabrizio Viero de Araujo

Gilse A. Morgental Falkembach

Leila Maria Araújo Santos

Revisão de Português

Enéias Tavares

Rejane Arce Vargas

Rosaura Albuquerque Leão

Silvia Helena Lovato do Nascimento

Ilustração e Diagramação

Evandro Bertol

Flávia Cirolini Weber

Helena Ruiz de Souza

Lucia Cristina Mazetti Palmeiro

Ricardo Antunes Machado

Suporte Técnico

Adílson Heck

Cleber Righi

Sumário

UNIDADE A - Sistemas Integrados de Produção.....	5
Introdução	5
Objetivos:.....	5
1- Recursos genéticos em agroecossistemas.....	6
1.1 – A agricultura e a erosão genética	6
1.2 – Diversidade biológica (biodiversidade) e variabilidade genética.....	10
1.3 - Conservação dos recursos genéticos.....	12
1.4 – O melhoramento genético de plantas e a agricultura.....	14
Bibliografia Consultada.....	30
2. DIVERSIDADE E ESTABILIDADE DO AGROECOSSISTEMA	31
2.1 - Manejando o ecossistema como um todo.....	31
2.2. Vantagens obtidas pela biodiversidade.....	32
2.3. Interação entre agroecossistemas e ecossistemas naturais.....	34
2.4. Diversidade ecológica em agroecossistemas	35
2.5. Colonização e Diversidade	36
2.6. Diversidade, estabilidade e sustentabilidade	38
Bibliografia Consultada.....	39
3 - Manejo ecológico de culturas.....	40
3.1 Métodos para aumentar a diversidade nos sistemas agrícolas.....	40
Bibliografia Consultada.....	44
UNIDADE B - TRANSIÇÃO PARA A PRODUÇÃO AGROECOLÓGICA.....	45
Introdução	45
Objetivos	45
1. PERTURBAÇÃO, SUCESSÃO E MANEJO DO AGROECOSSISTEMA	46
1.1. Perturbação e recuperação em ecossistemas naturais	46
1.2. A perturbação do ecossistema.....	46
1.3. O processo de recuperação	47
1.4. Perturbação intermediária	47
1.5. Manejando a sucessão do agroecossistema	48
1.6. SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAFs).....	50
Bibliografia Consultada	54
2. INTERAÇÃO ENTRE AGROECOSSISTEMAS E ECOSISTEMAS NATURAIS.....	55
2.1 Agroecossistemas e ecossistemas naturais	55
2.3 Interação entre agroecossistemas e ecossistemas naturais.....	56
Bibliografia Consultada	64
3 ETAPAS DE TRANSIÇÃO	65
3.1 Conceito de transição agroecológica	65
3.2 Concepção biológica do processo de transição	65
3.3 Transição agroecológica	66
3.4 Transição agroecológica no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.....	77
Bibliografia Consultada	83

UNIDADE A

Sistemas Integrados de Produção

Introdução

Nesta unidade, serão estudados os Sistemas Integrados de Produção, tecnologias que permitem melhorar o aproveitamento de agroecossistemas por meio do cultivo de grãos, espécies arbóreas, frutíferas, gramíneas, oleaginosas e outras espécies, em uma mesma área, utilizando os sistemas de consórcio, rotação ou sucessão de culturas.

Objetivos:

- *compreender a importância da conservação dos recursos genéticos vegetais;*
- *conhecer os modos de reprodução dos vegetais superiores;*
- *conhecer abordagem sistêmica para estudo dos agroecossistemas;*
- *entender a diversidade de um sistema;*
- *conhecer as ligações entre a diversidade, a estabilidade e a sustentabilidade de um ecossistema.*

1- Recursos genéticos em agroecossistemas

1.1 – A agricultura e a erosão genética

A agricultura surgiu há cerca de 10 mil anos atrás, provavelmente, como alternativa ao modo de vida nômade e coletor-caçador da espécie humana. Naquela época, os homens viviam em pequenos grupos e moviam-se com as estações do ano de acordo com a oferta de alimentos. Ao observar o ciclo de vida das espécies vegetais, compreenderam que poderiam fazer uso de suas partes para propagação: teve início a agricultura, segundo uma das versões sobre a sua origem.

A agricultura praticada primitivamente transformou-se muito ao longo dos tempos, e o principal aspecto a destacar é a redução do número de plantas utilizadas pelo homem para alimentação, vestuário e construção.

A espécie humana vive em um mundo cuja riqueza em espécies vegetais é difícil de imaginar; são estimadas existir entre 250 mil-750 mil espécies (Ricklefs, 2003). Estima-se que o Brasil abrigue de 15% a 20% de todas as espécies animais e vegetais existentes, muitas delas com exclusividade. Dessas, apenas 300 mil plantas foram descritas. Há grupos de plantas bem conhecidos, apesar de não serem muito estudados, uma vez que, na maioria dos casos, desconhecem-se sua ecologia, genética, fisiologia, comportamento e valor utilitário.

Além disso, novas espécies continuam a ser descobertas todos os dias, mas enquanto o conhecimento científico parece avançar em progressão aritmética, o poder transformador/destruidor do homem cresce em progressão geométrica. A Fundação para a Vida Selvagem (“World Wild Life Foundation”) estima que se extinguem de 1-2 espécies vegetais por dia, principalmente por causa da atividade humana (IUCN, 2003).

Há poucos fatores que aumentam a **variabilidade genética** de uma população: a **hibridação**, a **migração** e a **mutação**. Há, porém, forças poderosas, em atividade, diminuindo a variabilidade. Entre outros mecanismos, encontram-se: redução física do número de indivíduos da população, em geral através da mão do homem; forças de **seleção artificial** atuando e diminuindo parte da variabilidade (também chamada **domesticação**); perturbações do ecossistema, tais como eliminação de elos como polinizadores, vetores de dispersão de pólen e de sementes, precipitação ácida. Todos esses fatores atuam sobre os ecossistemas naturais e indivíduos isolados, eventualmente levando ao isolamento e à diminuição do número de indivíduos que se reproduzem.

Do total de espécies de plantas descritas (mais de 300 mil), a

A GLOSSÁRIO

Variabilidade genética - representa a variação existente dentro de um táxon (população, subespécie ou espécie)

Hibridação – cruzamento entre plantas.

Migração – entrada (imigração) ou saída (emigração) de indivíduos da população.

Mutação - é a alteração, súbita e hereditária, do material genético, responsável pela formação de novos alelos.

Seleção artificial – procedimento, efetuado pelo homem, de escolher, em uma população geneticamente heterogênea, plantas individuais que apresentem as características desejadas

Domesticação – processo de alteração genética das populações naturais.

espécie humana consome, atualmente, cerca de 7 mil. No comércio, aproximadamente 150 espécies são importantes e, dessas, 103 constituem 90% de toda a alimentação humana. Três culturas – arroz, milho e trigo – perfazem 60% das calorias e 56% das proteínas derivadas das plantas. O que se verifica, portanto, é uma grande seletividade e a conseqüente redução da diversidade de espécies utilizadas pelo homem, um processo que foi batizado de erosão genética, em analogia à erosão do solo.

No Brasil, a situação não é diferente. A opção pelos monocultivos também é uma realidade que prejudica tanto a segurança alimentar da população quanto a **biodiversidade agrícola** do País. Para se ter uma idéia, a Articulação Soja-Brasil afirma que os espaços contínuos de monocultivo de soja já superam mais de 50 mil hectares.



Figura A1 – Lavoura de soja

Outras culturas como cana-de-açúcar e eucalipto também são cultivadas em larga escala no Brasil. Segundo o documento-base para a construção do Programa Nacional de Agrobiodiversidade, biomas inteiros, como o Cerrado, estão sendo devastados para o plantio de monoculturas.

A GLOSSÁRIO

Biodiversidade agrícola ou agrobiodiversidade - variedade e diversificação dos animais, plantas e microorganismos utilizados diretamente ou indiretamente para alimentação e agricultura, incluindo colheitas, gado, silvicultura e pesca. Inclui a diversidade dos recursos genéticos (variedades, raças) e espécies utilizados para a alimentação, forragem, fibra, combustível e fins terapêuticos. Inclui também a diversidade das espécies não colhidas que apóiam a produção (microorganismos terrestres, predadores, polinizadores) e os do ambiente mais vasto que apóiam os ecossistemas agrícolas (agrícolas, pastorais, florestais e aquáticos), assim como a diversidade dos próprios ecossistemas agrícolas.



Figura A2 – Cultivo de cana-de-açúcar

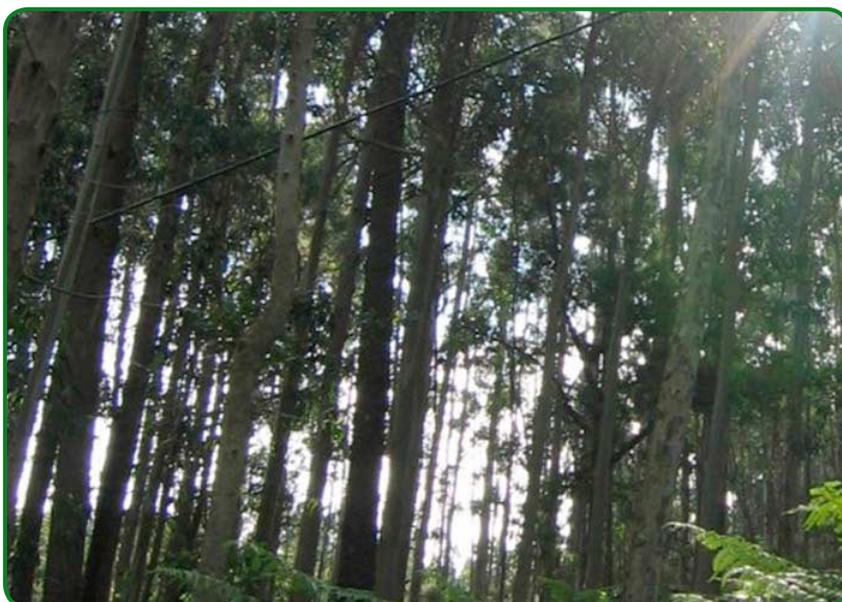


Figura A3 – Monocultivo do eucalipto

Outros fatores também são apontados como responsáveis pela perda da biodiversidade agrícola brasileira. São eles: (i) o desaparecimento quase que total das indústrias nacionais de sementes, cedendo o espaço aos grandes monopólios multinacionais de produção e comercialização de sementes; (ii) o crescimento da agricultura industrializada, com uso de insumos químicos, maquinaria e sementes melhoradas; (iii) o consumo cada vez maior de produtos industrializados; e, por fim, (iv) a apropriação privada dos conhecimentos das comunidades locais associados à biodiversidade, principalmente o uso

de plantas medicinais.

Os elevados níveis de Melhoramento Genético resultam em homogeneidade, em uniformidade, situação em que aumenta a vulnerabilidade das populações a eventuais mudanças do ambiente e ao surgimento de novas raças de patógenos e insetos. Diante deste quadro, existe a preocupação constante de manter suficiente variabilidade genética de espécies úteis ou potencialmente úteis para uso atual ou futuro através da conservação de recursos genéticos, assunto que será discutido no item 1.3.

Saiba mais

Para entendermos o significado de recursos genéticos, é necessário, em primeiro lugar, saber o que é material genético. Constitui material genético *“todo material de origem vegetal, animal, microbiana ou outra que contenha unidade funcional de hereditariedade”*. Por recursos genéticos, por sua vez, entende-se todo o material genético que possua valor real ou potencial, tais como cultivares melhoradas, cultivares tradicionais, variedades crioulas, parentes silvestres das culturas. Para entender estes dois conceitos da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), há que se saber, por outro lado, que uma unidade funcional de hereditariedade consiste em qualquer elemento biológico que contenha informação de origem genética, contida em DNA (ácido desoxirribonucléico) ou RNA (ácido ribonucléico). Portanto, todo e qualquer extrato de origem animal ou vegetal que não possua unidade funcional de hereditariedade, ou seja, do qual não se possa extrair a informação genética por meio de seu DNA ou RNA, não será considerado, para efeitos da CDB, material ou recurso genético.

Convenção sobre diversidade biológica (CDB) – um dos principais resultados da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, o CNUMAD (Rio 92) - foi realizada no Rio de Janeiro, em junho de 1992. É um dos mais importantes instrumentos internacionais relacionados ao meio ambiente e funciona como um guarda-chuva legal/político para diversas convenções e acordos ambientais mais específicos. A CDB é o principal fórum mundial na definição do marco legal e político para temas e questões relacionados à biodiversidade (168 países assinaram a CDB e 188 países já a ratificaram, tendo esses últimos se tornado parte da convenção). A CDB tem definido importantes marcos legais e políticos mundiais que orientam a gestão da biodiversidade em todo o mundo: o Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança, que estabelece as regras para a movimentação transfronteiriça de organismos geneticamente modificados (OGMs) vivos; o Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e a Agricultura, que estabelece, no âmbito da FAO

(Organização para a agricultura e alimentação), as regras para o acesso aos recursos genéticos vegetais e para a repartição de benefícios; as Diretrizes de Bonn, que orientam o estabelecimento das legislações nacionais para regular o acesso aos recursos genéticos e a repartição dos benefícios resultantes da utilização desses recursos (combate à biopirataria); as Diretrizes para o Turismo Sustentável e a Biodiversidade; os Princípios de Addis Abeba para a Utilização Sustentável da Biodiversidade; as Diretrizes para a Prevenção, Controle e Erradicação das Espécies Exóticas Invasoras; e os Princípios e Diretrizes da Abordagem Ecosistêmica para a Gestão da Biodiversidade. Igualmente no âmbito da CDB, foi iniciada a negociação de um Regime Internacional sobre Acesso aos Recursos Genéticos e Repartição dos Benefícios resultantes desse acesso.

1.2 – Diversidade biológica (biodiversidade) e variabilidade genética

A sobrevivência das populações naturais ao longo dos tempos depende de sua capacidade de variar (variabilidade) em situações de mudança do ambiente.

A biodiversidade refere-se a toda a diversidade genética de um local, desde os genes até as espécies, assim como os diferentes ecossistemas onde essas espécies existem, além de todas as interações complexas e vitais entre esses organismos. Engloba, portanto, todos os seres vivos de um local, tanto os vegetais quanto os animais e microrganismos, além de toda a diversidade genética dentro de suas populações – variabilidade genética (Kageyama et al., 2003).

Variabilidade, por sua vez, significa o estado ou a qualidade de ser variável ou estar sujeito à variação, isto é, apresentar a tendência a variar em forma, natureza, substância e outros.

A ocorrência de variação entre os indivíduos de uma população de reprodução sexuada que se entrecruzam pode ser verificada pela simples observação de suas características. Nos ecossistemas naturais não existem indivíduos idênticos. Essas diferenças são devidas a dois conjuntos de fatores bem diversos. Até certo ponto são decorrentes de diferenças de ambiente (disponibilidade de água e nutrientes, interceptação de luz, doenças e a outros fatores do ambiente). As variações também estão baseadas parcialmente em diferenças na composição genética dos indivíduos – variabilidade genética, sendo passíveis de transmissão aos descendentes.

Embora a variabilidade genética seja parte integrante da biodiversidade, os dois conceitos não devem ser confundidos. A biodiversidade expressa o número de taxa (espécies e subespécies) existentes em uma região e é uma expressão quantitativa, enquanto a variabilidade

genética representa a variação existente dentro de um táxon (população, subespécie ou espécie) e é qualitativa.

A variabilidade genética de origem natural é, primariamente, produto de mutação, considerada a fonte básica da variação, e da recombinação genética.

A mutação é a alteração, súbita e hereditária, do material genético, responsável pela formação de novos alelos. É um fenômeno de baixa frequência, estimado ocorrer, em média, em uma taxa de 1 a cada 1 milhão de gametas formados. As mutações ocorrem de maneira casual, não necessariamente fornecendo ao organismo maior adaptação ao ambiente.

A recombinação genética consiste na formação de novas combinações de alelos, e é resultante da permuta genética (crossing-over) entre cromátides não-irmãs de cromossomos homólogos na prófase meiótica e da distribuição independente de cromossomos não homólogos (segregação cromossômica) na meiose.

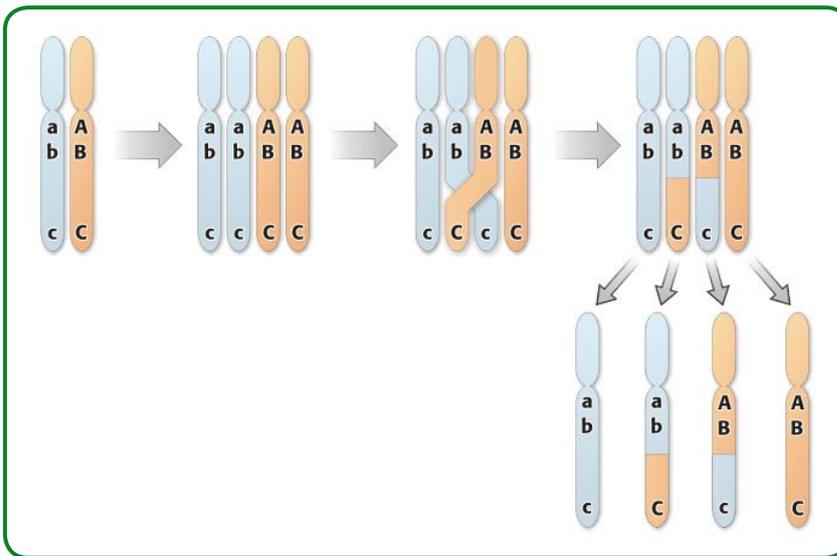


Figura A4 – Crossing-over e recombinação cromossômica (Adaptado de: www.evolutionpages.com)

A fixação da variação resultante desses processos é realizada pela seleção – natural ou artificial – e/ou pelo acaso. No caso da seleção ser efetuada pelo homem (artificial), a escolha recai sobre as combinações genéticas consideradas úteis ao Melhoramento Genético, como, por exemplo, crescimento, indeiscência dos grãos, produtividade. Sob a ação da seleção natural são preservados os genótipos mais adaptáveis às condições ambientais vigentes.

1.3 - Conservação dos recursos genéticos

A conservação dos recursos genéticos pode ser efetuada de duas maneiras: conservação *in situ* (no local de origem e evolução) e conservação *ex situ* (fora do local de origem e evolução).

No Brasil, a conservação dos recursos genéticos é efetuada através do estabelecimento de unidades de conservação (UC). As UC são regulamentadas pela Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000, a qual instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, parte dos compromissos que o Brasil assumiu ao assinar a Convenção da Biodiversidade (CBD), em 1992.

A conservação *in situ* diz respeito à conservação de plantas e animais em suas comunidades naturais. As unidades operacionais podem ser parques nacionais, reservas biológicas, reservas genéticas, estações ecológicas, santuários de vida silvestre, e até mesmo propriedades rurais (conservação “on-farm”). As espécies que se encontram nessas condições estão sob influência direta da seleção natural e, portanto, em contínua evolução e adaptação ao ambiente.

No Brasil, a conservação *in situ* é praticada de acordo com dois modelos: UC de uso indireto e de uso direto. As UC de uso indireto destinam-se à conservação da biodiversidade, à pesquisa científica, à educação ambiental e à recreação. Nessas unidades não é permitida a exploração dos recursos naturais, sendo possível apenas usufruir indiretamente dos seus benefícios. Essas unidades incluem as reservas biológicas, os parques nacionais, áreas de interesse ecológico, as reservas particulares do patrimônio nacional e as áreas sob proteção especial. As UC de uso direto dedicam-se à conservação da biodiversidade, porém é permitido o uso de seus recursos naturais de forma sustentável. Essa modalidade inclui as florestas nacionais, as áreas de proteção ambiental e as reservas extrativistas (Nass et al, 2001).

No Brasil, há 570 reservas de uso indireto e 727 de uso direto (Neto, 2006). Além disso, quase todos os estados e municípios têm sistemas de Parques e Reservas, incluídas no SNUC, cuja finalidade é conservar áreas representativas de seus ecossistemas.

Contudo, o atual sistema de UC é insuficiente para a conservação da **biota** nacional. As UC cobrem apenas 7,8% da Amazônia, 2,2% do cerrado, menos de 2% da Mata Atlântica, e menos de 1% da área da caatinga. As UCs cobrem não apenas uma pequena extensão dos limites originais de cada **bioma**, mas também muito da variação dos tipos de ambiente de cada bioma não está bem representada. Além da área e da representatividade insuficiente, as atuais UC também não protegem efetivamente nem o conjunto de espécies listadas oficialmente como ameaçadas de extinção. Em estudo feito pela força tarefa responsável pela ampliação da rede de UC da Mata Atlântica da Bahia,

A GLOSSÁRIO

Biota - é o conjunto de seres vivos de um ecossistema, o que inclui a flora, a fauna, os microrganismos.

Bioma - corresponde a uma região com o mesmo tipo de clima e vegetação. Biomas são um conjunto de ecossistemas de mesmo tipo.

foi observado que, atualmente, apenas 11% das espécies de vertebrados ameaçados encontram-se com populações protegidas dentro de UC, 43% estão com populações parcialmente protegidas, e 46% não estão presentes em nenhuma unidade (Neto, 2006).

