

USO DO SOLO E BIODIVERSIDADE

Derli P. SANTANA¹ e Rodrigo Matta Machado²- 1. Embrapa Milho e Sorgo Rodovia MG 424, Km 65 Sete Lagoas -MG CEP 35701-979 derli@cnpms.embrapa.br 2. Universidade Federal de Minas Gerais

Introdução

A grande maioria da superfície da terra já foi modificada pela intervenção humana e o impacto dessa intervenção nos sistemas naturais é um assunto cada vez mais crítico para o futuro. O crescimento da pressão populacional e a incrível demanda por serviços dentro de uma base fixa de terra tem ameaçado a qualidade das funções reguladoras do solo, água e de outros recursos naturais. Pela primeira vez na história, nós estamos cruzando o limite de disponibilidade de novas áreas para cultivo. Pela primeira vez na história, o manejo sustentável do recurso solo é mais importante do que a disponibilidade de área para desenvolvimento.

A agricultura é tradicionalmente vista como um problema ambiental, mas, se cuidadosamente manejada, pode ser também uma solução ambiental.

A Evolução da Agricultura

O homem primitivo dependia, para sua sobrevivência, da caça, pesca, e plantas comestíveis encontradas ao seu redor, sendo assim, altamente dependente dos recursos naturais disponíveis. Sua adaptação ao meio era total pois ele vivia como parte integrante deste e provavelmente não causando maiores impactos ao equilíbrio ambiental do que qualquer outra espécie viva.

Aprendendo a controlar o fogo e a fazer ferramentas, o homem pôde deixar de ser nômade e se assentar. Para isto foi de crucial importância o advento revolucionário da agricultura. Nesta fase o homem passou a desenvolver trabalhos que modificavam o meio natural para produzir vegetais e / animais úteis a si próprio. A agricultura, então, possibilitou ao homem transcender aos limites naturais impostos pelo meio físico porque ele passou a modificá-lo em seu próprio benefício.

Desde esta remota origem, a agricultura tem sofrido uma evolução contínua, procurando sempre favorecer a espécie de seu interesse.

Após a Segunda Guerra Mundial, intensificou-se o ritmo das inovações tecnológicas, especialmente no campo da genética aplicada à agricultura, culminando, na década de 70, com a chamada Revolução Verde. A revolução verde consistiu no desenvolvimento de variedades de porte baixo, de alta produtividade e com baixa relação entre palha e grãos. As plantas de porte baixo não acamavam e permitiram a obtenção de alta produtividade principalmente com doses elevadas de nitrogênio na adubação. Inicialmente, variedades de trigo e milho, desenvolvidas em um programa internacional no México, foram introduzidas e cultivadas na Índia e no Paquistão, resultando em notável aumento da produção de cereais, principalmente trigo. Esta espalhou para as extensas áreas dos países subdesenvolvidos os sucessos do padrão, que já era convencional na Europa, nos Estados Unidos e no Japão. Levava consigo, além do chamado "pacote tecnológico", a esperança de resolver os problemas da fome. De fato, a produção total da agricultura cresceu vertiginosamente, mas nos anos 80, a euforia das grandes safras cederia lugar a uma série de preocupações relacionadas aos problemas sócio-econômicos e ambientais provocados por esse padrão produtivo.

Do ponto de vista ambiental, a substituição dos sistemas de rotação com alta diversidade cultural por sistemas simplificados, baseados no emprego de insumos industriais químicos, motomecânicos e de variedades vegetais geneticamente melhoradas e padronizadas, afetou drasticamente a estabilidade ecológica da produção agrícola (Romeiro, 1992). Isso influenciou tanto no equilíbrio físico, químico e biológico dos solos como na suscetibilidade das lavouras ao ataque de pragas e doenças, principalmente em áreas caracterizadas por elevada diversidade, como é o caso das regiões tropicais. Além disso, a destruição das florestas e da biodiversidade genética, a erosão dos solos e a contaminação dos recursos naturais e dos alimentos tornaram-se quase inerentes à produção agrícola. Esta

3146

Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29

crecente preocupação com o ambiente e com a qualidade de vida no planeta levou ao surgimento de um novo "paradigma" das sociedades modernas: a "sustentabilidade agrícola".

Dentro desse prisma, atualmente o grande debate gira em torno do uso ou não de plantas transgênicas. Essa discussão colocou em evidência o papel estratégico da biodiversidade e como a agricultura pode afetá-la.