A conservação *ex situ* refere-se à conservação dos recursos genéticos fora dos locais onde se originaram e evoluíram. Pode ser estabelecida nas modalidades *in vivo* (coleção de base, coleção ativa, coleção de trabalho, coleção a campo) ou *in vitro* (criopreservação e coleção genômica). Um resumo das principais características de cada tipo de coleção é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição resumida dos tipos de coleções utilizados na conservação *ex situ* de recursos genéticos vegetais.

Tipo de Coleção	Características
Coleção de Base	Destinada a conservar o germoplasma a longo prazo pela utilização de processos de frigorificação, com temperaturas entre -18°C e -20°C. No caso de sementes, seu grau de umidade deve ser reduzido para o intervalo entre 4% a 6%.
Coleção Ativa	Conserva amostras de germoplasma em médio prazo, com temperatura acima de zero e abaixo de 15°C.
Coleção de Trabalho	Destinada à conservação das amostras com as quais o pesquisador está trabalhando.
Coleção a Campo (<i>in vivo</i>)	Destinada a conservar espécies que não toleram a redução de umidade para o armazenamento. Muito utilizada para as espécies que apresentam reprodução vegetativa. Suas principais limitações são a exposição aos fatores bióticos e abióticos e a área exigida para manter as coleções.
Coleção <i>in vitro</i>	Destinada a conservar espécies que não toleram a redução de umidade para o armazenamento, sendo uma excelente alternativa para as espécies conservadas <i>in vivo</i> (a campo). Oferece maior segurança e economia de espaço, porém não elimina a necessidade de renovação periódica da coleção.
Criopreservação	Conservação <i>in vitro</i> de germoplasma em longo prazo pela utilização de nitrogênio líquido em temperatura ultrabaixa (-196°C).
Coleção Genômica	Destinada a conservar coleção de fragmentos de DNA clonados, que incluem praticamente toda a informação genética de uma determinada espécie.

Fonte: Nass et al, 2001

1.4 – O melhoramento genético de plantas e a agricultura

Desde os primórdios da agricultura os homens praticaram empiricamente o Melhoramento Genético dos seus cultivos, efetuando seleção artificial e promovendo a hibridação entre formas vegetais por eles reunidas. As forças da seleção natural constituíam um importante componente da agricultura praticada, uma vez que as plantas tinham de sobreviver por si só aos rigores do ambiente natural. Os agricultores daquela época cuidavam de certas espécies de ocorrência natural, modificando seus **habitats**, facilitando a sua reprodução, controlando seus competidores e, eventualmente, transferindo-as para locais mais convenientes. Paulatinamente, os agricultores foram se aperfeiçoando na arte de modificar geneticamente as características das espécies úteis e também em controlar o ambiente. Isso deu início ao processo de domesticação das plantas. À medida que avançou a domesticação aumentou a interferência humana sobre as espécies cultivadas, chegando a tal ponto que as plantas não sobrevivem fora do ambiente de um agroecossistema. Para Gliessman (2001), em termos ecológicos a interdependência entre o homem e as plantas e animais domesticados pode ser considerada um mutualismo obrigatório.

O Melhoramento Genético surgiu como ciência, entretanto, apenas após a divulgação das idéias de Mendel sobre as bases da hereditariedade e de Darwin sobre a origem das espécies, no século XX. Ao longo do século XX o Melhoramento evoluiu como ciência e produziu um enorme conjunto de variedades melhoradas dos principais cultivos de importância econômica, desenvolvido sob a ótica da Revolução Verde: cultivares de base genética estreita, altamente responsivas à melhoria do pH do solo e à adubação, mas extremamente vulneráveis sob o ponto de vista da sustentabilidade.

As culturas foram selecionadas para altos rendimentos, melhor aparência e gosto, resposta rápida ao suprimento de água e fertilizantes, facilidade de colheita e processamento, resistência a danos por transporte, vida mais longa de prateleira. Esse processo de seleção alterou bastante a morfologia e a fisiologia das plantas, com reflexos na partição do carbono: as plantas domesticadas armazenam uma proporção muito maior de biomassa nas partes a serem colhidas comparadas às espécies das quais elas se originaram. Em conseqüência, há menos energia para uso em características ou comportamentos que conferem resistência – a capacidade de resistir a estresses, ameaças ou fatores limitantes bióticos e abióticos. Em casos mais extremos, foram eliminadas completamente do genótipo características que conferem resistência. Em função disso, as variedades melhoradas, muitas vezes, exigem condições ótimas no que diz respeito à umidade do solo, disponibilidade de nutrientes, temperatura e fotoperíodo, e ausência de patógenos e insetos-praga para terem um

A GLOSSÁRIO

Habitat - inclui o espaço físico e os fatores abióticos que condicionam um ecossistema, e por essa via determinam a distribuição das populações de determinada comunidade.

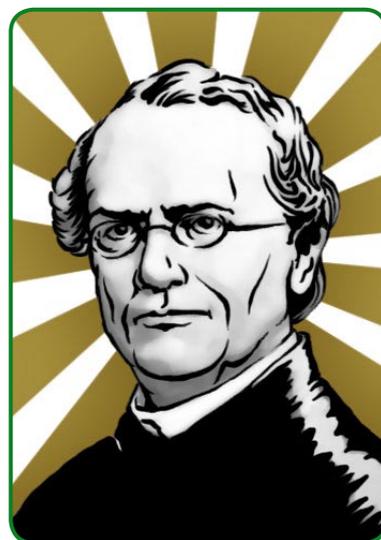


Figura A5 - Gregor Mendel

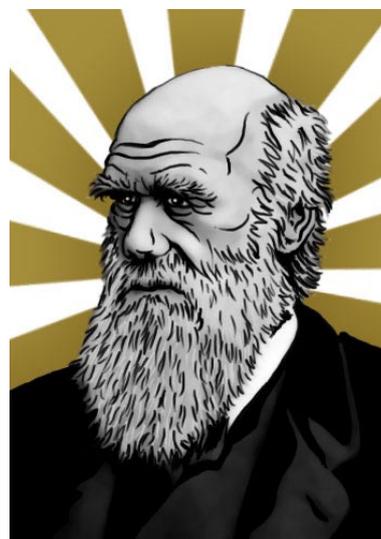


Figura A6 - Charles Darwin

bom desempenho e expressarem as características.

O Melhoramento Genético, da forma como foi predominantemente praticado até agora, vulnerabilizou a agricultura, no sentido de torná-la dependente de insumos externos, na forma de sementes de variedades melhoradas, fertilizantes inorgânicos, herbicidas, fungicidas e irrigação, para obter um bom desempenho em produção. Contudo esses insumos externos são a principal causa da poluição e degradação ambiental geradas pela agricultura convencional. Em resposta a isso há uma tendência mundial de busca pelo desenvolvimento sustentável, pela prática de uma agricultura sustentável. Contudo, há, também, a necessidade de implementar um Melhoramento de plantas direcionado ao desenvolvimento de cultivares para uso em agricultura de “pequena entrada” de insumos externos – “low input agriculture” - e, até mesmo, o Melhoramento sustentável.

1.4.1 – A reprodução das plantas superiores

A escolha da estratégia de Melhoramento Genético depende fundamentalmente do tipo de reprodução que a espécie vegetal ou o homem utiliza para propagá-la.

A reprodução é o processo que permite a continuidade ou o aumento da população. Os vegetais superiores podem ser divididos, primeiramente, em dois grupos quanto ao sistema de reprodução: o sistema sexual e o sistema assexual.

A reprodução sexual envolve a união de gametas (fecundação) oriundos do mesmo ou de diferentes indivíduos.

Na reprodução assexual, o processo de multiplicação não envolve fecundação. A reprodução assexual pode ser efetuada pelo uso de órgãos da planta, como estacas da parte aérea ou raiz ou por estruturas especializadas, como gemas ou caules/raízes modificados ou, ainda, envolvendo meristemas, ápices caulinares, calos e embriões, sendo denominada propagação vegetativa ou agâmica. Há, também, um tipo de reprodução assexual que leva à formação de sementes, a Apomixia Agamospérmica ou Apomixia.



Figura A7 – Enxertos prontos de grevilea

(Fonte: sistemasdeproducao.cnpia.embrapa.br, Fotografia: Emerson Gonçalves Martins)

A reprodução sexual, o modo predominante de propagação dos vegetais superiores, é caracterizada pela fusão de gametas de origem sexual. Envolve duas fases ou gerações: a) fase esporofítica ou diplóide; e b) fase gametofítica ou haplóide.

A fase esporofítica é representada pela planta adulta (o esporófito) que sofre meiose produzindo esporos com número cromossômico reduzido (n), um processo denominado esporogênese. Após a redução do número cromossômico, inicia-se a fase gametofítica, em que os esporos formados sofrem outras divisões nucleares originando os gametófitos, que são estruturas que conduzem os gametas. Esta fase é a verdadeira gametogênese, no sentido de formação de gametas, embora todo o processo (esporogênese + gametogênese) seja conhecido por este nome.

A reprodução sexual é caracterizada pela fecundação (= fusão de gametas). Nas angiospermas, a fecundação é considerada dupla, originando o zigoto ou núcleo do embrião ($2n$) e o núcleo do endosperma ($3x$), conforme pode ser observado na Figura xx. Nas gimnospermas, mais particularmente no grupo das coníferas, não ocorre a formação do núcleo do endosperma, de modo que a fecundação é simples (Figura A8).

Além disso, as coníferas e as angiospermas diferem, também, no intervalo de tempo decorrido entre a polinização e a fecundação, que é bem maior nas coníferas.

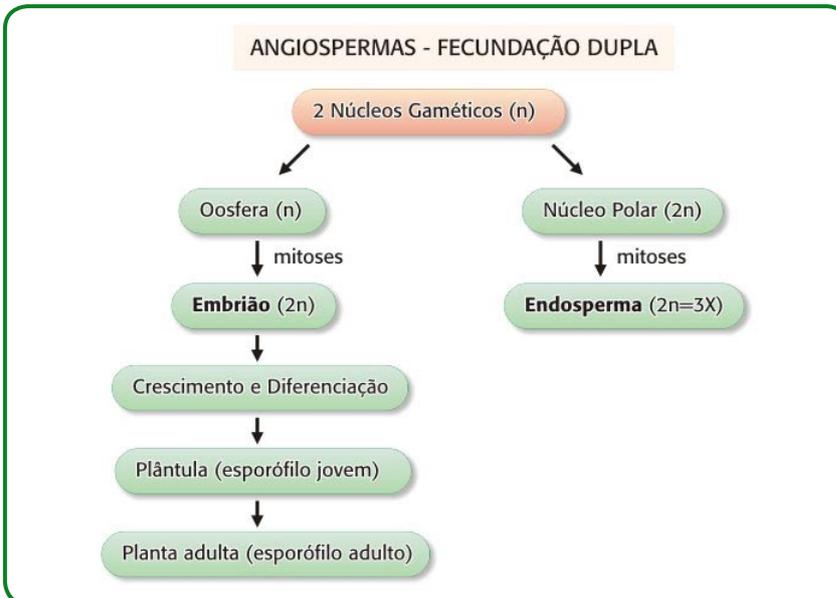


Figura A8 - Representação diagramática da dupla fecundação das angiospermas e da formação da planta adulta a partir do zigoto.

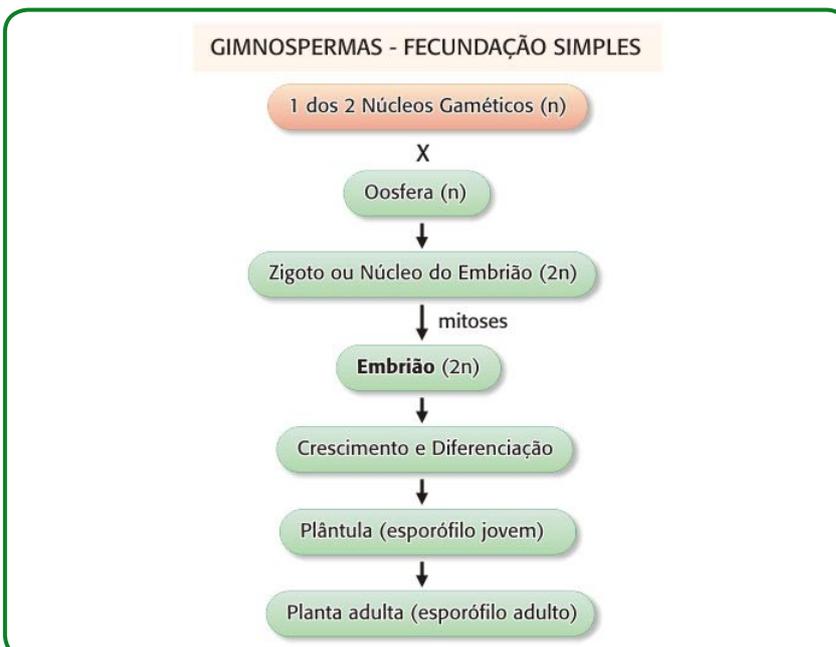


Figura A9 - Representação diagramática da fecundação das gimnospermas e da formação da planta adulta a partir do zigoto.

Nas angiospermas, os órgãos sexuais (estames e carpelos) formam-se nas flores. Os estames e os carpelos são as estruturas diretamente envolvidas na reprodução sexual. Essas estruturas ocorrem em disposições variadas nas flores ou plantas e podem maturar em épocas distintas, isto é, pode existir separação espacial e/ou temporal dos órgãos reprodutivos, o que favorece a um dos tipos de fecundação, a

fecundação cruzada.

Expressão Sexual:

- Na flor individual: a flor individual pode ser classificada como:
 - a) hermafrodita ou andrógina: quando apresenta estames e carpelos;
 - b) estaminada ou andrôica: quando apresenta apenas estames; e c)
 - carpelada ou ginóica: quando apresenta apenas carpelo(s).



Figura A10 - Flor hermafrodita (hibisco)

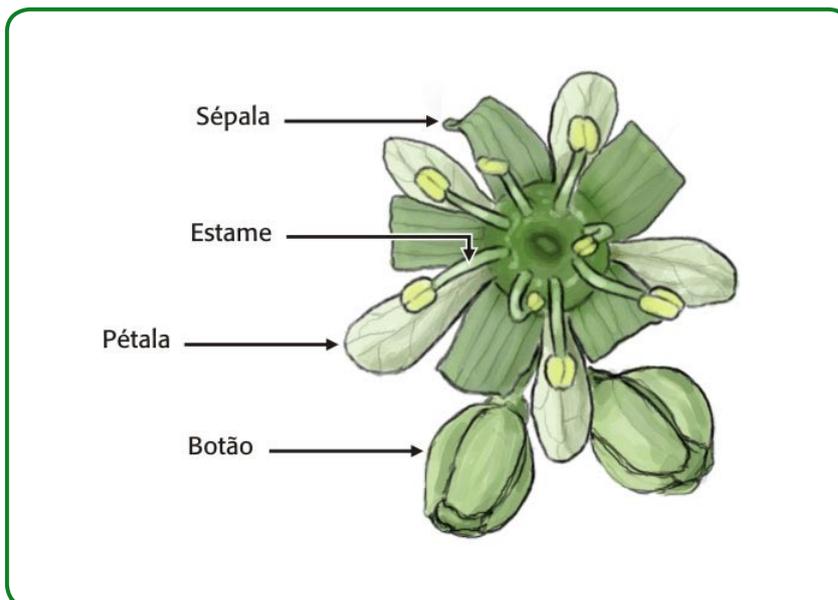


Figura A11 - Flor andrôica (dendro)
Adaptado de: dendro.cnptia.embrapa.br



Figura A12 - Flor ginóica (melancia)

- Na planta individual: a planta individual, como conjunto de flores, pode ser classificada como: a) hermafrodita ou andrógina: quando apresenta flores hermafroditas; b) monóica: quando apresenta flores estaminadas e flores carpeladas; c) andróica: quando apresenta apenas flores estaminadas; d) ginóica: quando apresenta apenas flores carpeladas; e) andromonóica: quando apresenta flores estaminadas e flores hermafroditas; f) ginomonóica: quando apresenta flores carpeladas e flores hermafroditas; g) trimonóica: quando apresenta os três tipos de flores, estaminadas, carpeladas e hermafroditas.

- No grupo de plantas: o grupo de plantas, na maioria dos casos, pode ser definido como a espécie, mas pode compreender também uma população isolada. Pode, ainda, ser uma população obtida por Melhoramento e mantida como tal pelas condições de Melhoramento ou de cultivo. A expressão sexual do grupo de plantas pode, por sua vez, ser classificada em: a) hermafroditas ou andróginas: consistindo de plantas hermafroditas. Ex.: soja, arroz; b) monóicos: com plantas monóicas. Ex.: milho; c) dióicos: formado por plantas andróicas e plantas ginóicas. Ex.: erva-mate; d) androdioicos: com plantas andróicas e plantas hermafroditas; e) ginodioicos: com plantas ginóicas e plantas hermafroditas; entre outras combinações mais incomuns.

Em relação à atividade dos órgãos sexuais, as plantas hermafroditas podem ser classificadas em dois grupos principais: a) homogâmicas - quando os órgãos sexuais estaminado e carpelado amadurecem ao mesmo tempo; e b) dicogâmicas - quando os órgãos sexuais amadurecem em épocas diferentes, o que favorece a fecundação cruzada.

Essas modificações florais podem ser observadas na Figura A13.

Homogamia	Cleistogamia:	a liberação do pólen e a receptividade do estigma ocorrem quando a flor está fechada; favorece a autofecundação.
	Casmogamia:	a flor está aberta quando o pólen é liberado e/ou o estigma está receptivo, podendo ocorrer: - hercogamia: barreiras morfológicas ou fisiológicas impedem ou dificultam a autofecundação, favorecendo a fecundação cruzada; ou - autogamia: a flor é capaz de se autofecundar.
Dicogamia	Protoginia:	a receptividade do estigma precede a liberação de pólen.
	Protandria:	a liberação de pólen precede a receptividade do estigma

Figura A13 - Classificação das modificações da flor hermafrodita.

As espécies de reprodução sexual são, adicionalmente, classificadas de acordo com o tipo de fecundação predominante. Assim, são consideradas autógamas as espécies em que a taxa de fecundação cruzada não ultrapassa 5% do total de fecundações que ocorrem; por outro lado, são alógamas as espécies em que a taxa de fecundação cruzada é superior a 95% do total de fecundações.

Espécies de autofecundação ou autógamas

São incluídas neste grupo as espécies que se reproduzem preponderantemente por autofecundação. A autofecundação é resultante da união dos gametas masculino e feminino procedentes do mesmo indivíduo, formados na mesma flor ou em flores diferentes. Nesse grupo também podem ocorrer fecundações cruzadas, mas, em geral, não ultrapassam a taxa de 5%. Trigo, soja, aveia, cevada, arroz, alface, tomate, tabaco são exemplos de plantas autógamas.

Como mecanismos que favorecem a autofecundação, em espécies hermafroditas, podem ser citados: a) cleistogamia*; e b) morfologia floral que impede a fecundação cruzada. Podem, ainda, ser relacionados à autofecundação, como fenômenos associados, a presença de flores sem atrativos para insetos e a produção relativamente pequena de pólen, em comparação à produção polínica de espécies alógamas, já que, nas autógamas, a polinização é efetuada basicamente pela ação da gravidade e o pólen percorre pequenas distâncias.



Figura A14 - Flor **cleistogâmica** de feijão

A GLOSSÁRIO

Flor cleistogâmica - flor que se autopoliniza e autofecunda, sem estar aberta.



Figura A15 - Flor de tomate

Tabela 2 - Proporções genotípicas nas diferentes gerações de autofecundação, considerando apenas um par de alelos.

Geração	Genótipos			Proporções Genotípicas		
				AA	Aa	aa
S0		Aa		0	1,0	0
S1	AA	Aa	aa	0,25	0,50	0,25
S2	AA	Aa	aa	0,375	0,25	0,375
S3	AA	Aa	aa	0,4375	0,125	0,4375
S4	AA	Aa	aa	0,46875	0,0625	0,46875

As espécies autógamas apresentam mais variações entre populações diferentes que dentro de uma única população, ainda assim, uma população natural é formada por uma mistura de linhas puras. Por linha pura define-se a descendência de uma única planta homocigota por autofecundação. A autofecundação conduz à homocigose, portanto, plantas autógamas apresentam a maioria dos genes nesta condição. Na Tabela 1 pode ser visualizado o processo de formação de duas linhas puras (AA e aa) a partir da autofecundação de um indivíduo heterocigoto para um par de alelos e a concomitante redução da heterocigosidade e aumento da homocigosidade.