Agroecossistemas e Biodiversidade

A noção de biodiversidade agroecossistêmica pode ser compreendida de diferentes maneiras, como a diversidade genética de culturas agrícolas; diversidade de espécies agrícolas através do espaço; diversidade de espécies agrícolas através do tempo; biodiversidade dos agroecossistemas através das interações entre culturas agrícolas e animais domésticos; biodiversidade natural dentro dos agroecossistemas; e biodiversidade natural sendo indiretamente afetada pelos agroecossistemas, como a diminuição da necessidade de expansão agrícola em áreas novas e biologicamente diversas a partir da manutenção de agroecossistemas altamente produtivos (Harrigton, L. 1996).

A atividade agrícola leva a uma redução da biodiversidade pois resulta da estruturação da área natural, com muitas espécies de plantas e animais convivendo em equilíbrio ecológico e dinâmico, para um sistema centralizado em uma ou um reduzido número de espécies de plantas ou animais convivendo em desequilíbrio. Essa redução da biodiversidade em sistemas agrícolas é tradicionalmente considerada essencial para aumentar a produção de alimentos, forragens ou fibras.

A diversidade de microrganismos, plantas e animais é um fator básico na estrutura e função de um sistema natural. Em ecossistemas naturais o regulamento interno de função é substancialmente um produto da biodiversidade vegetal através do fluxo de energia, nutrientes e água. Essa forma de controle é perdida progressivamente sob a intensificação agrícola de tal forma que no final das contas a única função ecossistêmica integrada é investida nos

sub-sistemas abaixo do solo, regulados predominantemente por "inputs" químicos de origem industrial (Swift e Anderson 1993).

Agrodiversidade

A agrodiversidade (diversidade de uso da terra) é o grau de diversificação de sistemas de produção na paisagem, incluindo pecuária e sistemas agroflorestais. Levando em consideração a grande diversidade de sistemas de produção agrícola no mundo, Swift e Anderson (1993) classificam estes sistemas levando em consideração dois critérios: a diversidade relativa da biota produtiva dentro do sistema, e a complexidade do sistema em termos de unidades produtivas distintas. No sistema tradicional de agricultura de corte e queima (agricultura itinerante) a riqueza de espécies de todos os componentes do ecossistema é comparável com a de muitos ecossistemas naturais. No outro extremo estão as monoculturas intensivas, onde a diversidade de plantas simplesmente não existe. Entre estes dois extremos existe uma grande variedade de sistemas nos quais são mantidos deliberadamente alguns elementos de diversidade vegetal.

A monocultura, ou seja, o cultivo de uma única cultura em uma mesma área e em geral sem rotação com outras culturas, é uma prática amplamente utilizada no mundo todo. A pressão pela grande produção de cereais leva a muito pouca rotação de culturas e, quando ocorrem são em pequena escala. Em diversos lugares na Ásia, é feito o plantio de arroz inundado no verão e de trigo no inverno. No Meio Oeste dos Estados Unidos extensas áreas cultivadas com milho deixam oportunidades para apenas uma participação parcial da rotação com soja e outras culturas, prevalecendo a monocultura do milho. A monocultura vem sendo praticada há muito tempo, em alguns casos, há milhares de anos, é tida como um dos sistemas mais eficientes de produzir grande quantidade de alimentos e a tendência segue sendo o aumento da produtividade. Por outro lado, a monocultura traz sérios problemas fitossanitários, pela maior vulnerabilidade ao ataque de pragas e doenças, aumentando a necessidade de uso de pesticidas.

O uso intenso de pesticidas pode acarretar acentuada alteração na biodiversidade. Processos vitais do solo, como a decomposição de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, podem sofrer elevado impacto, levando o sistema agrícola à maior dependência por fertilizantes.

A agrodiversidade é frequentemente praticada pelos agricultores como parte de suas estratégias de manejo de risco, isto é, para se guardar em relação a frustração de safra e colapso de créditos, mas é também um indicador útil da flexibilidade e elasticidade do sistema agrícola regional, e sua capacidade de absorver choques e responder a oportunidades (Dumanski e Pieri, 1998).