Espécies de fecundação cruzada ou alógamas

Fecundação cruzada ou alogamia é a união de gametas produzidos por plantas diferentes. Esse processo é favorecido por uma série de mecanismos que atuam de forma isolada ou combinada. Destacam-se, entre eles:

- a) Diocia;
 - b) Monoicéia;
 - c) Dicogamia;
 - d) Hercogamia (barreiras morfológicas ou fisiológicas);
 - e) Heterostília (comprimento de estiletos e de filetes é diferente).
- Ex.: primula;

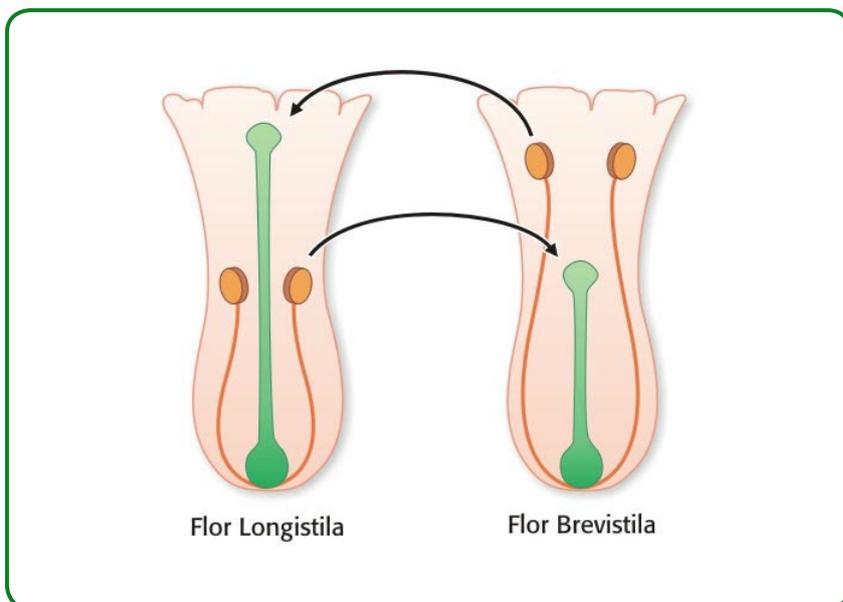


Figura A16 – Representação esquemática da heterostilia
Adaptado de: www.biologia.edu.ar

f) Autoincompatibilidade: é a impossibilidade de produção de zigoto pela autofecundação ou pela fecundação de plantas que apresentam os mesmos alelos de incompatibilidade. É um mecanismo genético-fisiológico efetivo para promover a fecundação cruzada de ocorrência bastante comum nas famílias das compostas, leguminosas, solanáceas, crucíferas e gramíneas;

g) Macho-esterilidade: refere-se à incapacidade da planta hermafrodita ou monóica de produzir pólen viável ou até mesmo de não diferenciar estames. De uma maneira geral, a esterilidade masculina é condicionada por sistemas genéticos, citoplasmáticos ou genético-citoplasmáticos.

Podem, ainda, ser relacionados à fecundação cruzada, como fenômenos associados, a produção de grande quantidade de pólen, característica de plantas polinizadas pelo vento, e a presença de flores vistosas, perfumadas e de cores vivas, em plantas polinizadas pelos insetos.

As plantas de uma população alógama são, normalmente, muito heterozigotas, tendendo a manter-se esta heterozigosidade nas sucessivas gerações de fecundação cruzada. A redução da heterozigosidade conduz, geralmente, à perda de vigor e efeitos associados, como pode ser observado na descendência de indivíduos autofecundados (depressão por endogamia). A intensidade dos efeitos de depressão de vigor decorrente de endogamia é variável de espécie para espécie, indo desde a ausência de manifestação, em algumas espécies, até o comprometimento da sobrevivência da população em outras espé-

cies.

A fecundação cruzada permite maior variabilidade genética e maior recombinação potencial de genes, algumas dessas combinações podem ser adaptativas.

São alógamas as seguintes espécies: centeio, azevém, girassol, couve, milho, pepino, manga, ameixa, entre outras.

A reprodução assexuada constitui uma forma de continuidade e aumento da população por meio de propágulos localizados na região floral ou fora dela. Esses propágulos têm a capacidade de regenerar uma planta inteira por meio de divisões mitóticas sucessivas e de processos de desenvolvimento (diferenciação e morfogênese). Isso é possível pela existência da totipotência celular, que consiste no fato de que as células contêm todas as informações necessárias para gerar um “novo” indivíduo. Conseqüentemente, a descendência, denominados clones, é geneticamente idêntica entre si e em relação ao genitor. Clones assim formados não apresentam variação genética entre si.

A reprodução assexuada (agâmica) promovida por partes vegetativas da planta é denominada propagação vegetativa. Algumas espécies de angiospermas dispensaram completa (alho, p.ex.), ou quase completamente, o processo sexual. Estes vegetais podem apresentar flores, mas nelas não se formam sementes; a propagação é efetuada por meios vegetativos. Exemplos de espécies de propagação vegetativa incluem bananeira, batata, morango, batata-doce, mandioca, cebola, roseira, citros.

Para fins produtivos a propagação vegetativa ou clonal, é efetuada a partir de estacas da parte aérea ou da raiz ou por estruturas vegetais especializadas, como gemas, estolões, rebentos (caules ou raízes modificados). Os métodos geralmente utilizados na macropropagação são: estaquia, enxertia, alporquia e mergulhia. Também podem ser empregadas técnicas de cultivo *in vitro* (cultura de células, tecidos e órgãos), ou a micropropagação, que utiliza pequenos segmentos da planta, denominados explantes, que são estimulados a se multiplicar e, posteriormente, a enraizar, regenerando plântulas. Indivíduos oriundos de uma mesma planta (ortete) são denominados rametes.

Nas espécies de propagação vegetativa não ocorre nenhum tipo de alternância de gerações (nem morfológica nem cromossômica), já que o novo esporófito surge diretamente do esporófito original, sem passar pela fase gametofítica.

A apomixia consiste na formação de sementes sem que ocorra a fusão gamética, ou seja, a fecundação. A meiose também não participa do processo, mesmo que ocorra normalmente na espécie. O embrião é formado autonomamente a partir de um núcleo não reduzido ($2n$) do saco embrionário ou mesmo do ovário. O processo apomítico

envolve substitutos da meiose, coletivamente designados como apomeiose, e substitutos da fecundação, sendo os dois completamente independentes. A apomixia é muito freqüente nos membros das famílias das gramíneas, compostas e rosáceas, incluindo os gêneros *Paspalum*, *Poa*, *Rubus*, *Citrus*.

As sementes assexuais, por mitoses sucessivas e processos de crescimento e desenvolvimento, formam um novo esporófito (planta adulta) geneticamente idêntico àquele que lhe deu origem.

A exemplo do que ocorre no processo sexual, na apomixia também ocorre uma alternância de gerações (fases gametofítica e esporofítica). Contudo, na apomixia, a alternância é apenas morfológica, não sendo relacionada à redução do número cromossômico (de $2n$ para n), como ocorre na reprodução sexual.

Nas espécies que se propagam assexuadamente, pode ocorrer também a reprodução sexuada. A reprodução sexual permite o fluxo gênico entre indivíduos (hibridação), o que amplia a variabilidade genética, favorecendo o Melhoramento Genético destas espécies.

As populações originadas por reprodução assexuada são altamente heterozigotas, visto serem provenientes da multiplicação de indivíduos que foram, provavelmente, selecionados por evidenciarem elevado vigor. A heterozigose se explica em função da correlação positiva existente entre vigor e heterozigose. Assim, quando reproduzidas por via sexual, essas espécies evidenciam ampla segregação, aparecendo indivíduos, na grande maioria, inferiores aos originais.

Contudo, a propagação clonal utilizada para a multiplicação de indivíduos conduz à formação de uma progênie uniforme, isto é, todos os indivíduos têm o mesmo genótipo embora esse seja altamente heterozigoto. Dentro de um clone (entre os ramos de um ortete) poderá ocorrer alteração no genótipo apenas devido a mutações, a alterações cromossômicas ou à variação somaclonal (aparecimento de novos fenótipos na cultura de tecidos), o que contribui para introduzir variabilidade genética no material.

1.4.2 – Os métodos de melhoramento genético

Há, basicamente, três grandes métodos de Melhoramento Genético: a introdução de **germoplasma**, a seleção e a hibridação. A partir da inclusão de procedimentos específicos adaptados às peculiaridades genéticas das três principais classes de plantas (autógamas, alógamas e de reprodução assexuada), foram desenvolvidas muitas derivações desses métodos, destacando-se a seleção de linhas puras e a seleção massal.

A introdução de germoplasma está associada à entrada de recur-

A GLOSSÁRIO

Germoplasma - o conjunto de genótipos de uma espécie, considerada como um todo.

sos genéticos em um novo local, a fim de atender às necessidades da agricultura e/ou como forma de oferecer soluções rápidas a problemas específicos, tal como o aparecimento de uma nova doença. A introdução de plantas surgiu a partir dos deslocamentos humanos, ampliando, em cada local, a oferta de alimentos às populações. Em consequência, a agricultura atual cultiva espécies que não necessariamente surgiram e/ou evoluíram localmente (espécies autóctones, indígenas ou nativas), pelo contrário, há uma gama de cultivos exógenos. Por exemplo, no mundo todo, a dieta alimentar é composta por pão, um alimento derivado do trigo (*Triticum aestivum* L.) cuja origem é o oriente próximo.



Figura A17 - Espigas de trigo

A introdução de espécies exóticas constitui-se em uma maneira de ampliar a diversidade biológica e a variabilidade genética. Contudo há que se considerar o risco de perturbação que a entrada de uma nova espécie vegetal pode trazer aos ecossistemas naturais, principalmente quando a planta introduzida apresenta um comportamento agressivo, que torne difícil a sua erradicação do meio ambiente. Um exemplo disso foi a introdução do capim-anoni (*Eragrostis* spp) no Rio Grande do Sul, uma gramínea forrageira originária da África de baixo valor nutricional, que se comporta, hoje, como planta daninha. Apregoada, inicialmente, como uma alternativa à escassez de forragens no inverno para a alimentação dos rebanhos, sua eliminação das pastagens, de outras áreas das propriedades rurais para onde se disseminou e, até mesmo, das margens das rodovias, tem sido objeto de estudos por parte de instituições de pesquisa agropecuária. Outro exemplo

foi a introdução de eucaliptos no Brasil, que provocou um aumento nas populações de caturrita, tornando-as pragas de cultivos agrícolas. Esse aumento populacional foi decorrente da adoção de árvores de eucaliptos para a nidificação dessas aves, em substituição a espécies de menor porte, fazendo com que as caturritas escapassem de seus predadores naturais.



Figura A18 - Caturritas

Depois de introduzidos, os recursos genéticos vegetais podem ser: multiplicados diretamente e distribuídos aos agricultores; selecionados; ou ser incluídos em hibridações (cruzamentos) com genótipos adaptados às condições locais, sendo sua descendência, posteriormente, selecionada. No primeiro caso, a população inteira introduzida é de interesse; no segundo, alguns genótipos; e, no terceiro, alguns genes exóticos apresentam características que podem ser transferidas, via cruzamento, para plantas que já se encontram adaptadas.

A seleção, procedimento de efetuar escolhas com base em critérios, constitui-se, portanto, em método que reduz a variabilidade genética, pois torna a população resultante menos heterogênea, quando não homogênea. Ao praticar seleção artificial, os agricultores e os melhoristas de plantas decidem que genótipos irão contribuir, com genes, para a formação da descendência e quais não irão participar. Os critérios de escolha sobre os quais está assentada a seleção, em tempos de agricultura convencional, são características relacionadas, direta ou indiretamente, à produtividade, sendo incentivada a homogeneidade genética, a uniformidade, de maneira a simplificar o funcionamento

do agroecossistema, tornando mais rápidas, simples e baratas as tarefas de implantação, manejo e colheita dos cultivos.

A seleção de linhas puras é uma modalidade de seleção que resulta no desenvolvimento de cultivares homogêneas uma vez que, geralmente, está presente um único genótipo, consideradas as características morfoagronômicas que foram objeto de seleção. A cultivar desenvolvida, em geral, apresenta ampla adaptabilidade, alto potencial de rendimento, é responsiva a adubações e irrigações, contudo é muito vulnerável a estresses bióticos (doenças, insetos-praga) e abióticos (geadas, calor, frio, seca, alagamento, acidez do solo, etc.).

A seleção massal, por sua vez, origina cultivares mais heterogêneas sob o ponto de vista genético e, portanto, menos vulneráveis a mudanças do ambiente. É a modalidade de seleção praticada na agricultura tradicional, que leva à conservação das denominadas variedades crioulas.

A hibridação tem por objetivo reunir, em um único genótipo, genes que se encontram distribuídos em duas ou mais plantas individuais, conduzindo à formação de uma combinação de características ditas superiores. Esse método de Melhoramento amplia a variabilidade genética, assim com a introdução de plantas. São promovidos cruzamentos artificiais, dirigidos, envolvendo dois, três, quatro ou mais genitores, dependendo do número de características que se deseja reunir e das fontes disponíveis. Quanto maior o número de genitores envolvidos, maior será a variabilidade genética obtida. Podem ser utilizados parentais da mesma espécie, de espécies diferentes do mesmo gênero ou espécies de gêneros diferentes, desde que compatíveis geneticamente. O híbrido resultante desses cruzamentos poderá ou não ser fértil sob o ponto de vista sexual, o que está na dependência da existência de homologia entre os conjuntos de cromossomos reunidos. Caso não haja homologia cromossômica entre os genitores, ainda resta a possibilidade de propagação pela via vegetativa.

1.4.3 – O melhoramento sustentável

O Melhoramento em direção à sustentabilidade é definido como o processo de desenvolver cultivares para um ambiente específico ao invés de alterar o ambiente (por adubação, irrigação, pulverização de inseticida) para promover a adaptação à cultivar. Dessa maneira, haverá a utilização de um maior número de variedades de uma dada cultura, ampliando-se a variabilidade genética em um local e, ao mesmo tempo, reduzindo-se a vulnerabilidade dos cultivos.

O Melhoramento sustentável requer uma profunda mudança na filosofia de Melhoramento. É necessário desenvolver cultivares com

base genética mais ampla, inseridas em consórcios, sucessões e rotações, dotadas de resistência horizontal, com boa estabilidade de produção, capazes de produzir sob condições estressantes, do ponto de vista biótico e abiótico.

É também imprescindível a participação dos agricultores durante todo o processo de Melhoramento, o que é chamado de Melhoramento participativo. A participação dos agricultores efetuando seleção em suas próprias condições ambientais e agronômicas não somente beneficiará o processo de seleção, mas, também, irá acelerar a transferência e a adoção de novas variedades, sem o envolvimento dos mecanismos de liberação de cultivares, produção e certificação de sementes e atividades de extensão complexos, burocráticos e, com frequência, ineficientes.

O Melhoramento sustentável deverá fazer um uso maior dos recursos genéticos, incluindo variedades locais ('landraces' ou variedades crioulas), parentes silvestres das culturas e, também, as chamadas plantas daninhas ou indesejáveis.

Bibliografia Consultada

GLEISSMAN, S. R. **Agroecologia – Processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 653 p.

IUCN. **International Union for Conservation of Nature**. Disponível em <http://wcmc.org.uk>. Acesso em 24/10/2008.

KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN, A. M.; RIBAS, L.A.; GANDARA, F. B.; ASTELLEN, M.; PERECIM, M. B.; VENCOVSKY, R. Diversidade genética em espécies arbóreas tropicais de diferentes estágios sucessionais por marcadores genéticos. **Scientia Florestalis**, n. 64, p. 93-107. 2003.

NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento- Plantas**, Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 1183p

NETO, E.M. 2º Workshop de Recursos Genéticos Vegetais no Estado da Bahia - 26 e 27 de Outubro de 2006, Ilhéus - BA **Conservação de recursos genéticos vegetais em unidades de conservação** <http://www.tecpar.br/appi/News/Quanto%20valem%20a%20fauna%20e%20flora%20brasileiras.pdf> . Acesso em 24/10/2008

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara

SILVEIRA, L.R.M. & BISOGNIN, D.A. **Melhoramento florestal**. Caderno didático. Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria, RS, 1996. 117p.

2. DIVERSIDADE E ESTABILIDADE DO AGROECOSSISTEMA

INTRODUÇÃO

Nesta Unidade, abordaremos os aspectos referentes aos componentes de um ecossistema através de uma abordagem sistêmica, examinando a biodiversidade em ecossistemas naturais, explorando as conexões entre a diversidade ecológica, a estabilidade e a sustentabilidade, visando o desenvolvimento de um quadro de referência para o desenho e manejo de agroecossistemas.

Veremos que os agroecossistemas e os ecossistemas naturais são constituídos de organismos e do ambiente físico em que esses organismos vivem. Então, além dos componentes orgânicos ou bióticos (bio = vida) do sistema, tratamos também dos componentes abióticos (abio = sem vida) do sistema. Assim, olhamos o sistema como um todo, obtendo uma visão mais completa de sua estrutura e funcionamento.

A complexidade característica de um sistema como um todo torna-se a base para interações ecológicas fundamentais no desenho de agroecossistemas sustentáveis, e essas interações são uma função da diversidade de um sistema. A diversidade de um ecossistema ocorre como resultado das formas com que seus distintos componentes vivos e não vivos se organizam e interagem.

2.1 - Manejando o ecossistema como um todo

A agroecologia enfatiza a necessidade de estudar tanto as partes como o todo. Embora o conceito de que o todo é maior do que a soma de suas partes seja bastante conhecido, foi ignorado por muito tempo, pela Agronomia e pelas tecnologias modernas, que enfatizam o uso detalhado da planta cultivada ou do animal, individualmente, como forma de tratar com as questões complexas da produção primária e sua viabilidade. Aprendemos muitos detalhes a partir da especialização e de um foco estreito sobre o rendimento dos componentes cultivados dos sistemas agrícolas, mas é preciso desenvolver formas de compreensão de toda a unidade produtiva agrícola (e todo o sistema alimentar) para entendermos plenamente e implementarmos práticas sustentáveis de manejo.

Quando, ao invés de **controlar** as condições e população de um ecossistema, pensamos em **manejá-las**, buscamos levar em conta qualquer ação ou intervenção sobre o sistema como um todo, desenvolvendo práticas que visam reforçar seu funcionamento e as qualidades emergentes. Na abordagem convencional, a tentativa de controlar

rigidamente e homogeneizar todas as condições isoladamente resulta na eliminação de relações e interferência benéficas, deixando somente a interferência e interações negativas. As práticas convencionais de manejo atuam principalmente nos níveis individual ou populacional do sistema, mais do que nos níveis de comunidade e ecossistema onde ocorrem interações mais complexas.

Os problemas inerentes à abordagem convencional, em que se pensa a **parte** e não o **todo**, são evidentes na forma de controle de pragas, plantas invasoras e patógenos há várias décadas. Com base no princípio de que qualquer um desses elementos só é bom quando estiver morto, uma enorme gama de tecnologias foi desenvolvida para eliminar e erradicar dada praga do sistema de cultivo. Isso ocasionou a simplificação dos ecossistemas, ocasionando, por exemplo, a eliminação dos predadores naturais das pragas em questão. Isso resulta em invasões de pragas cada vez mais comuns e intensas, que, cada vez mais, exigem insumos externos para seu controle.

2.2. Vantagens obtidas pela biodiversidade

Em um sistema complexo e diversificado, todos os desafios que se apresentam aos produtores podem ser enfrentados através do manejo apropriado de seus componentes e interações, tornando a adição de insumos externos quase desnecessária. No campo do manejo de pragas, por exemplo, as populações podem ser controladas por interações do sistema, intencionalmente estabelecidas.

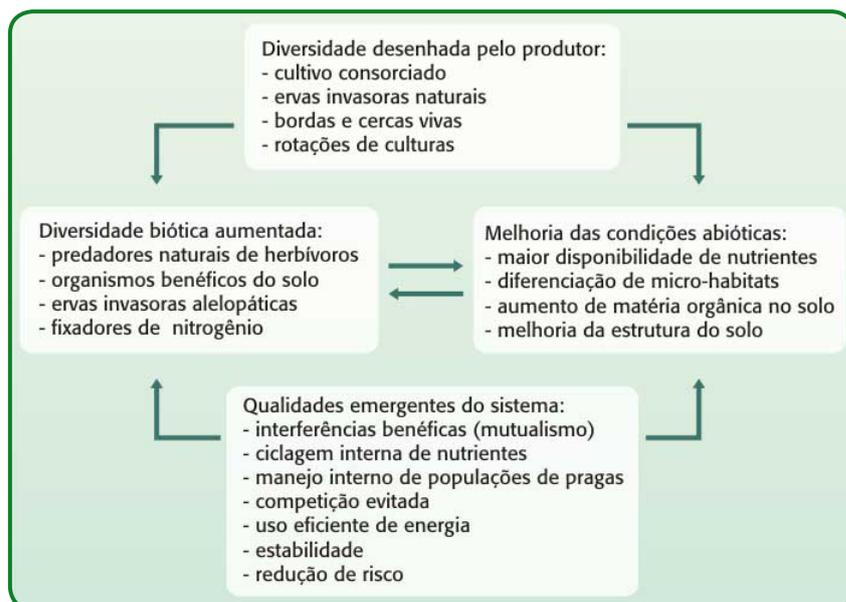


Figura 1. Dinâmica de sistema em agroecossistemas diversificados (Adaptado de: Gleissman, 2005)

Os muitos métodos de “**manejo alternativo de pragas**”, desenvolvidos por produtores orgânicos e agroecologistas, são um bom exemplo do manejo do sistema como um todo, com base na diversidade. Esses métodos dependem do aumento da diversidade e complexidade do agroecossistema como um todo, como base para estabelecer interações benéficas que mantêm as populações de pragas sob controle. As descrições de vários desses métodos, conforme são aplicados em agroecossistemas, são apresentados na Tabela 2.

Quadro 1. Exemplos representativos de manejo alternativo de pragas, baseados em interações do sistema

Problema	Prática alternativa de manejo	Mecanismos de ação
Danos à cana-de-açúcar pelo pulgão do milho (<i>Rhopalosiphum maidis</i>)	Plantio de gramíneas agressivas em bordadura	As gramíneas impedem o desenvolvimento de plantas que hospedam o pulgão
Danos ao milho pela lagarta do cartucho do milho (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	Consociar com feijão	Aumenta a abundância e a diversidade de insetos benéficos
Danos ao milho pela lagarta da espiga do milho (<i>Heliothis zea</i>)	Deixar um conjunto de ervas invasoras desenvolverem-se junto com o milho	Favorece a presença e eficácia de predadores de ovos e larvas da praga
Danos à mandioca pela mosca branca (<i>Aleurotrachelus socialis</i>)	Consociar com feijão miúdo	Aumenta o vigor da planta e a abundância de inimigos naturais da mosca branca
Danos ao repolho pela traça das crucíferas (<i>Plutella xylostella</i>)	Consociar com tomate	Repele quimicamente a mariposa ou mascara a presença do repolho.

Fonte: Gleisman (2005)

Box 1: Associação Rhizobium – leguminosas

As bactérias do gênero *Rhizobium* possuem a capacidade de captar o nitrogênio atmosférico, convertendo-o em uma forma utilizável pela bactéria e pelas plantas. As bactérias podem viver livremente no solo, porém, quando as leguminosas estão presentes, infectam o sistema radicular, formando nódulos, dentro do qual podem reproduzir-se. As bactérias tornam o nitrogênio fixado em uma forma disponível para as plantas. Como o nitrogênio é um elemento mineral freqüentemente limitante, a relação da planta leguminosa com a bactéria *Rhizobium* permite que a planta sobreviva em solos com muito pouca disponibilidade desse nutriente. Após a morte da planta, se ela for incorporada ao solo, esse nitrogênio pode retornar ao solo e tornar-se disponível para outras plantas.

Esse mutualismo tem sido historicamente importante na agricultura. A simbiose *Rhizobium*-leguminosa é a principal fonte de adição de nitrogênio em muitos agroecossistemas tradicionais e foi um dos únicos métodos usados para incorporar nitrogênio ambiental em muitos sistemas de cultivo antes do desenvolvimento dos fertilizantes nitrogenados. As leguminosas são usadas como plantios de cobertura e adubos verdes, para melhorar a qualidade e o conteúdo de nitrogênio do solo. Também costuma-se utilizar leguminosas em consórcio com plantas não leguminosas, como na policultura de milho-feijão-abóbora. Esses sistemas obtêm vantagens da simbiose leguminosa-*Rhizobium*, usando a fixação biológica para tornar o nitrogênio disponível para toda a comunidade de plantas e, em última instância, para os seres humanos que se alimentam dessas plantas.

2.3. Interação entre agroecossistemas e ecossistemas naturais

Em ecologia, o conceito de diversidade tende a ser aplicado principalmente em nível de comunidade: a diversidade é entendida como um número de diferentes espécies que compõem uma comunidade em um determinado local. Os ecossistemas, porém, têm outros tipos de variedades e heterogeneidades, mais além daquelas abrangidas pelo número de espécies, como, por exemplo, a diversidade no arranjo espacial dos diferentes componentes, como os diferentes níveis da copa das árvores em uma floresta.

2.3.1 Diversidade em ecossistemas naturais

A diversidade parece ser uma característica inerente a maioria dos ecossistemas naturais. Embora o grau de diversidade entre ecossistemas diferentes varie muito, em geral tendem a expressar uma diversidade tão grande quanto possível, dadas as restrições de seus ambientes bióticos.

A diversidade é uma função da dinâmica evolucionária: a mutação, a recombinação genética e a seleção natural combinam-se para produzir variabilidade, inovação e diferenciação na biota terrestre.

A diversidade tem um papel importante na manutenção da estrutura e do papel do ecossistema. Desde que o termo "ecossistema" foi reconhecido como uma referência a uma combinação de comunidades de plantas e animais e seu ambiente físico, os ecologistas tem tentado demonstrar a relação entre diversidade e sustentabilidade do sistema. Os ecossistemas naturais seguem o princípio de que, quanto maior a diversidade, maior a resistência à perturbação e à interferência. Os ecossistemas com alta diversidade tendem a se recuperar mais facilmente das perturbações sofridas e restauram o equilíbrio em processos de ciclagem de materiais e fluxo de energia. Já em ecossistemas com baixa diversidade, a perturbação pode provocar mais facilmente, modificações permanentes no funcionamento, resultando em perdas de recursos do ecossistema e em alterações na constituição de suas espécies.

2.4. Diversidade ecológica em agroecossistemas

Na maioria dos agroecossistemas, a perturbação é muito mais frequente, regular e intensa do que em ecossistemas naturais, pois raramente os agroecossistemas podem avançar no seu desenvolvimento sucessional. Como resultado, é difícil manter a diversidade.

A perda da diversidade enfraquece as estreitas ligações de funcionamento entre as espécies, que são características de ecossistemas naturais. Os índices e a eficiência da ciclagem de nutrientes mudam, o fluxo de energia é alterado e aumenta a dependência da interferência humana e de insumos. Por todas essas razões, um **agroecossistema** é considerado **ecologicamente instável**.

Apesar disso, os agroecossistemas não precisam ser tão simplificados e pobres em diversidade quanto os agroecossistemas convencionais. Mesmo com as restrições impostas pela necessidade de colher biomassa, os agroecossistemas podem aproximar-se dos níveis e diversidade dos ecossistemas naturais e desfrutar dos benefícios do aumento da estabilidade proporcionados por ela. Então, manejar a complexidade de interações possíveis, quando mais elementos da diversidade estão presentes no sistema de produção agrícola, é chave para se reduzir a

necessidade de insumos externos e caminhar na direção da sustentabilidade.

2.4.1. O valor da diversidade no agroecossistema

Uma estratégia-chave na agricultura sustentável é reincorporar diversidade na paisagem agrícola e manejá-la de forma mais efetiva. O aumento da diversidade vai contra o enfoque de grande parte da agricultura convencional de hoje, que tem seu modelo nas monoculturas de larga escala. Parece que a diversidade é vista como um peso em tais sistemas, especialmente quando consideramos todos os insumos e práticas desenvolvidos para limitá-la e manter a uniformidade.

Quando entendermos a diversidade além das culturas, como, por exemplo, a inclusão de plantas invasoras (freqüentemente chamadas de ervas daninhas, mas com valor potencial ecológico ou humano), animais (especialmente inimigos benéficos de pragas ou animais úteis aos seres humanos) e microrganismos (a diversidade de bactérias e fungos de solo é essencial para manter muitos processos no agroecossistema), então começaremos a ver a gama de processos ecológicos que ocorrem pela presença da diversidade.

2.5. Colonização e Diversidade

Trabalhamos, até então, as formas como o produtor pode aumentar diretamente a diversidade introduzindo mais espécies e como pode criar condições que permitam que a diversificação natural ocorra em um agroecossistema. Porém uma questão precisa ser respondida: como os organismos não cultivados pelo produtor entram no sistema e lá se estabelecem? Esta questão refere-se tanto aos organismos benéficos quanto aos indesejáveis, que o produtor gostaria de excluir do sistema. Para responder essa questão, os estudos sobre biogeografia de ilhas é fundamental.

2.5.1. Teoria da biogeografia de ilhas

Para o entendimento da Teoria da biogeografia de ilhas, é importante que tenhamos claro que as observações e pesquisas que levam em conta essa teoria são baseadas, principalmente, em ilhas novas, de origem vulcânica, ou em outras onde a flora e a fauna foram devastadas por catástrofes naturais como furacões, maremotos ou erupções vulcânicas. Em tais ambientes, o cronômetro da sucessão vegetal é zerado e o processo de colonização recomeça do início, possibilitando seu acompanhamento completo.

Imagine a situação descrita na Figura 7, onde ilhas (ambiente aber-

to) de diferentes tamanhos, a serem colonizadas, estão cercadas por um ambiente inóspito à colonização (oceanos), a diferentes distâncias do continente (fonte dos organismos colonizadores).

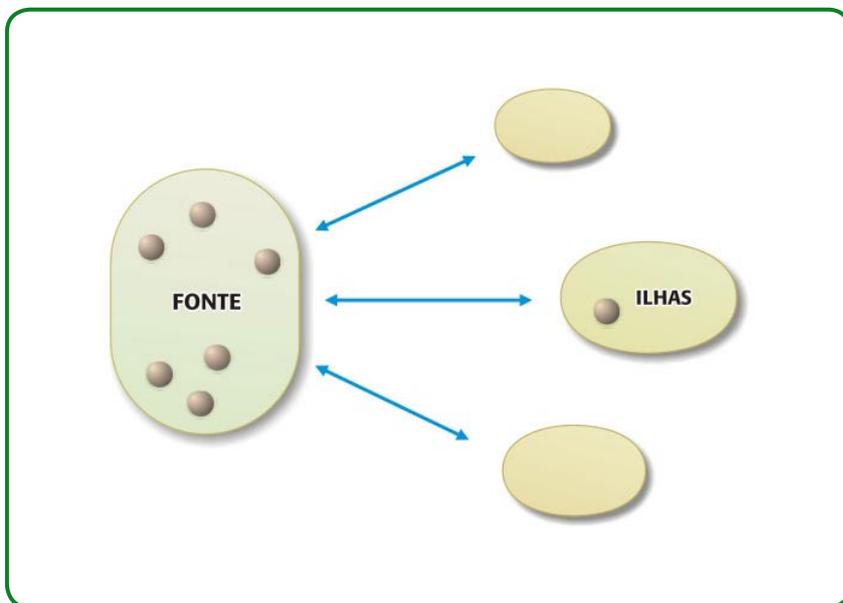


Figura 7 – Esquema representativo dos fatores distância da fonte e tamanho das ilhas. (Adaptado de: Souza & Resende, 2006)

Os estudos demonstram alguns padrões gerais bastante sólidos e também simples:

- 1) Quanto menor for a ilha, mais tempo demora a ser colonizada.
- 2) Quanto mais distante for a ilha da fonte de organismos, mais tempo demora a ser colonizada.
- 3) Por conseqüência, ilhas menores e mais distantes têm flora e fauna menos diversificada e menos numerosa.
- 4) Os organismos que primeiro colonizam as ilhas ocupam um nicho proporcionalmente muito maior do que o ocupado em seu ambiente de origem. Isso significa que tais organismos irão explorar a maior quantidade de recursos do meio abiótico e tendem a apresentar populações proporcionalmente maiores no novo ambiente, em comparação ao ambiente de origem.
- 5) Conforme o tempo avança, o número de espécies na ilha avança e depois se estabiliza. Embora algumas espécies sejam extintas na ilha, outras chegam ao ambiente, mantendo o número total estável.

2.5.2. Aplicações na agricultura

O paralelismo entre ilhas e áreas cultivadas permite que a teoria da biogeografia de ilhas seja aplicada à agricultura. Podemos citar exemplos em que um plantio é completamente circundado por um

cultivo distinto, ou onde pequenas áreas são demarcadas dentro de uma maior, com a mesma cultura.

Os conceitos desenvolvidos na teoria da biogeografia de ilhas possibilitam manipular a diversidade em um sistema de cultivo, para desacelerar a chegada das pragas ou para acelerar a chegada dos organismos benéficos. Tal abordagem tem potencial para ser usada em relação a insetos, plantas invasoras e patógenos.

BOX 2

Em termos práticos, usando a Teoria da biogeografia de ilhas, podemos prever a estrutura da população e, como resultado, usar tais informações para: a) determinar o melhor tamanho das áreas cultivadas; b) seu arranjo na paisagem; c) a distância entre áreas de culturas semelhantes; d) o intervalo de tempo em que a separação é efetiva; e) como tudo isso é afetado pelo tipo de cultura ou de outra vegetação nas áreas entre os cultivos-alvo.

2.6. Diversidade, estabilidade e sustentabilidade

Em agroecossistemas, a diversidade pode assumir muitas formas, incluindo o arranjo dos cultivos em uma área, a maneira como as áreas são organizadas e como são distribuídas na paisagem agrícola de uma região. Com o aumento da diversidade, podemos explorar as formas positivas de interferência que levam à interação entre as partes componentes do agroecossistema, incluindo não somente as plantas e animais de interesse do agricultor, mas todos os demais elementos que compõem o ecossistema em questão.

Os agroecossistemas mais sustentáveis são aqueles que têm algum tipo de **“padrão mosaico”** na sua estrutura e desenvolvimento, no qual o sistema é uma **“colcha de retalhos”** de níveis de diversidade, misturando culturas anuais, perenes, arbustos, árvores e animais. Tais sistemas podem incorporar práticas como o cultivo mínimo, para permitir que um subsistema do solo mais equilibrado se desenvolva, mesmo com um sistema mais simplificado de espécies cultivadas, ou ainda podem empregar um cultivo em faixas ou de cercas vivas para criar um mosaico de níveis de desenvolvimento e diversidade na paisagem agrícola.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

GLEISSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Tradução Maria José Guazzell. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 653p. 2005.

SOUZA, J. L. & RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil. 843p. 2006.

3 - Manejo ecológico de culturas

3.1 Métodos para aumentar a diversidade nos sistemas agrícolas

Uma série de opções e alternativas está disponível para adicionar à paisagem agrícola os benefícios da diversidade. Essas alternativas podem envolver: a) a inclusão de novas espécies nos sistemas de cultivo já existentes; b) a reorganização ou estruturação das espécies já presentes; c) a adição de práticas ou insumos que favoreçam a diversidade; e d) a eliminação de práticas ou insumos restritivos ou redutores da diversidade.

São as seguintes as principais opções de aumento da diversidade nos sistemas agrícolas:

- **Cultivo consorciado** - Consiste no plantio de duas ou mais culturas em mistura que permitam a interação entre os diferentes indivíduos. O consórcio é a forma mais comum de cultivo múltiplo (policultivo). Podem variar de misturas relativamente simples, de duas (Figura 2) ou três culturas até outras muito complexas, como as encontradas em agroecossistemas agroflorestais.



Figura 2: Policultivo de milho com feijão. (Fonte: www.cepes.org.pe - captura em 02/11/2008)

- **Cultivo em faixas** - Outra forma de cultivo múltiplo é o plantio de espécies diferentes em faixas vizinhas (Figura 3). Para algumas espécies e suas misturas, é um método mais prático de aumentar a diversidade,

porque apresenta menos desafios de manejo do que o cultivo consorciado.



Figura 3 - Cultivo em faixas de cacau, sombreado com bananeira. (Fonte: www.todafruta.com.br – Capturado em 02/11/2008)

- **Cercas vivas e vegetação tampão** - Árvores ou arbustos plantados no perímetro de áreas cultivadas, ao longo de caminhos de uma unidade produtiva ou para demarcar limites, podem ter muitas funções úteis: podem proteger contra o vento (quebra ventos) (Figura 4), excluir ou cercar animais e também fornecer diversos produtos arbóreos, como lenha, materiais de construção, frutas, etc.



Figura 4 – Quebra vento feito de árvores exóticas. Fonte: www.artedeproduziragua.com.br – capturado em 03/11/2008

- **Cultura de cobertura** – É uma espécie plantada numa área para cobrir o solo, normalmente entre os ciclos das culturas (Figura 5). Pode ser anual ou perene e, predominantemente, são usadas gramíneas e leguminosas. O aumento da diversidade de um sistema pelo plantio de uma ou mais espécies como cobertura tem uma variedade de benefícios importantes: a) favorecimento da matéria orgânica do solo; b) estímulo à atividade biológica e à diversidade da biota; c) retenção de nutrientes deixados de safras anteriores; d) redução da erosão; e) aumento do nitrogênio fixado biologicamente, se uma das espécies for leguminosa; e f) aumento de hospedeiros alternativos para inimigos naturais de pragas.



Figura 5 - Plantio de bananeira com 130 dias e plantas de cobertura do solo com 120 dias. Fonte: www.cpatc.embrapa.br/solos – Capturado em 03/11/2008)

- **Rotações de culturas** - As rotações envolvem culturas diferentes numa sucessão ou seqüência recorrente. Quanto maior a diferença entre as culturas utilizadas para rotação, maiores serão os benefícios para a diversidade do sistema. Cultivos alternados podem criar o “efeito da rotação” quando uma cultura plantada após outra tem um melhor resultado do que quando plantada em monocultura contínua, pois o resíduo de uma cultura pode aumentar a atividade de microrganismos antagônicos às pragas e doenças da cultura subsequente. Também as rotações tendem a melhorar a fertilidade e as propriedades físicas do solo, reduzir a erosão e adicionar mais matéria orgânica.

- **Pousio**: É uma variação da prática da rotação, em que a área é deixada sem cultivo ou em pousio. A introdução de um período de pousio permite que a área reestruture a sua diversidade. Sempre que

um período de pousio for incorporado no sistema, é a falta de perturbação induzida pelo homem, e não somente a ausência de uma cultura, que permite o processo de recuperação da diversidade.

- **Cultivo mínimo** - Consiste na redução da intensidade de cultivo e que os resíduos da cultura anterior permaneçam na superfície (Figura 6). Com essa prática, pode-se ter benefícios como: a) aumento da atividade de minhocas; b) diversificação de organismos consumidores e decompositores da matéria orgânica do solo; e c) melhoria na estrutura do solo na capacidade de retenção de água e na ciclagem interna de nutrientes o conteúdo da matéria orgânica.



Figura 6 – Cultivo mínimo de trigo, com visualização da palha da cultura anterior. Fonte: www.artedeproduziragua.com.br – capturado em 03/11/2008

- **Aportes elevados de matéria orgânica** - O conteúdo de matéria orgânica do solo pode ser elevado pela aplicação de compostos, incorporação de resíduos de culturas, culturas de cobertura, diversificação de espécies e uso de outras práticas que favoreçam a diversidade.

- **Redução no uso de insumos químicos** – A eliminação ou a redução do uso de agrotóxicos no sistema de cultivo remove um das maiores dificuldades para a re-diversificação do agroecossistema. Essa prática, porém, não é fácil em sistemas que se tornaram dependentes desses insumos, pois inicialmente pode-se ter um aumento dramático da população de pragas e somente com o tempo e com re-estabelecimento da diversidade, os mecanismos internos podem desenvolver-se e manter as pragas sob controle.

Em síntese, a Figura 7 mostra como as opções de manejo cita-

das podem potencializar a biodiversidade em agroecossistemas, quais suas funções e quais os componentes beneficiados por elas.

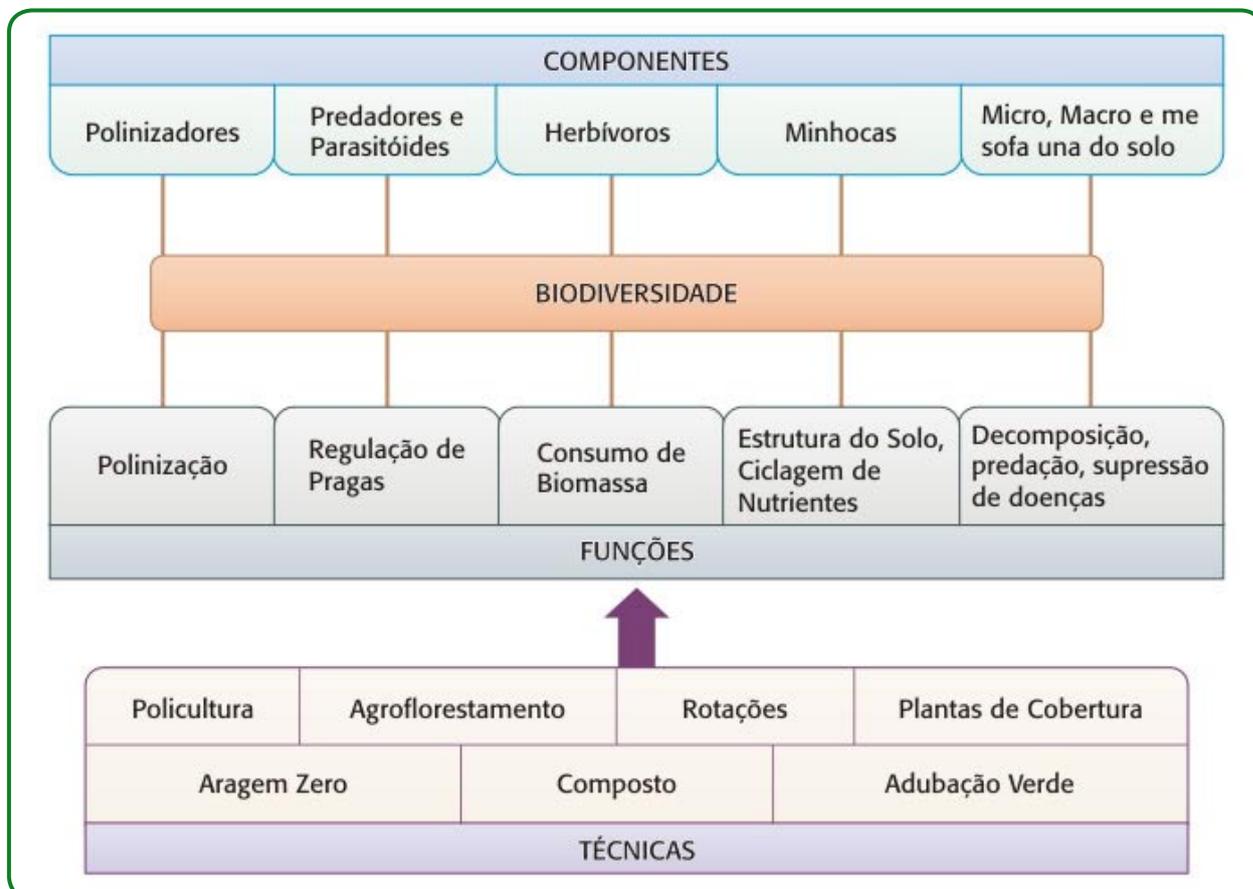


Figura 7 – Componentes, funções e estratégias para potencializar a biodiversidade funcional em Agroecossistemas. Fonte: Altieri et al., 2008.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

GLEISSMAN, S.R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Tradução Maria José Guazzell. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 653p. 2005.

ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.I; PONTI, L. **Controle biológico de pragas através do manejo de agroecossistemas**. Brasília: MDA, 2008. 31p.

UNIDADE B

TRANSIÇÃO PARA A PRODUÇÃO AGROECOLÓGICA

INTRODUÇÃO

Nesta unidade veremos que os conceitos ecológicos de perturbação e de recuperação através da sucessão vegetal tem uma importante aplicação na agroecologia. As perturbações são freqüentes nos agroecossistemas, principalmente quando são utilizadas as práticas de cultivo, como preparo do solo, semeadura, plantio, irrigação, uso de fertilizantes, manejo de pragas, podas, colheita. Quando o distúrbio é muito freqüente e intenso, os agroecossistemas tornam-se limitados ao ponto de início do processo de sucessão.

É possível ter uma produção sustentável de alimentos evitando a intervenção contínua e excessiva, propiciando, através da sucessão, uma maior estabilidade ao agroecossistema. Com isto, podemos favorecer uma maior fertilidade e produtividade do agroecossistema através do manejo correto da perturbação e da recuperação.

Objetivos

- Entender como ocorre a perturbação dos agroecossistemas
- Compreender como se dá a sucessão e o manejo dos agroecossistemas
- Compreender como ecossistemas naturais e agroecossistemas interagem
- Conhecer as etapas de transição para uma produção agroecológica

1. PERTURBAÇÃO, SUCESSÃO E MANEJO DO AGRO-ECOSSISTEMA

1.1. Perturbação e recuperação em ecossistemas naturais

Pelo ponto de vista da Ecologia, logo após uma perturbação, o ecossistema começa imediatamente seu processo de recuperação, através da sucessão. A sucessão é, então, o processo de desenvolvimento do ecossistema pelo qual acontecem, ao longo do tempo, mudanças distintas na estrutura e função da comunidade. Existem dois tipos de sucessão:

a) sucessão primária: desenvolvimento de ecossistemas em locais que ainda não foram ocupados por organismos vivos, como, por exemplo, rochas nuas;

b) sucessão secundária: desenvolvimento de ecossistemas em locais previamente ocupados por organismos vivos, mas que foram perturbados por algum acontecimento, como incêndio, enchentes. O impacto na estrutura e função do ecossistema, bem como o tempo necessário para a recuperação dependem da intensidade e da frequência da perturbação. Esse é o principal tipo de sucessão a ser abordado na recuperação de agroecossistemas e, portanto, será estudado com mais detalhes.

1.2. A perturbação do ecossistema

Os ecossistemas, apesar de parecerem estáveis e imutáveis, estão em constante alteração, por eventos como enchentes, incêndios, surtos epidêmicos de pragas e doenças, erosão do solo, queda de árvores, etc. Esses eventos causam perturbação nos ecossistemas, matando organismos, destruindo e modificando “habitats” e modificando condições de ambiente. A perturbação pode variar em três dimensões:

- intensidade da perturbação, que pode ser medida pela quantidade de biomassa removida ou pelo número de indivíduos mortos;

- frequência da perturbação, que é a quantidade média de tempo entre cada evento. Quanto maior o período de tempo entre as perturbações, maior será a habilidade do ecossistema em se recuperar plenamente após cada uma delas;

- escala da perturbação está relacionada à dimensão de espaço da perturbação, que pode variar desde uma área reduzida até toda a paisagem. A queda de uma árvore em uma floresta é perturbação em pequena escala e a destruição de uma grande área, por um incêndio ou furacão, é uma perturbação em grande escala.

Normalmente, essas características (intensidade, frequência e escala) podem ocorrer isolada ou conjuntamente.

1.3. O processo de recuperação

Durante o processo de recuperação, ocorrem mudanças importantes na estrutura e funcionamento do ecossistema, que são mais pronunciadas após uma perturbação extensa e séria.

A maioria dos componentes da diversidade ecológica aumenta durante a sucessão, especialmente nos estágios pioneiros, alcançando seus níveis máximos antes da recuperação total. Observa-se um alto potencial de colheita, principalmente porque, nos estágios pioneiros da sucessão, a fotossíntese bruta é maior do que a respiração total, resultando em uma maior produtividade total. À medida que o estande vegetal aumenta com a sucessão, uma maior proporção da produtividade é usada na manutenção, criando a impressão de uma maior estabilidade.

O aumento da biomassa e da matéria orgânica viva tem implicações agroecológicas importantes, pois, quando a biomassa for degradada e convertida em detritos e húmus, pela ação dos decompositores, esse aumento da biomassa resulta em um aumento da matéria orgânica no solo.

Após uma perturbação intensa, o ecossistema atinge um ponto no qual a maioria das características passa a não sofrer mais alterações significativas, esse ponto é chamado de “clímax”. Nesse ponto, as perdas de nutrientes são equilibradas por aportes externos; os níveis de população das espécies flutuam sazonalmente, mas isso ocorre dentro de uma média constante; as espécies novas, colonizadoras, equivalem ao número de espécies migrantes ou àquelas em vias de extinção.

1.4. Perturbação intermediária

Na Tabela 1, temos alguns exemplos de perturbação intermediária em ecossistemas naturais, em que se verifica que a frequência, a intensidade e a escala da perturbação ocorrem de forma que o sistema não alcança a maturidade total (clímax), mas, apesar disso, é capaz de manter a diversidade de espécies, a estabilidade e eficiência no uso de energia, características de um sistema equilibrado.

Quadro 1 – Perturbação intermediária em ecossistemas naturais.

Freqüência	Escala	Intensidade	Natureza do distúrbio
Alta	Pequena	Baixa	Queda natural de árvores em florestas pelo vento.
Baixa	Grande	Alta	Dano intenso por furação em florestas.
Alta	Média	Baixa	Remoção, por pastoreio, da biomassa das pastagens.
Média	Média	Média	Dano por gelo e granizo em árvores nas florestas.
Média	Média	Baixa	Incêndios em florestas, em verões secos.

Fonte: Gleissman, 2005.

BOX 1. Aplicações no manejo de agroecossistemas

A agricultura moderna desenvolveu um conjunto de práticas, tecnologias e insumos que permitem que os agricultores ignorem a maioria dos processos de sucessão. Em vez da recuperação natural, usam-se insumos e materiais que substituem o que é removido na colheita ou alterado com o cultivo do solo. Porém, para desenvolver sistemas mais estáveis, muito menos dependentes da intervenção humana e de insumos não renováveis e poluentes, é necessária a intensificação dos processos de recuperação natural do ecossistema.

A tarefa, então, é desenhar agroecossistemas que explorem a vantagem de alguns atributos benéficos dos estádios iniciais da sucessão e que, também, incorporem algumas das vantagens ganhas ao permitir que o sistema alcance os estágios mais avançados.

Fonte: GLEISSMAN (2005)

1.5. Manejando a sucessão do agroecossistema

Em um esquema de manejo da sucessão de um ecossistema, os estágios naturais são imitados, introduzindo-se plantas, animais, prática e insumos que promovam o desenvolvimento de interações e conexões entre as partes componentes do agroecossistema. São, então, introduzidas espécies de plantas, cultivadas ou não, que captam e retêm nutrientes no sistema e promovem um bom desenvolvimento do

solo, como leguminosas fixadoras de nitrogênio e plantas com micorizas mobilizadoras de fósforo. À medida que o sistema se desenvolve, o aumento da diversidade, da complexidade da cadeia alimentar e o nível de interações mutualísticas levam a mecanismos mais efetivos para o controle de pragas e doenças. Essas estratégias requerem um manejo humano mais intenso, mas, com o passar do tempo, os processos e interações são internalizados dentro do agroecossistema, que passa a ser menos dependente de insumos derivados da atividade humana, oriundos de fora do sistema, de forma que há uma maior estabilidade.

A seguir, vamos descrever um modelo geral de uma sucessão, começando com o solo nu, progredindo até um sistema de cultivo de árvores perenes, conforme as etapas a seguir:

Etapa 1 – Solo nu e, a seguir, monocultura anual - A partir do solo nu, começa o plantio de uma cultura anual, solteira, que cresça rapidamente, capte nutrientes do solo, tenha uma boa produção inicial e aja como uma espécie pioneira no processo de sucessão.

Etapa 3 – Nesta etapa, o produtor pode utilizar uma policultura de espécies anuais. As espécies têm necessidades de nutrientes e profundidade de raízes diversas, atraem insetos distintos e retornam uma produção diferente de biomassa ao solo. Aqui, uma das espécies poderia ser uma leguminosa fixadora de nitrogênio.

Etapa 4 – Após o estágio inicial de desenvolvimento, cultivos perenes, de vida curta, podem começar a ser introduzidos. Com as vantagens da cobertura de solo criada pelas espécies pioneiras (estágios 2-3), estas espécies podem diversificar o agroecossistema, com sistemas radiculares mais profundos, maior quantidade de matéria orgânica armazenada na biomassa e maior diversidade de “habitats” e microclimas, combinando-se para promover o avanço da sucessão do agroecossistema.

Etapa 5 - Uma vez que as condições de solo melhorem, ele estará preparado para receber plantas perenes de vida mais longa, especialmente frutíferas ou florestais; as anuais ou perenes de vida curta serão mantida entre elas.

Etapa 6 - À medida que as árvores se desenvolvem, o espaço entre elas pode continuar a ser manejado com anuais e perenes de vida curta, usando-se as técnicas de sistemas agroflorestais (SAFs).

Etapa 7 - Nesta etapa, que é considerada como a última do processo, quando as árvores terão alcançado seu desenvolvimento pleno, o ponto final da sucessão terá sido atingido. Uma vez que esse ponto final tenha sido atingido, o produtor poderá mantê-lo como está ou introduzir uma perturbação controlada, para fazer o agroecossistema retornar a estágios anteriores da sucessão.

Na figura 1, temos um esquema de como funciona um modelo de sucessão. Neste modelo, a Produtividade Líquida Primária (PLP) aumenta rapidamente durante os estágios pioneiros do desenvolvimento do agroecossistema, e a maior parte do aumento está disponível como produtos para serem colhidos. O maior desafio no manejo de um sistema pelo processo de sucessão é aprender como introduzir perturbações que estimulem a produtividade do sistema e dêem resistência à mudança e variação dentro do sistema .

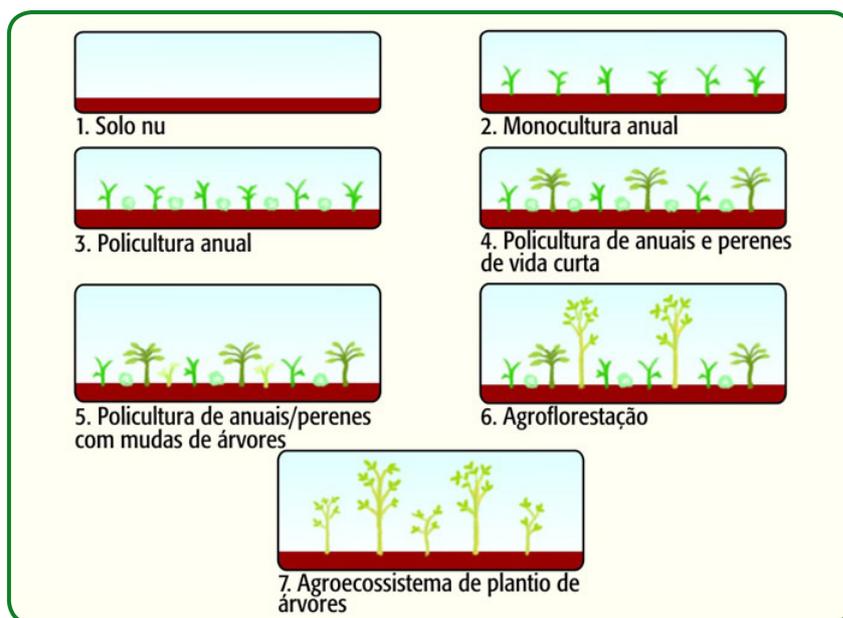


Figura 3. Passos na sucessão de um agroecossistema.
Fonte: GLEISSMAN, 2005.

1.6. SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAFs)

O termo Agrofloresta (Figura 3) serve para definir o conjunto de práticas que, intencionalmente, retêm ou introduzem árvores em áreas destinadas à agricultura ou pastoreio. Existem muitas variações de práticas que podem ser enquadradas como sistemas agroflorestais: em sistemas agrossilviculturais, árvores são combinadas com culturas; em sistemas silvipastoris, elas são combinadas com produção animal e, em sistemas agrossilvipastoris, há uma combinação de árvores, culturas e animais. Todos esses sistemas são exemplos de como se pode usar o agroflorestamento para explorar as vantagens da diversidade e do processo de sucessão para obter alimentos e outros produtos agrícolas.

O objetivo da maioria dos sistemas agroflorestais (SAFs) é otimizar os efeitos benéficos das interações que ocorrem entre os componentes arbóreos e as culturas ou animais, a fim de obter a maior diversi-

dade de produtos, diminuir as necessidades de insumos externos e reduzir os impactos ambientais negativos das práticas agrícolas.



Figura 2 – Imagem de um sistema agroflorestal intercalando árvores com culturas de ciclo curto e longo. (Fonte: www.apremavi.org.br)

1.6.1. Importância ecológica das árvores nos Sistemas Agroflorestais (SAFs)

Na Figura 3, temos um esquema da importância ecológica das árvores sobre o agroecossistema circundante. As árvores são capazes de alterar drasticamente as condições do ecossistema do qual fazem parte: no solo, as raízes de uma árvore penetram mais profundamente do que aquelas das culturas anuais, afetando as relações de estrutura do solo, umidade do solo e ciclagem dos nutrientes. Acima da superfície, uma árvore altera o ambiente luminoso pelo sombreamento, o qual afeta a umidade e a evapotranspiração. Seus ramos e folhas fornecem habitat para um grande número de espécies e modificam os efeitos locais do vento. Folhas caídas dão cobertura ao solo e modificam o ambiente, pois, quando se decompõem, tornam-se uma fonte importante de matéria orgânica. Além desses efeitos e interações, as árvores podem limitar a erosão pelo vento e água, fornecer sombra e forragem para os animais, formar associações com micorrizas, moderar a temperatura do solo e reduzir a evapotranspiração. As leguminosas podem contribuir com nitrogênio para o sistema, através de suas associações com bactérias fixadoras.

Podemos agrupar os benefícios das árvores em um agroecossistema, pelos seguintes aspectos:

a) Aspectos biológicos

1. Otimização na utilização do espaço da propriedade pelo aproveitamento dos diferentes estratos verticais (vegetação rasteira, arbustos, árvores altas), resultando em maior produção de biomassa (quantidade de matéria orgânica gerada pelas plantas).

2. Melhoramento das características químicas, físicas e biológicas do solo. Isso ocorre graças à decomposição e incorporação da matéria orgânica e penetração das raízes das árvores no solo. Os diferentes comprimentos de raízes existentes no solo, com a presença de árvores, auxiliam também na redução potencial da erosão.

3. A produção total obtida de uma mistura de árvores e culturas agrícolas ou criações de animais é freqüentemente maior que a produzida nas monoculturas.

4. Verifica-se uma maior facilidade de adaptação ao manejo agroecológico, à medida que a diversidade de espécies torna todo o sistema mais vigoroso, dispensando o uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos.

5. Redução do risco de perda total da cultura principal, já que os possíveis ataques de pragas e doenças são distribuídos entre várias espécies de plantas, diminuindo os danos à cultura de maior valor comercial.

b) Aspectos Econômicos e Sociais

1. Fornecimento de uma maior variedade de produtos e/ou serviços da mesma área de terra. Esses produtos podem ser: alimentos, lenha, adubo verde, plantas medicinais e ornamentais, sombra, quebra-ventos e embelezamento da paisagem.

2. Promove uma distribuição mais uniforme do serviço e da receita gerada, devido a um trabalho contínuo e à obtenção de diversas colheitas.

3. A diversidade de produtos colhidos reduz dois tipos de risco: o de impacto econômico derivado da flutuação de preços no mercado e o de perda total da colheita, quando se tem uma única cultura.

A associação de culturas anuais (como grãos) ou de ciclo curto (como hortaliças), juntamente com as árvores, reduz os custos de implantação do sistema agroflorestal. A longo prazo, o custo também é minimizado quando as árvores começam a gerar produtos comercializáveis, como madeira e frutas, por exemplo.

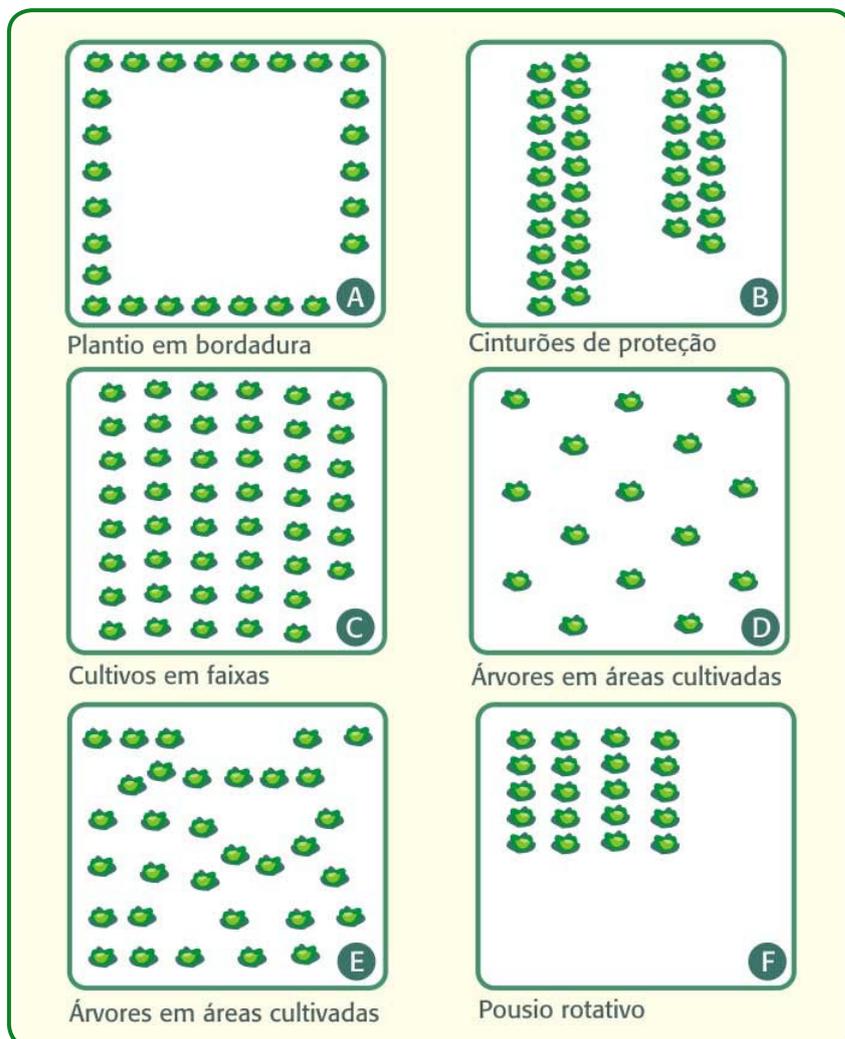


Figura 4 - Modelos para o arranjo de árvores em sistemas agroflorestais.

FONTE: Gleissman, 2005.

1.7. Perturbação, Recuperação e Sustentabilidade

O maior valor dos SAFs é o de oferecerem princípios que podem ser aplicados a agroecossistemas com poucas ou mesmo nenhuma árvore. Ao ver todos os agroecossistemas como sistemas de sucessão, nos quais incorporamos espécies perenes, introduzimos perturbações apropriadamente e promovemos a recuperação dessa perturbação, podendo avançar na direção da produção sustentável de alimentos, não importando se trabalhamos com produção de grãos ou de hortas doméstica.

A implementação generalizada de práticas baseadas na perturbação e recuperação de agroecossistemas pode conduzir ao desenvolvimento de uma paisagem agrícola que seja um mosaico de agroecossistemas. A necessidade de elevadas produções poderia vir de culturas

anuais ou perenes de vida curta, cultivadas em policulturas que fossem ecologicamente complementares e interdependentes. A estrutura e a organização da área poderiam mudar com o tempo, à medida que a sucessão conduzisse a uma conversão gradual para perenes de vida longa. Enfim, um mosaico sustentável, envolvendo as técnicas de sucessão, poderia ser alcançado.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

GLEISSMAN, S.R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 653p.

APREMAVI – Associação de preservação do meio ambiente e da vida.
www.apremavi.org.br (capturado em 12/11/2008)

2. INTERAÇÃO ENTRE AGROECOSSISTEMAS E ECOSISTEMAS NATURAIS

2.1 Agroecossistemas e ecossistemas naturais

Antes de iniciarmos o tema principal deste nosso conteúdo, que será estudarmos a interação entre agroecossistemas e ecossistemas naturais, vamos relembrar alguns conceitos.

Na disciplina de Fundamentos de Agroecologia, “Ecossistemas naturais e Agroecossistemas” foi o tema de uma das unidades, em que foi visto que “o conjunto de todas as comunidades de todos os organismos e de todos os fatores abióticos, que ocorrem em uma determinada área, constitui um ECOSISTEMA”. Por outro lado, “a modificação de um ecossistema natural pelo homem, para produção de bens necessários à sua sobrevivência, forma o AGROECOSISTEMA”.

2.2.2 Comparação entre agroecossistemas e ecossistemas naturais

Os agroecossistemas diferem de ecossistemas naturais em diversos aspectos-chave. Desses, alguns serão apresentados a seguir.

1. Fluxo de Energia

O **fluxo de energia** em agroecossistemas é bastante alterado pela interferência humana. Isso porque os insumos utilizados na agricultura originam-se, principalmente, de fontes humanas que, frequentemente, não são auto-sustentáveis. Assim, os agroecossistemas tornam-se sistemas abertos, em que parte considerável da energia é dirigida para fora do sistema na época de cada colheita, em vez de ser armazenada na **biomassa** que poderia, então, se acumular dentro do sistema.

2. Ciclagem de Nutrientes

A **reciclagem de nutrientes** é mínima na maioria dos agroecossistemas e o sistema perde quantidades consideráveis com a colheita ou como resultado da lixiviação ou erosão, devido a uma grande redução nos níveis de biomassa mantidos dentro do sistema. A exposição frequente de solo nu entre plantas cultivadas e, temporariamente, entre épocas de cultivo também cria “vazamentos” de nutrientes do sistema. Para repor essas perdas, ultimamente, os produtores têm contado intensamente com nutrientes de insumos externos, fabricados a partir do uso do petróleo.

3. Mecanismos Reguladores de Populações

Devido à simplificação do ambiente e à redução nas **interações**

CONTEÚDO RELACIONADO

Fluxo de energia - Você lembra o que vimos na Unidade C, da disciplina “Fundamentos da Agroecologia”? Sobre “A energética nos agroecossistemas”?

GLOSSÁRIO

Biomassa é a quantidade total de matéria viva existente num ecossistema ou numa população animal ou vegetal.

CONTEÚDO RELACIONADO

Reciclagem de nutrientes - Novamente, estudado em “Fundamentos da Agroecologia”, Unidade D!

Interações Tróficas - Lembre-se de quando estudamos as “Interações entre as espécies”, em Comunidades (Unidade E) da disciplina “Fundamentos da Agroecologia”?

tróficas em agroecossistemas, raramente populações de plantas cultivadas ou de animais são auto-reprodutoras ou auto-reguladoras. Os insumos humanos, na forma de sementes ou agentes de controle, freqüentemente dependem de grandes subsídios de energia, determinando o tamanho das populações. A **biodiversidade** é reduzida, as estruturas tróficas tendem a se tornar simplificadas, e muitos **nichos** não são ocupados.

4. Estabilidade

Os agroecossistemas, se comparados aos ecossistemas naturais, têm muito menos **resiliência**, devido à sua reduzida diversidade funcional e estrutural. Quando a colheita é o enfoque principal, há perturbação em qualquer equilíbrio que se tenha estabelecido, e o sistema só pode ser mantido se a interferência externa - na forma de trabalho humano e insumos humanos externos - for mantida.

Pode-se concluir que, embora tenham sido apontados contrastes agudos entre agroecossistemas e ecossistemas naturais, sistemas reais de ambos os tipos existem num contínuo. Por um lado, poucos ecossistemas "naturais" são verdadeiramente naturais, no sentido de serem completamente independentes da influência humana; por outro, os agroecossistemas podem variar bastante em sua necessidade de interferência humana e insumos.

2.3 Interação entre agroecossistemas e ecossistemas naturais

Desde o início da agricultura, os agroecossistemas têm alterado e deslocado os ecossistemas naturais terrestres que ocorrem em todo o planeta. O processo de conversão de terras para a produção agrícola, ainda em andamento, tem causado um impacto dramático e negativo sobre a diversidade de organismos e processos ecológicos que compõem a paisagem. Embora outras formas de exploração humana do ambiente, como mineração e urbanização, também tenham contribuído para a modificação do habitat em larga escala e para a perda da biodiversidade, a produção agrícola é, em boa parte, responsável pelas mudanças ambientais de sustentação da vida na Terra.

Um dos maiores objetivos do desenvolvimento de uma agricultura sustentável é reverter este legado de destruição e negligência. A produção agrícola pode ser feita de modo a contribuir para a conservação dos recursos bióticos e para a proteção da qualidade ambiental. A agricultura sustentável, portanto, compartilha com a biologia da conservação muitas das metas e interesses. Neste item, vamos ver como

A GLOSSÁRIO

O termo **biodiversidade** - ou diversidade biológica - descreve a riqueza e a variedade do mundo natural. Inclui todas as diferentes espécies de plantas, animais e microorganismos, toda a variabilidade dentro destas espécies e toda a diversidade dos ecossistemas formados pelas combinações diferentes destas espécies.

Nicho ecológico é o modo de vida de cada espécie no seu habitat. Representa o conjunto de atividades que a espécie desempenha, incluindo relações alimentares, obtenção de abrigos e locais de reprodução.

Resiliência pode ser definida como a capacidade do ecossistema em manter ou retornar às suas condições originais após um distúrbio provocado por forças naturais ou pela ação humana.

as duas podem trabalhar juntas para atingir essas metas.

Tanto a agricultura sustentável como a biologia da conservação orientam-se no sentido de manter a produtividade dos ecossistemas; ambas têm interesse na preservação da biodiversidade e limitação de práticas ambientalmente destrutivas. Embora a primeira lide com sistemas manejados e a outra com sistemas naturais, a distinção entre os dois campos está se tornando cada vez mais tênue. Devido aos efeitos profundos da atividade humana sobre todos os ecossistemas, não é mais possível preservar a biodiversidade natural simplesmente protegendo ecossistemas naturais da influência antrópica. **A preservação da biodiversidade natural é uma questão de manejo, tanto quanto o é a produção agrícola.**

Ambos os tipos de manejo, o dos agroecossistemas e o conservacionista, têm uma base de conhecimento ecológico. Todos os ecossistemas – não importando quanta intervenção humana sofram – trabalham sob princípios semelhantes, e os mesmos fatores determinam sua sustentabilidade. Entender as interações solo-planta-animal, por exemplo, é importante tanto para cultivar quanto para restaurar ecossistemas degradados ou danificados. Com seu fundamento na ecologia, portanto, a agroecologia provê uma boa base para a combinação frutífera da agricultura com a biologia da conservação.

2.3.1 A paisagem agrícola

O desenvolvimento agrícola num ambiente anteriormente natural tende a resultar em um mosaico heterogêneo de variados tipos de habitats, distribuídos em forma de manchas ao longo da paisagem. A maior parte da área pode ter sido intensamente manejada, sofrendo perturbações crescentes, visando sua utilização para a produção agrícola, mas algumas partes (banhados, colinas) podem ter permanecido em condições relativamente naturais. Outras partes (limites entre áreas cultivadas, áreas que circundam prédios, laterais de estradas, faixas entre áreas agrícolas e áreas naturais adjacentes) podem, ocasionalmente, sofrer intervenção, mas sem serem manejadas intensamente. Além disso, os ecossistemas naturais podem circundar ou bordejar áreas nas quais a produção agrícola domina.

Embora o nível de influência humana na paisagem varie desde perturbação e manejo intensos até áreas virgens, podemos separá-lo em **três tipos básicos de componentes da paisagem agrícola:**

1. Áreas de produção agrícola

Intensamente manejadas e com perturbação regular, essas áreas são constituídas, principalmente, de espécies de plantas domesticadas, não nativas.

2. Áreas de influência humana moderada ou reduzida

Essa categoria intermediária inclui paisagens naturais, florestas manejadas para a produção de madeira, cervas vivas e outras áreas de bordaduras, e sistemas agroflorestais. Essas áreas são tipicamente constituídas de mesclas de espécies de plantas nativas e não nativas, e são capazes de servir de habitat para muitas espécies animais nativas.

3. Áreas naturais

Essas áreas retêm alguma semelhança com a estrutura natural do ecossistema original e com a composição de espécies presente naturalmente no local; embora possam ser pequenas em tamanho, contêm algumas espécies não nativas e estão sujeitas a alguma perturbação antrópica.

Esses três componentes de paisagem, em várias combinações e arranjos, formam **o padrão de mosaico de uma típica paisagem agrícola**.

Dentro do mosaico da paisagem, é possível reconhecer três padrões comuns de como os três componentes, anteriormente mencionados, ficam dispostos uns em relação aos outros:

a) uma área natural e uma área manejada para a produção agrícola são separadas por uma área de influência humana reduzida ou moderada;

b) áreas naturais formam faixas, corredores ou manchas dentro de uma área de produção agrícola e

c) áreas de influência humana reduzida ou moderada ficam dispersas dentro de uma área de produção agrícola.

Esses três padrões, ilustrados na Figura 1, podem ser combinados e arranjados de muitas maneiras diferentes.

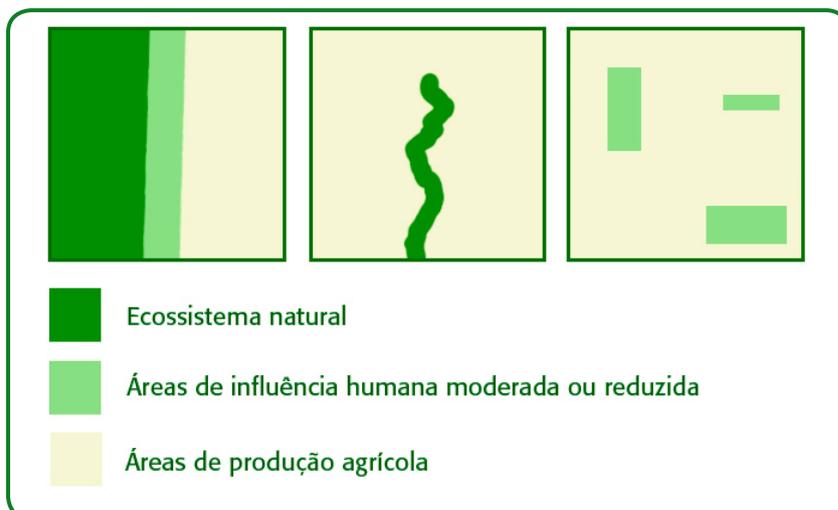


Figura 1. Exemplos de três padrões comuns no arranjo dos componentes da paisagem agrícola. Um ecossistema natural e uma agroecossistema podem ser separados por uma área de influência humana intermediária (a); um ecossistema natural pode formar um corredor, faixa ou mancha dentro de um agroecossistema (b); e áreas de manejo humano menos intenso podem estar dispersas dentro de uma área maior de produção agrícola (c). Segundo Gliessman (2005).

Uma variável importante na formação do padrão de mosaico da paisagem agrícola é o seu grau de heterogeneidade ou diversidade.

- As paisagens são relativamente homogêneas quando predominam áreas de produção agrícola não interrompidas por manchas ou faixas dos outros dois tipos de componentes da paisagem.

- Tornam-se heterogêneas, em contraste, quando possuem uma abundância de manchas naturais e não cultivadas.

A heterogeneidade da paisagem agrícola varia muito de região para região. Em algumas regiões (por exemplo, no meio-oeste dos Estados Unidos), o uso intenso de agroquímicos, tecnologias mecanizadas, linhagens genéticas de baixa variabilidade e irrigação em larga escala tornou a paisagem relativamente homogênea. Em tais regiões, a paisagem agrícola é composta, principalmente, de extensas áreas de produção agrícola de culturas solteiras. Em outros locais (por exemplo, a Província de Jiangsu, no Yang tse, China), o uso de práticas agrícolas tradicionais com aporte mínimo de insumos industrializados resultou em uma paisagem altamente heterogênea e variada – possivelmente até mais heterogênea do que seria naturalmente.

2.3.2 Manejo em nível de paisagem

Quando o manejo de agroecossistemas é executado em nível de paisagem agrícola, o antagonismo que existe tão frequentemente en-

tre as necessidades dos ecossistemas naturais e as dos sistemas de produção manejados pode ser substituído por uma relação de benefício mútuo. Manchas de ecossistemas naturais e seminaturais incluídas na paisagem podem tornar-se um recurso para os agroecossistemas, e os agroecossistemas podem começar a assumir um papel positivo, em vez de negativo, na preservação da integridade dos ecossistemas naturais.

O conceito de manejo em nível de paisagem não significa, necessariamente, manejo coordenado entre os distintos interesses presentes em uma área agrícola (diferentes produtores agrícolas, agências governamentais, conservacionistas, etc). Sua essência é a **inclusão dos ecossistemas naturais e da biodiversidade local nas decisões e no planejamento do manejo**. Assim, o manejo em nível de paisagem pode ser implementado por um produtor individual, que tenha controle direto sobre apenas uma pequena parte da paisagem agrícola de uma região.

O princípio que orienta a implementação do manejo em nível de paisagem é a diversificação da paisagem agrícola pelo aumento da densidade, tamanho, abundância e variedade de manchas de habitat não cultivado. Essas manchas podem variar em seu nível de perturbação e “naturalidade” – o que elas compartilham é a capacidade de se tornarem locais onde os processos ecológicos naturais podem ocorrer e espécies nativas benéficas de plantas ou animais podem encontrar um habitat adequado.

As manchas de habitat não cultivado em uma paisagem agrícola podem interagir com áreas de produção agrícola de diversas maneiras. Uma área de habitat não cultivada, adjacente a uma área de cultivo pode, por exemplo, dar refúgio a populações de uma espécie nativa de vespa **parasitóide** que, com isso, tem a possibilidade de ir até o plantio e parasitar uma espécie de inseto praga.

Portanto, pudemos observar como a diversificação em nível de paisagem oferece benefícios tanto a espécies nativas quanto a agroecossistemas. Quando a diversificação é planejada e manejada cuidadosamente, esses benefícios podem ser maximizados, e os possíveis efeitos negativos, minimizados. **O manejo efetivo da paisagem é, assim, um elemento importante para se alcançar a sustentabilidade**.

2.3.2.1 Diversificação na unidade produtiva

O primeiro passo para alcançar uma paisagem agrícola mais diversificada em uma unidade produtiva individual é **reduzir ou eliminar quaisquer insumos agrícolas que tenham um efeito negativo em ecossistemas naturais e no funcionamento ecológico do agroecossistema**. Os agrotóxicos são o mais óbvio desses insumos, mas

A GLOSSÁRIO

Parasitóides são um dos agentes do “Controle Biológico” de insetos praga; juntamente com os predadores e patógenos, são os inimigos naturais dos insetos.

os fertilizantes inorgânicos e a irrigação também podem ter efeitos negativos. Além disso, certas práticas comuns podem interferir na diversificação da paisagem, incluindo aí o cultivo freqüente do solo, a manutenção de áreas sem cobertura por longos períodos, o plantio de monocultivos em grande escala, o uso de práticas como roçado ou aplicação de herbicida nas laterais de estradas e valas.

O próximo passo é **encorajar e manter a presença de espécies nativas na unidade produtiva**, o que envolve principalmente o estabelecimento e proteção de habitats apropriados. Esses habitats podem estar dentro das áreas de cultivo, entre estas áreas, ao longo de rodovias, em valas, ao longo das linhas divisórias da unidade produtiva, ou no limite entre campos de produção e áreas residenciais. Esses habitats podem ser faixas permanentes, blocos com diversas plantas perenes nativas, ou, ainda, manchas temporárias dentro das áreas de produção. Entre os métodos que podem ser utilizados para criar tais habitats, incluem-se os seguintes:

- plantar uma cultura de cobertura durante os meses de inverno, a cultura pode prover alimento essencial ou cobertura para uma variedade de espécies animais, especialmente pássaros que nidificam no chão;

- deixar faixas não colhidas de culturas, como milho ou trigo, que podem prover recursos para espécies animais nativas;

- onde for necessário o controle de erosão em uma unidade produtiva, gramar as vias de escoamento de água, favorecendo a diversidade e protegendo o ambiente em seus diferentes aspectos;

- em encostas de morros terraceados, plantar gramíneas perenes ou touceiras nas paredes que separam os terraços;

- em terras marginais ou suscetíveis à erosão, plantar culturas perenes ou restaurar estas áreas a um estado mais silvestre, permitindo a sucessão natural de espécies nativas;

- recuperar locais de banhado semipermanentes ou pobremente drenados na unidade produtiva, transformando-os em banhados naturais;

- manter árvores nativas na área ou ao redor dela, como locais de nidificação, pouso e caça para pássaros nativos;

- prover locais artificiais de pouso e repouso para predadores nativos e caixas para ninhos de outras espécies de pássaros potencialmente benéficas.

Em uma paisagem agrícola altamente modificada, onde pouco ou nenhum habitat natural foi preservado, todas essas medidas podem ser importantes para restaurar algum grau de biodiversidade.

2.3.2.2 Bordas e limites da unidade produtiva

Onde existem ecossistemas naturais não cultivados, relativamente extensos, ao redor e no interior da paisagem agrícola, a fronteira compartilhada, ou interface, situada entre essas áreas e aquelas manejadas para a produção agrícola, assume um significado ecológico importante. Isso é especialmente verdadeiro em regiões dotadas de considerável variabilidade topográfica, geológica e microclimática, antes de terem sido convertidas à agricultura. Dependendo da história de manejo, essas divisas e bordas podem ser abruptas e nitidamente definidas, ou amplas e de definição difusa. **Onde existe uma transição gradual entre uma área de cultivo e a vegetação natural, é criado um ecótono**. Tais zonas de transição são frequentemente reconhecidas como habitats distintos, capazes de sustentar misturas únicas de espécies. Em muitas situações, são compostas de espécies sucessionais tanto do ecossistema natural quanto do agroecossistema manipulado.

Bordas que são ecotonais por natureza, mesmo quando relativamente estreitas, podem desempenhar papéis importantes em uma paisagem agrícola. Uma vez que as condições ambientais existentes dentro delas configuram-se como uma transição entre o habitat da unidade produtiva e o natural, espécies características de ambos podem ocorrer ali, juntas, e em conjunto com outras espécies que prefiram as condições intermediárias. Muito frequentemente, a variedade e densidade de vida é maior no habitat da borda ou ecótono, um fenômeno que foi chamado de **efeito de borda**. Ele é influenciado pelo tamanho da borda disponível, sendo fatores determinantes o comprimento, a largura e o grau de contraste entre habitats adjacentes.

Os benefícios do habitat de borda para os sistemas de cultivo estão tornando-se mais conhecidos. As bordas são habitats importantes para a propagação e proteção de uma ampla gama de agentes naturais de controle biológico de pragas agrícolas.

O manejo das bordas dependerá, em parte, da determinação de seu relacionamento espacial apropriado com as áreas cultivadas. Qual é a proporção ideal de área de habitat de borda para área cultivada? Quão próximo do habitat de borda um cultivo precisa estar para que possa tirar proveito dos organismos benéficos dependentes da borda? Tais questões precisarão ser estudadas de forma a otimizar os benefícios para o agroecossistema e favorecer a biodiversidade regional.

2.3.3 O papel da agricultura na proteção da biodiversidade regional e global

O desenvolvimento agrícola mudou profundamente a relação entre a cultura humana e o ambiente natural. Há pouco tempo atrás, na his-

A GLOSSÁRIO

O **ecótono** é a região de transição entre duas comunidades ou entre dois ecossistemas. Na área de transição (ecótono) vamos encontrar grande número de espécies e, por conseguinte, grande número de nichos ecológicos.

tória da humanidade, toda a agricultura era tradicional e em pequena escala; os agroecossistemas eram distribuídos como pequenas manchas na paisagem natural maior. Os habitats manejados mantinham a integridade dos ecossistemas naturais, ao mesmo tempo em que diversificavam a paisagem. Hoje, em contraste, predominam os usos agrícolas da terra, fazendo dos habitats naturais manchas dispersas.

Potencialmente, mais espécies de plantas e animais têm chances de estar localizadas em terras que são manejadas em algum nível. Os números por unidade de área podem ser bastante pequenos, mas os números totais serão, no final, altos. Sobretudo se os agroecossistemas forem manejados e desenhados de forma a torná-los mais receptivos a espécies nativas, as paisagens nas quais representam uma parcela maior poderão sustentar uma maior diversidade de organismos. Os vertebrados poderão usufruir de habitats maiores, melhores fontes de alimento e corredores para movimentação. As plantas nativas poderão ter habitats mais adequados e encontrarão menos barreiras para a dispersão. Os organismos menores terão condições de vicejarem e, assim, beneficiar outras espécies, uma vez que são elementos tão importantes na estrutura e na função do ecossistema.

Resumindo, um manejo das paisagens agrícolas que tenha como perspectiva tanto a conservação da biodiversidade como a produção pode beneficiar, a longo prazo, todos os organismos, incluindo os seres humanos. O aprendizado de como trabalhar dessa maneira exigirá a colaboração entre a biologia da conservação e a agricultura, bem como um redirecionamento da pesquisa. Exemplos de pesquisas necessárias incluem:

- determinar como desenhar e manejar agroecossistemas de forma a garantir que esses proporcionem habitats para outras espécies, não agrícolas;
- elaborar estudos sobre conservação de terras agrícolas, fazendo com que projetos de maior escala possam começar a acontecer, unindo mais recursos e cobrindo áreas maiores;
- fazer da agroecologia a ponte entre a conservação e o uso da terra, a fim de manejar sustentavelmente a base natural de recursos da qual todas as plantas, animais e seres humanos dependem;
- desenvolver mais abordagens interdisciplinares para a pesquisa e resolução de problemas.

O potencial pleno de articulação entre agroecossistemas e ecossistemas naturais, contudo, somente poderá ser realizado através de mudanças profundas na natureza da própria agricultura. O fundamental é que a agricultura adote práticas de manejo ecologicamente consistentes, incluindo o controle biológico e o manejo integrado de pragas, em substituição aos agrotóxicos, fertilizantes e outros produtos químicos

sintéticos. Somente assim podemos atingir a meta de uma biosfera sustentável.

Bibliografia Consultada

AQUINO, A. M. de; ASSIS, R.L. **Agroecologia – Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: EMBRAPA, 2005. 517p.

GLEISSMAN, S. R. **Agroecologia – Processos ecológicos em agricultura sustentável**. 3a ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 653p.

NICHOLLS, C.I.; ALTIERI, M.A. **Bases agroecológicas para el manejo de la biodiversidad en agroecosistemas: efectos sobre plagas y enfermedades**. Disponível em http://www.agroeco.org/brasil/material/efectos_sobre_plagas.htm. Acessado em 12 nov. 2008.

3 ETAPAS DE TRANSIÇÃO

3.1 Conceito de transição agroecológica

A introdução de valores ambientais nas práticas agrícolas, na opinião pública e nas agendas políticas corresponde ao processo de ecologização na agricultura. Esse processo se dá ao longo do tempo e mediante uma **transição agroecológica, que se constitui na passagem do modelo produtivista da agricultura convencional a estilos de produção mais complexos sob o ponto de vista da conservação e manejo dos recursos naturais**. Ou seja, um processo social orientado à obtenção de índices mais equilibrados de sustentabilidade, estabilidade, produtividade, equidade e qualidade de vida na atividade agrícola. Logo, a **transição agroecológica se refere a um processo gradual de mudança, através do tempo, nas formas de manejo dos agroecossistemas**, tendo como meta a passagem de um modelo agroquímico de produção a estilos de agricultura que incorporem princípios, métodos e tecnologias com base ecológica.

Entretanto, por se tratar de um processo social, a transição agroecológica implica não somente numa maior racionalização econômico-produtiva com base nas especificidades biofísicas de cada agroecossistema, mas também numa mudança nas atitudes e nos valores em relação ao manejo e à conservação dos recursos naturais, o que não dispensa o progresso técnico e o avanço do conhecimento científico. Este processo exige, entre outras coisas, uma nova e qualificada aproximação entre Agronomia e Ecologia.

3.2 Concepção biológica do processo de transição

Se analisarmos os sistemas naturais, esses tendem a evoluir de sistemas simples, com baixa biomassa, para sistemas complexos com elevada biomassa (Figura 1). Esses sistemas são auto-regulados e seu equilíbrio dinâmico depende de sua **biodiversidade**, complexidade de interações, reciclagem intensiva de nutrientes e fluxo de energia, entre outros. Os sistemas mais evoluídos (florestas) suportam complexos processos e complexas cadeias tróficas por períodos indeterminados.

E GLOSSÁRIO

O termo **biodiversidade** - ou diversidade biológica - descreve a riqueza e a variedade do mundo natural. Inclui todas as diferentes espécies de plantas, animais e microorganismos, toda a variabilidade dentro destas espécies e toda a diversidade dos ecossistemas formados pelas combinações diferentes destas espécies.

Para ilustrar essa definição assista um vídeo muito interessante em <http://www.youtube.com/watch?v=iKjia22oZog> !!!



Figura 1. Esquema simplificado da sucessão de ambientes (ecossistemas naturais). (Segundo Fontana et al., s/a)

Em contraponto, os sistemas agrícolas convencionais tendem à simplificação extrema, com um mínimo de interações, possuem processos simplificados e, por isso, dependentes de aportes externos, seja na forma de insumos ou de intervenções regulatórias. A simplificação dos sistemas agrícolas assemelha-os aos sistemas naturais mais pobres, que caracteriza o início da colonização de ambientes adversos.

3.3 Transição agroecológica

A partir dos conceitos apresentados anteriormente e do conhecimento que você obteve até o momento, durante o Curso, você já deve ter percebido que a agricultura baseada na utilização de monoculturas pode ser modificada. Como? Pela adoção de esquemas de diversificação com sistemas de produção, que incluam produção vegetal e animal, de maneira que, seguindo os procedimentos agroecológicos, seja assegurada a fertilidade do solo, a regulação natural das pragas e a produtividade das culturas. Portanto, a **redefinição do sistema** envolve a transformação da estrutura e da funcionalidade dos agroecossistemas, promovendo o manejo dirigido para otimizar os processos do tipo ciclagem de nutrientes, acúmulo de matéria orgânica, **controle biológico de pragas e doenças**, buscando-se, cada vez mais, a **promoção da biodiversidade** dentro dos sistemas agrícolas.

Dessa forma, podemos notar que os princípios da Agroecologia podem ser aplicados para implementar a eficiência dos sistemas agrícolas através do uso de várias técnicas e estratégias. Cada uma delas terá diferentes efeitos na produtividade, estabilidade e **resiliência**

A GLOSSÁRIO

O **“Controle Biológico”** baseia-se no uso de inimigos naturais (predadores, parasitóides e patógenos) para o controle de insetos-praga e de antagonistas para o controle de doenças de plantas.

Resiliência pode ser definida como a capacidade do ecossistema em manter ou retornar às suas condições originais após um distúrbio provocado por forças naturais ou pela ação humana.

dentro dos sistemas de produção, dependendo das condições locais, limitações de recursos e, em muitos casos, do mercado. O objetivo principal dos sistemas agroecológicos consiste em integrar componentes de maneira que a eficiência biológica global seja incrementada, a biodiversidade preservada, e a produtividade do agroecossistema e a sua alta capacidade de se sustentar sejam mantidas.

O principal desafio dos produtores orgânicos para o século 21 é transformar os princípios ecológicos em um sistema alternativo que seja prático e que satisfaça necessidades específicas de comunidades agrícolas em diferentes regiões ecológicas do mundo.

A estratégia principal utilizada pelos produtores no modelo considerado como o mais sustentável foi a de **restaurar a biodiversidade no tempo e no espaço**, seguindo as principais recomendações da Agroecologia, incluindo algumas das alternativas descritas a seguir.

a) Aumento da diversidade de espécies no tempo e no espaço pelo uso de rotação de culturas e culturas intercalares, além de estímulo à presença de flores e outras vegetações melhorando o habitat para os inimigos naturais.

Algumas pesquisas foram realizadas no Brasil demonstrando a importância da realização de algumas práticas agrícolas que visem contribuir com a restauração da biodiversidade. Dentre essas práticas, o uso de culturas intercalares ou o consórcio de plantas são alternativas viáveis aos agricultores, pois representam economia de espaço na área cultivada.

A cultura armadilha ou planta-isca é uma prática muito antiga, que se baseia no plantio de uma variedade mais atrativa para a praga que a variedade principal, plantadas em áreas marginais ou em faixas intercaladas à cultura, visando estimular a praga a preferir ou retardar a colonização da cultura definitiva.

Já o uso de plantas de bordadura aumenta a diversidade vegetal, que é importante por favorecer positivamente a biologia e a dinâmica populacional dos insetos benéficos, pela maior quantidade de alimento disponível para adultos (pólen e néctar) além de favorecer a presença de presas alternativas.

O uso de rotação de culturas ou cultura armadilha pode interromper o ciclo evolutivo do inseto em áreas infestadas, pela falta de alimento ou ausência de reprodução (plantas não hospedeiras) ou pela eliminação mecânica ou química dos mesmos (plantas hospedeiras).

Como exemplo do uso destas práticas agrícolas, pesquisadores da EMBRAPA - Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul - realizaram estudo com culturas intercalares de milho (*Zea mays*) em reflorestamentos de *Pinus taeda* no sul do Paraná. Concluíram que

APLICAÇÃO PRÁTICA

Exemplos já existem: de acordo com pesquisadores da Universidade de Essex (Reino Unido), que examinaram 208 projetos agroecológicos implementados nos países em desenvolvimento, cerca de 9 milhões de propriedades, cobrindo aproximadamente 29 milhões de hectares, já adotaram o sistema de agricultura sustentável!

o emprego do milho como cultura intercalar em plantios de *P. taeda* pode proporcionar ao empresário florestal retornos suficientes para custear o total ou grande parte dos encargos de implantação e manutenção inicial de seus povoamentos.

Outro exemplo foi um trabalho realizado no Município de Cruz de Almas, Bahia, onde pesquisadores da EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura e professores da Universidade Estadual de Santa Cruz, de Ilhéus, tiveram como objetivo identificar culturas intercalares para o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*), viabilizando maior produção e rentabilidade, com maiores retornos para os produtores. Concluíram que o milho e o feijão podem ser recomendados como culturas intercalares no primeiro ano de cultivo do maracujá-amarelo. A relação custo/benefício mostrou que, para cada real investido na atividade, pode-se ter um retorno médio de R\$ 1,72.

O consórcio de cravo-de-defunto (*Tagetes erecta* e *Tagetes patula*) (Figura 2) com tomate teve sucesso. Estudos demonstraram que consórcios com esta planta ornamental podem reduzir os índices de afídeos, de nematóides, de mosca branca e de plantas contaminadas com vírus, bem como pode causar o aumento da produção.



Figura 2. Cravo-de-defunto (*Tagetes sp.*).

(Fonte: <http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Tagetes.jpg>)

Em cultivo protegido, o cravo-de-defunto é uma planta promissora na utilização de consórcio ou bordadura, pois aumenta a diversidade vegetal e a diversidade de insetos, estabilizando o ambiente. *T. patula* serve como planta atrativa para espécies de tripes e como abrigo para himenópteros parasitóides. Mostra-se, portanto, como uma alternativa vegetal para o plantio em bordadura para manejo de pragas em

cultivo protegido.

O ginseng-brasileiro, *Pfaffia glomerata* (Amaranthaceae), é recomendado como bordadura em culturas que são atacadas pelo pulgão *Aphis gossypii* (Figura 3), tanto por servir de planta-isca como por atrair os inimigos naturais que utilizam como fonte alternativa de alimento o néctar e o pólen.



Figura 3. Ginseng-brasileiro (*Pfaffia glomerata*) e pulgão (*Aphis gossypii*).

(Fontes: http://www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/1167846333Pfaffia_Glomerata.jpg e <http://woodypest.ifas.ufl.edu/197.htm>).

Recomenda-se, também, que plantas de mentrasto (*Ageratum conyzoides*) permaneçam em pomares de citros para que o pólen

dessas plantas sirva de alimento para ácaros predadores, importantes para o controle de ácaros-praga das culturas, como o ácaro da leprose (*Brevipalpus phoenicis*) e o ácaro da ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*) (Figura 4).

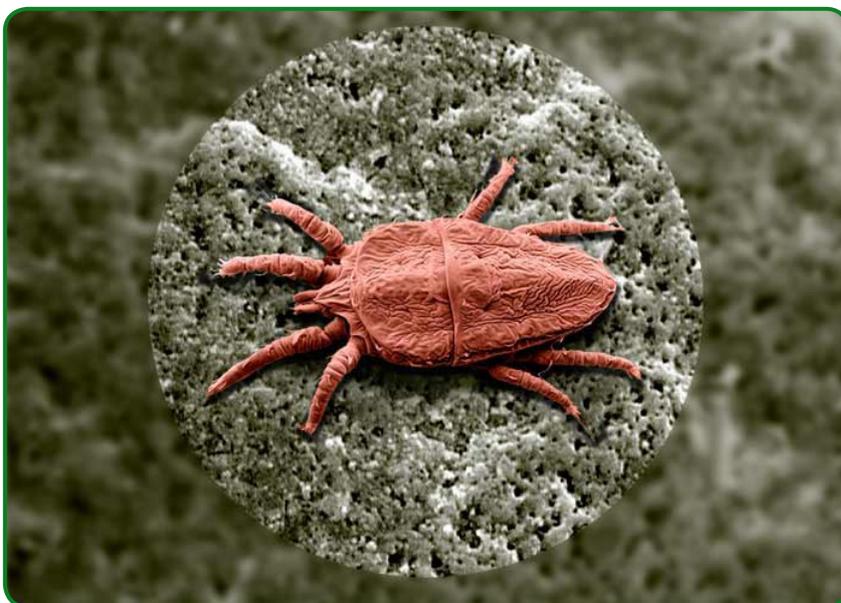


Figura 4. Mentras to (*Ageratum conyzoides*) e ácaro da leprose (*Brevipalpus phoenicis*) (com aumento de 600x).

(Fontes <http://www.nzenzeflowerspauwels.be/AgerCony.jpg> e <http://emu.arsusda.gov/typesof/pages/flat.html>)

Em algodão, a mosca branca (*Bemisia argentifolii*) (Figura 5) é uma importante praga, disseminada em todas as regiões produtoras, ocasionando perdas que variam entre 30 e 100%. Após pesquisas re-

alizadas pela EMBRAPA Algodão, em várias regiões do Nordeste onde se cultiva o algodão, observou-se grande atratividade do gergelim (*Sesamum indicum*) (Figura 6) à mosca branca; porém é importante ressaltar que a cultura armadilha de gergelim deve ser monitorada constantemente, para que não se torne um foco de disseminação da praga para a cultura principal. Se o gergelim for abandonado, poderá causar um problema maior que o previsto, principalmente se as condições forem favoráveis ao desenvolvimento da mosca branca, ou seja, clima seco e quente.



Figura 5. Mosca branca (*Bemisia sp.*).

(Fonte:http://www.lvba.com.br/bayer_boletim/janeiro/bayer_mosca.html)



Figura 6. Cultura-armadilha de gergelim próxima à cultura do algodão (Fonte: Araújo et al, 2001).

Resultados de pesquisa indicaram que as culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris*), guandu anão (*Cajanus cajan*), lab lab (*Dolichos lablab*) e soja (*Glycine max*) são hospedeiras preferenciais de *Sternechus subsignatus*, o tamanduá-da-soja (Figura 7), podendo ser usadas como culturas armadilhas, onde os adultos poderão ser eliminados quimicamente com inseticidas, antes das fêmeas iniciarem a postura, e ovos e larvas eliminados mecanicamente com roçadeiras. Por outro lado, culturas como crotalária júncea (*Crotalaria juncea*), girassol (*Helianthus annuus*), milheto (*Pennisetum americanum*), milho (*Zea mays*), mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) propiciam a diminuição da população do inseto, sendo ideais para o uso em sistemas de rotação de culturas no verão, em áreas infestadas, para substituir o cultivo da soja em plantio direto.



Figura 7. Tamanduá-da-soja (*Sternechus subsignatus*).

(Fonte: http://www.agrobyte.com.br/index.php?pag=soja&soja=bicudo_da_soja)

b) Diversificação de sistemas perenes com agroflorestas, incluindo o uso de culturas de cobertura em pomares

Na Califórnia, pomares de videira em sistemas orgânicos com a incorporação de culturas de cobertura de verão (trigo mourisco (*Fagopyrum tataricum*) e girassol) conduziram ao aumento da população de inimigos naturais que, por sua vez, reduziram o número de pulgões e de tripses.

c) Incremento da diversidade genética por meio de mistura varietal e uso de germoplasma local e variedades que exibem resistência horizontal

Pesquisadores trabalhando com agricultores em dez municípios em Yunnan, China, numa área de 5.350 hectares, recomendaram a troca do sistema do arroz de monocultura para um sistema com o uso de variedades locais misturadas com híbridas. O aumento da diversidade genética reduziu a incidência de doenças em 94% e aumentou a produção em 89%. No final de dois anos, concluiu-se que não era mais preciso o uso de fungicidas.

d) Intensificação do uso de adubação verde para construção da fertilidade e conservação do solo

No Sul do Brasil, nada menos do que 50.000 agricultores utilizam uma mistura de culturas de cobertura que cria uma espessa cobertura morta do solo, permitindo a produção de grãos em sistema de semeadura direta, sem a dependência de herbicidas.

e) Aumento da diversidade da paisagem com corredores biológicos, bordas das áreas com vegetação diversa ou com mosaicos de agroecossistemas e manutenção de áreas de vegetação natural ou secundária como parte da matriz do agroecossistema

Corredor biológico, corredor ecológico ou corredor de biodiversidade é o nome dado à faixa de vegetação que liga grandes fragmentos florestais ou unidades de conservação que foram separados pela atividade humana (estradas, agricultura, clareiras abertas pela atividade madeireira, etc.), proporcionando à fauna o livre trânsito entre as áreas protegidas e, conseqüentemente, a troca genética entre as espécies (Figura 8).



Figura 8. Floresta fragmentada pela agricultura. Muitos invertebrados acabam sendo isolados na floresta. Mas animais maiores, como javalis e veados ainda podem passar facilmente de um fragmento florestal para outro. Os corredores

ecológicos podem conectar estas "ilhas" entre si. (Fonte: Wikipedia).

3.3.1 Criação de corredores para inimigos naturais

O cultivo de várias plantas com flores, em fileiras, que atravessam campos a cada 50 a 100 metros, pode servir de estradas no habitat de inimigos naturais. Insetos benéficos podem utilizar esses corredores para circular e se dispersarem para os centros dos campos. Estudos europeus têm confirmado que essa prática aumenta a diversidade e quantidade de inimigos naturais. Quando campos de beterraba açucareira (*Beta vulgaris var. saccharifera*) foram intercalados com corredores de facélia (*Phacelia tanacetifolia*) (Figura 9), a cada vinte ou trinta fileiras, foi intensificada a destruição de pulgões por moscas predadoras (Figura 10). Da mesma forma, fileiras de trigo-mourisco e de facélia em campos de repolho, na Suíça, aumentaram a população de vespas parasitóides que atacam o pulgão do repolho.



Figura 9. Facélia (*Phacelia tanacetifolia*).

(Fontes: <http://luirig.altervista.org/photos-int/index2.htm> e <http://www.vcely.sk/rastliny/facelia/kvet.jpg>)



Figura 10. Larva e adulto de mosca predadora de pulgões (*Dip.*, *Syrphidae*).
(Fontes: <http://entweb.clemson.edu/cuentres/cesheets/benefici/ce173.htm> e <http://flickr.com/photos/67662120@N00/1638918990>)

Devido ao seu longo período de florescimento durante o verão, a facélia também tem sido utilizada como fonte de pólen para aumentar as populações de moscas, cujas larvas são predadoras, em campos de cereais. Em grandes campos orgânicos na Califórnia, fileiras de *Alysum* (Figura 11) são comumente plantadas a cada 50 a 100 metros em campos de cultivos de alface e de brássicas para atrair as moscas predadoras que controlam os pulgões.



Figura 11. *Alyssum sp.*

(Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Alyssum_saxatile.jpg)

Para efeitos mais prolongados, é recomendado plantar corredores de plantas com arbustos que possuam período de florescimento mais longo. No norte da Califórnia, pesquisadores ligaram uma **floresta ciliar** com o centro de um grande vinhedo usando um corredor vegetal de sessenta espécies de plantas. Esse corredor incluía muitas espécies lenhosas e herbáceas perenes, florescendo durante toda a estação de crescimento, dando aos inimigos naturais um suprimento constante de alimentos alternativos e quebrando sua dependência estrita de pragas da videira. Um complexo de predadores entrou no vinhedo mais cedo, circulando continuamente entre as plantas. As interações subsequentes da cadeia alimentar enriqueceram as populações de inimigos naturais e diminuíram os números de grilos e tripses. Esses impactos foram medidos em vinhedos em extensões de 30 a 45 metros a partir do corredor.

Por fim, uma lista de recomendações para os agricultores, para que se consiga um aumento da biodiversidade:

- diversifique as atividades incluindo mais espécies de plantas e animais;
- utilize rotações de cultivos de legumes e pastagens mistas;
- intercale cultivos ou coloque fileiras de outros cultivos, quando viável;
- misture variedades da mesma cultura;
- utilize variedades que carreguem muitos genes – ao invés de

A GLOSSÁRIO

Floresta ciliar é a designação dada à vegetação que ocorre nas margens de rios e mananciais.

apenas um ou dois – para tolerância à mesma doença;

- enfatize cultivos de polinização aberta, ao invés de híbridos, devido à sua adaptabilidade aos ambientes locais e maior diversidade genética;
- estabeleça cultivos de cobertura em pomares, vinhedos e campos de cultivo;
- deixe faixas de vegetação nativa nas margens dos campos;
- crie corredores para vida selvagem e insetos benéficos;
- implante e mantenha sistemas agroflorestais; quando possível, combine árvores e arbustos com cultivos ou criações de animais para melhorar a continuidade do habitat para os inimigos naturais;
- plante árvores modificadoras do microclima e plantas nativas como quebra-ventos ou cercas vivas;
- disponibilize uma fonte de água para pássaros e insetos e
- deixe áreas de reserva na propriedade como um habitat para a diversidade de plantas e animais.

3.4 Transição agroecológica no estado do Rio Grande do Sul, Brasil

As informações constantes neste item foram obtidas a partir do exposto por Francisco Roberto Caporal, no texto intitulado “Superando a Revolução Verde: a transição agroecológica no estado do Rio Grande do Sul, Brasil”.

O Rio Grande do Sul, por tradição histórica e condições agroclimáticas, foi um dos primeiros estados brasileiros onde a **Revolução Verde** ganhou expressão, mas foi também pioneiro na luta ambientalista e na batalha contra as externalidades negativas dos pacotes tecnológicos, especialmente no que diz respeito aos agrotóxicos. A consciência acerca dos impactos da Revolução Verde sobre o meio ambiente e sobre a saúde foi geradora de crescentes movimentos de resistência de parcela importante da sociedade gaúcha, que reivindica, desde meados dos anos 1980, a necessidade de banir alguns pesticidas, diminuir o uso de agrotóxicos, eliminar práticas agrícolas danosas ao solo e às águas superficiais e subterrâneas, eliminar as queimadas e reduzir o desmatamento, entre outras questões.

Como exemplo do pioneirismo ambientalista do Rio Grande do Sul, cabe lembrar as ações realizadas pela AENORGS – Associação dos Engenheiros Agrônomos do Nordeste do Rio Grande do Sul, no início dos anos 1980, assim como a primeira Lei de Agrotóxicos, aprovada pela Câmara de Vereadores de Santa Maria, Rio Grande do Sul, seguida pela Lei que regulou o uso dos pesticidas no estado.

Este pioneirismo da população do Rio Grande do Sul criou no es-

A GLOSSÁRIO

É um amplo programa idealizado para aumentar a produção agrícola no mundo por meio de melhorias genéticas em sementes, uso intensivo de insumos industriais, mecanização e redução do custo de manejo

tado gaúcho as bases necessárias para que houvesse um avanço significativo na construção de outros estilos de agricultura. Observe-se que foi também no início dos anos 80 que apareceram as primeiras experiências de agricultura orgânica e/ou ecológica no estado, tanto estimuladas por ONGs, como apoiadas por extensionistas rurais vinculados ao setor público.

Por outro lado, a opção por um determinado estilo de desenvolvimento rural e a adoção de um correspondente modelo de modernização da agricultura trouxeram consigo impactos indesejáveis, e muitas vezes incontrolláveis, seja pela forma como se implantou esse processo, seja pela natureza das tecnologias difundidas, especialmente no que se refere ao uso dos insumos e dos tipos de manejo de solo que se passou a adotar. Assim mesmo, a simplificação extremada dos agroecossistemas, inerente ao modelo baseado em monoculturas, contribuiu para reduzir a biodiversidade, do mesmo modo que a necessidade de ocupação de maiores áreas e o crescente uso da madeira para diversos fins, principalmente energéticos, levaram ao aumento do desmatamento.

No Rio Grande do Sul, segundo estudo realizado pela Fundação de Apoio à Tecnologia e à Ciência (FATEC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), divulgado em 1983, o desmatamento levou a uma redução da cobertura florestal nativa, que passou dos 40% originais para apenas 5,62%, ou seja, dos 10.764.000 hectares restavam 1.585.731 hectares com cobertura florestal (Figura 12).

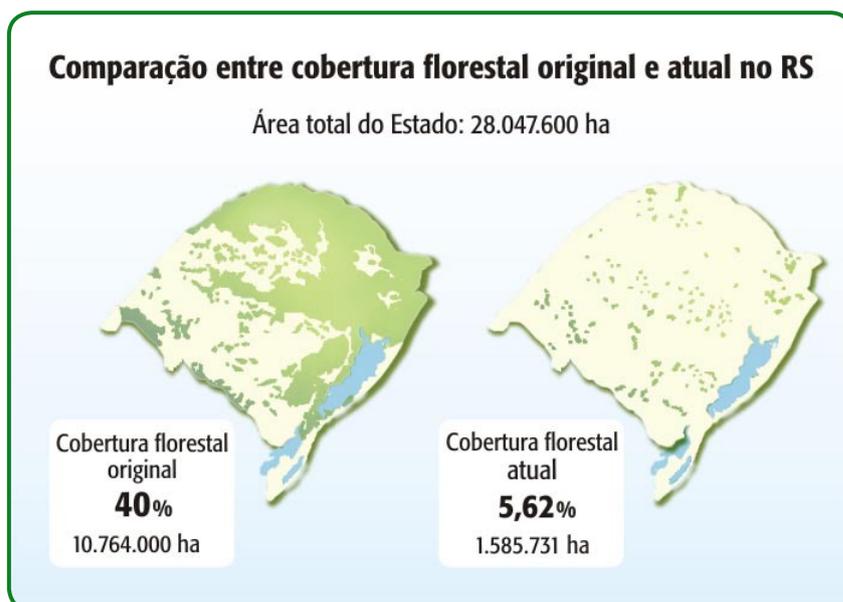


Figura 12: Cobertura florestal no Rio Grande do Sul (original e em 1983). Fonte: Ferreira e Gausmann (1996)

A crescente consciência ambiental da população e a rigorosa legislação sobre desmatamento e queimadas, além de aspectos sócio-econômicos (que levaram à redução da área cultivada), contribuíram para que o problema da cobertura florestal fosse minimizado. Mais recentemente, segundo o novo Inventário Florestal Contínuo do Estado do Rio Grande do Sul, estudo realizado por especialistas da UFSM através de convênio com a SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente, o estado conta com uma cobertura de 17,53% de florestas nativas. A Tabela 1 mostra a evolução da cobertura florestal em relação ao estudo de 1983.

Tabela 1. Evolução da cobertura florestal no Rio Grande do Sul (1983-2001).

Floresta	1983		2001		Acréscimo
	Área km ²	%	Área km ²	%	Área km ²
Natural	15.857,31	5,62	49.556,29	17,53	33.698,98
Plantada	1.743,96	0,62	2.747,48	0,97	1.003,50
Total	17.601,27	6,24	52.303,77	18,50	34.702,50

Fonte: SEMA/UFSM (2002) – Não publicado.

Em 1999, a empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul - EMATER/RS estabeleceu como sua Missão Institucional a promoção do Desenvolvimento Rural Sustentável, com base nos princípios da Agroecologia. Para alcançar tais objetivos, a EMATER/RS adotou um esquema operativo diferenciado, sustentado em um enfoque participativo, que põe ênfase no desenvolvimento local e que, seguindo os princípios da Agroecologia, parte da análise sistêmica e de uma visão de totalidade – holística – dos agroecossistemas. Nessa perspectiva, o desenvolvimento rural, antes visto simplesmente como a busca de mais crescimento econômico, passa a incorporar o conjunto das dimensões da sustentabilidade.

A Extensão Rural Agroecológica passa a exigir a adoção de outros pilares de sustentação, de outros conceitos fundamentais, entre os quais destacam-se os conceitos de processo de ecologização e de transição agroecológica, abordados anteriormente.

Os dados que são apresentados na seqüência representam parte do resultado do trabalho dos agentes de extensão rural da EMATER/RS-ASCAR, em conjunto com agricultores e entidades parceiras, consolidados em novembro de 2002. Foram recolhidos através de consulta aos 480 Escritórios Municipais da empresa. Além dos relatórios normais, foi utilizado um questionário, distribuído em sistema informatizado, para avaliar os avanços na transição agroecológica, cujos dados foram analisados por especialistas da Divisão de Apoio Técnico

ao Desenvolvimento Rural Sustentável, existente no Escritório Central, depois de previamente examinados por técnicos dos 10 Escritórios Regionais que apóiam e supervisionam o trabalho das equipes municipais.

Com respeito à questão da transição agroecológica, especificamente na agropecuária, os dados demonstram a existência de um grande número de famílias rurais que estão participando deste processo, assim como uma expressiva variedade de culturas e criações que estão sendo cultivados ou manejados ecologicamente ou em fase de transição para uma produção de base ecológica. Também foram expressivas as ações de ecologização da agricultura e as ações conservacionistas. Neste sentido, é preciso destacar o crescimento significativo da área do estado com cobertura vegetal no inverno, que é um período crítico com respeito à erosão, assim como as iniciativas para realizar a prática de plantio direto sem o uso de herbicidas.

Ademais, cabe registrar que foram realizadas importantes ações e obtidos muitos resultados positivos no que diz respeito ao Manejo de Pragas e controle biológico da lagarta da soja. Em 2002 foram monitorados 31.083 ha de lavouras de 2.397 agricultores e o uso de *Baculovirus anticarsia* foi realizado por 696 agricultores, em 12.681 ha.

Quanto ao **processo de transição agroecológica na agricultura**, a pesquisa tomou como referência três categorias: "Agricultura Convencional", em "Transição – Substituição de Insumos" e em fase de "Redesenho dos Sistemas/Atividades Agrícolas", de acordo com as definições que constam abaixo. Com isto, procurou-se diferenciar etapas do processo de transição no qual estão trabalhando agricultores assistidos e extensionistas rurais da EMATER/RS, de modo que tais informações pudessem permitir uma avaliação sobre o andamento do processo de ecologização tanto na produção de olerícolas, como na fruticultura e na produção de grãos. Alguns dados selecionados serão apresentados a seguir, ressaltando que a pesquisa realizada pela EMATER/RS-ASCAR, através de um sistema informatizado enviado a todos os Escritórios Municipais, apresenta dados de outras atividades agropecuárias, além dos aqui mencionados.

Sistema Convencional: inclui, também, agricultores assistidos que vêm, simplesmente, reduzindo o uso de insumos químicos, por razões econômicas ou outras, sem preocupar-se com a adoção de insumos ou práticas alternativas.

Transição-Substituição: agricultores assistidos que vêm realizando processos de substituição de insumos químicos (adubos químicos e agrotóxicos) por insumos alternativos de base ecológica.

Transição-Redesenho - agricultores assistidos que, além do processo de substituição de insumos, vêm realizando o redesenho de

APLICAÇÃO PRÁTICA

Pesquisas pioneiras desenvolvidas a partir de 1977 no Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), sediada em Londrina, PR, viabilizaram o uso de um vírus entomopatogênico, *Baculovirus anticarsia*, no controle biológico da lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatilis*. Esse é o maior programa, a nível mundial, de uso de um vírus contra uma praga!

suas propriedades, a partir de um enfoque ecológico e sistêmico; estão realizando, simultaneamente e de forma integrada, diversos processos, tais como: manejo ecológico do solo, rotação e diversificação de culturas, integração de sistemas agrícolas e de criação animal, florestamento e reflorestamento conservacionista, manejo de sistemas agroflorestais, entre outras técnicas e práticas agrícolas de base ecológica.

Na Tabela 2, estão apresentados os dados de cinco grandes culturas de grãos do Rio Grande do Sul (arroz, feijão, milho, soja e trigo). Nessa tabela percebe-se que a transição agroecológica deixou de ser um fato restrito aos hortigranjeiros, como se enfatizou por muitos anos, para estabelecer-se como um processo possível nas áreas de agricultura extensiva.

Tabela 2. Produção de Grãos – Número, área e aspectos da transição agroecológica entre agricultores assistidos pela EMATER/RS, em cinco cultivos selecionados.

CULTURAS	AGRICULTORES ASSISTIDOS (nº)			ÁREA ASSISTIDA (ha)		
	Categorias			Categorias		
	Sistema Convencional	Transição	Redesenho	Sistema Convencional	Transição	Redesenho
ARROZ	2.445	626	581	31.643	4.153	453
FEIJÃO	13.870	5.115	1.525	15.986	5.100	1.524
MILHO	59.458	14.360	2.238	254.956	51.068	7.456
SOJA	28.013	6.554	995	338.832	65.089	7.188
TRIGO	6.979	2.186	161	58.164	14.895	655

Fonte: Pesquisa EMATER/RS-ASCAR (2002).

Em alguns cultivos, como o do feijão, dos 20.510 agricultores assistidos pelos técnicos da EMATER/RS, cerca de 32% aderiram ao processo de transição ou já iniciaram o redesenho de seus sistemas. Com respeito à área, é importante observar que, de um total de 22.610 hectares assistidos, 29% já se encontram em processo de transição ou em sistemas redesenhados, o que explica as razões do rápido crescimento da oferta de feijão ecológico. Como exemplo da possibilidade e viabilidade deste processo de ecologização da agricultura no estado, são mencionados os excelentes resultados alcançados pelos produtores ecológicos de feijão na Região administrativa da EMATER/RS, que tem como sede o município de Santa Maria. Nessa região, programas coordenados pelo Engenheiro Agrônomo e Assistente Técnico Regional, MSc Paulo Renato Poerschke, levados a cabo por extensionistas rurais de 20 municípios, evidenciam que não só é possível produzir ecologicamente, como é factível obter produtividade superior ao sistema

convencional e com isto aumentar a renda dos agricultores. Os resultados na safra 2002/2003, obtidos pelos agricultores participantes dos Programas de Produção Ecológica de Feijão das microrregiões Centro-Serra e Quarta Colônia, foram, respectivamente, de 675 kg/ha e 1.029 kg/ha nas áreas com manejo ecológico, contra 673 kg/ha e 858 kg/ha nas áreas com manejo convencional, corroborando resultados de anos anteriores. Isso leva o referido Assistente Técnico a afirmar que “a produção de feijão, com base em princípios agroecológicos, na região, é uma realidade com tendência de crescimento, agregando novos produtores e contribuindo para a melhoria do nosso meio ambiente e qualidade de vida de produtores e consumidores”.

De um total de 140.156 agricultores que recebem assistência técnica nestes cinco cultivos, 29.391 (20,9% do total) estão com suas lavouras em processo de transição ou já redesenharam suas propriedades/atividades. Do total de 857.162 hectares assistidos, 157.581 hectares estão em “transição-substituição de insumos” ou em fase de “redesenho”, o que representa mais de 18% da área total dos produtores assistidos nestas 5 culturas.

Como é sabido, o ideal de sustentabilidade que vem sendo construído nas últimas décadas teve um grande impulso a partir de 1972, com a **Conferência de Estocolmo**, e ainda requer grandes transformações nos modos de vida e nos padrões de produção e consumo vigentes nas sociedades. Seria dispensável afirmar que qualquer patamar de sustentabilidade que se almeje alcançar vai exigir grandes cuidados com a base de recursos naturais da qual dependem a atual e as futuras gerações. Por isto, o desenvolvimento sustentável exige a construção de estilos de desenvolvimento rural e de agricultura sustentáveis.

A atividade agrícola, na perspectiva da sustentabilidade, deve proteger e conservar os recursos naturais não renováveis assim como deve produzir alimentos saudáveis, livres de contaminantes químicos (e acessíveis a toda a população). Ademais, a agricultura, para ser sustentável, não pode ser causadora de êxodo rural, assim como não pode ser responsável pela contaminação do ar, do solo e das águas. Também não pode ser geradora de externalidades incontroláveis que afetem negativamente a saúde de homens e animais. Portanto, caminhar no sentido da construção de estilos de agricultura de base ecológica faz parte do imperativo socioambiental da nossa época.

Não obstante, dadas as complexas condições objetivas impostas pelo padrão de desenvolvimento rural e da agricultura (sejam elas de natureza econômica, social, cultural ou política), ou mesmo pelos limitantes ambientais determinados pelos níveis de degradação dos agroecossistemas (que precisam ser recuperados para permitir a construção destes novos estilos de agricultura sustentável), a busca da

A GLOSSÁRIO

Foi uma conferência promovida pelas Organização das Nações Unidas, realizada em Estocolmo, Suécia, em 1972, para apresentar e discutir questões relacionadas com o meio ambiente no mundo. Estiveram presentes representantes de 113 países, 19 agências multilaterais e mais de 400 organizações não governamentais e organizações intergovernamentais. Marca o início da moderna formulação da questão do meio ambiente global, como objeto de políticas.

sustentabilidade precisa ser guiada por um processo de ecologização permanente e contínuo no tempo e por uma transição agroecológica gradual e segura. Esses passos estão sendo seguidos no Rio Grande do Sul. Em pouco mais de três anos de atividades inovadoras da Extensão Rural, com base nos princípios da Agroecologia, a busca por novos patamares de sustentabilidade no desenvolvimento rural e na agricultura se espalhou pelas diferentes regiões do estado. Isso serve também para demonstrar a importância do papel do Estado, de suas instituições e das políticas públicas na potencialização e disseminação de processos de transição da agricultura convencional a estilos de agricultura e desenvolvimento rural sustentáveis.

Os resultados, ainda que pequenos diante do tamanho da agricultura do estado do Rio Grande do Sul, servem para revelar que a transição agroecológica é possível, particularmente quando se trata da agricultura familiar. Ademais, fica claro que agricultores familiares e extensionistas rurais estão dispostos a enfrentar novos desafios e riscos, construir novos e mais adequados conhecimentos e tecnologias, de modo a responder aos anseios da sociedade maior que, como eles, espera um futuro com qualidade para seus descendentes.

O enfoque agroecológico que foi adotado pela EMATER/RS não dirige todos os esforços apenas para estimular a produção orgânica e atender nichos de mercado, mas de algo mais amplo e com o olhar no futuro. Uma das virtudes do enfoque agroecológico está justamente na noção de transição da agricultura convencional para a agricultura sustentável. A transição agroecológica não implica uma revolução, mas sim um processo que exige, antes de nada, consciência ambiental e compromisso com as futuras gerações.

Bibliografia Consultada

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Agroecologia - resgatando a agricultura orgânica a partir de um modelo industrial de produção e distribuição. **Ciência & Ambiente**, 27, Agroecologia, 2003. p.141-152. Disponível em <http://www.agroeco.org/brasil/material/Agroecologia2.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2008.

ARAUJO, L.H.A. et al. Gergelim: cultura armadilha para a mosca branca em algodão. **EMPRAPA, Comunicado Técnico** 143, 2001, Campina Grande, PB. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2001/COMTEC143.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2008.

CAPORAL, F.R. **A transição agroecológica no estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. Texto impresso.

FERREIRA, T. N.; GAUSMANN, E. **“Extensão Conservacionista, Educação Ambiental, Capacitação Técnica e Pesquisa: Rio Grande do Sul – Brasil”**. Artigo apresentado no Seminário sobre Manejo de Bacias Hidrográficas no Cone Sul da América Latina. Blumenau, SC, de 18 a 22 de novembro de 1996. 34 p. (mimeo).

FONTANA, R.B. et al. **Conversão, transição e harmonização do agroecossistema**. Texto impresso.

LEITE, G.L.D. Artrópodes associados às flores de *Pfaffia glomerata* em Montes Claros-MG. Disponível em: http://www.cca.ufpb.br/revista/pdf/2005_2_10.pdf. Acesso em: 10 nov. 2008.

LIMA, A. et al. Cultivos intercalares e controle de plantas daninhas em plantios de maracujá-amarelo Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 24, n. 3, p. 711-713, Dezembro 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v24n3/15120.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2008.

MORAES, J. C.; CARVALHO, G.A. Integração de Estratégias e Táticas de Manejo. Disponível em: <http://www.den.ufla.br/Professores/Jair/Manejo%20Integrado%20de%20Pragas.PDF>. Acesso em: 14 nov. 2008.

NICHOLLS, C.I.; ALTIERI, M. A. **Projeção e implantação de uma estratégia de manejo de habitats para melhorar o controle biológico de pragas em agroecossistemas**. Texto impresso.

PERES, F.S.C. **Cravo-de-defunto (*Tagetes patula* L.) como planta atrativa para tripses (Thysanoptera) e himenópteros parasitóide (Hymenoptera) em cultivo protegido**. Jaboticabal, SP, 2007. 50p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal.

SCHREINER, H.G.; BAGGIO, A.J Culturas intercalares de milho (*Zea mays* L.) em reflorestamentos de *Pinus taeda* L. no sul do Paraná. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 8/9, p. 26-49, 1984. Disponível em http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim08_09/schreiner.pdf. Acesso em: 12 nov. 2008.

SILVA, M.T.B. Comportamento de *Sternechus subsignatus* (Boheman) em dez espécies vegetais de verão para rotação de culturas ou cultura armadilha no plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.4, p.537-541, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v27n4/a02v27n4.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2008.