A diversificação de cultivos tem uma relação com o controle biológico de pragas, favorecendo a abundância de inimigos naturais e sua efetividade ao servir de hospedeiros/presas alternativas em momentos de escassez de pragas; servir de alimentação (pólen e néctar) para os parasitóides e predadores adultos; servir de refúgios para a hibernação e nidificação de inimigos naturais; e manter populações aceitáveis da praga por períodos prolongados de maneira a assegurar a sobrevivência continuada dos insetos benéficos (Altieri, 1992).

.Biodiversidade e Sistemas Agroflorestais

Tem sido dado pouca atenção para o papel que a agrosilvicultura deve ter na proteção da biodiversidade. Teoricamente, os sistemas agroflorestais deveriam ser melhores do que as monoculturas para a conservação da diversidade biológica porque os sistemas agroflorestais são estruturalmente mais diversos. A diversidade estrutural de uma comunidade de plantas correlaciona-se com a diversidade de animais que habitam aquela comunidade (Urban e Smith 1989, citado em Gajasen et al, 1996). Altieri et al. (1987) demonstrou que a diversidade de artrópodes num agroecossistema é uma função de sua complexidade. Entretanto, poucos estudos têm ocorrido sobre a vida silvestre de vertebrados em sistemas agrícolas simples versus complexos. Pesquisas sobre vida silvestre em sistemas florestais ou agroflorestais são extremamente raros. Pimentel et al., citados por Gajasen et al. (1996), discutem a idéia de que a diversidade biológica em sistemas agrícolas e

florestais pode ser melhor conservada através da manutenção da diversidade de habitat e diversidade de plantas. Eles afirmam que "aumentando-se a diversidade de habitat físicos aumenta-se a diversidade de plantas e outros organismos associados. Existe uma simplificação de comunidades biológicas em sistemas agrícolas resultante da mudança de uma agricultura diversificada para uma monocultura em larga escala. Esta simplificação é marcante quando analisamos a paisagem em propriedades agrícolas e observamos o contraste existente entre as áreas de reservas legais ou permanentes e aquelas áreas destinadas a um sistema agrícola convencional. No caso das florestas tropicais ocorre o que os ecólogos chamam de "efeito de borda", que mostra uma mudança brusca de microclima no entorno desta áreas de conservação, estendendo estas mudanças por vários metros dentro do ecossistema natural. Estas mudanças de microclima promove um estress severo em várias espécies de árvores, e reduz a biodiversidade de fauna (Gajasen et al. 1996). Sistemas agroflorestais bem desenhados, que procuram mimetizar a estrutura e funcionamento dos ecossistemas naturais locais, poderiam ser importantes para a diminuição deste "efeito de borda" que ocorre no entorno de unidades de conservação, como parques nacionais e reservas legais a nível de propriedade rural. Além disso, estes sistemas agroflorestais, poderiam servir de "ponte" para ligar os remanescentes de ecossistemas naturais através de corredores agroflorestais, possibilitando parte do trânsito de várias espécies de animais silvestres que geralmente não utilizam-se destas monoculturas como refúgio (Gajasen et al. 1996).

Swift M.J. e J.M. Anderson (1993) enfatizam que pesquisas com policulturas ou cultivo em aléias tem mostrado que estes sistemas com duas ou três espécies podem produzir retornos comparáveis ou mesmo maiores do que monocultivo intensivos. Estes sistemas diversificados têm valor devido à influência a qual a diversidade de plantas tem na regulação do subsistema decompositor do solo. A diversidade diminuída da comunidade vegetal vai ter profundos efeitos na comunidade decompositora e sua função, afetando a

sincronização entre disponibilidade de nutrientes e demanda pela planta. Estas é uma das razões em que os sistemas agrícolas são mais propensos a vazamento em termos de fluxo de nutrientes do que comunidades de plantas mais diversas. A principal razão para isso, na agricultura de alto uso de insumos, é o desequilíbrio nas relações entre carbono e nitrogênio dos "inputs", o qual não permite que ocorra a imobilização do nitrogênio pela fauna do solo (Swift M.J. e J.M. Anderson, 1993).

Vitousek e Hooper (1993) relatam que, em geral, existe uma tendência para que o aumento da diversidade de até o número de 10 espécies vegetais pode mostrar uma influência na biogeoquímica dos ecossistemas. Numa comparação entre sistemas naturais e agroecossistemas de diferentes complexidades Ewel et al. (1991) mostraram que numa comparação entre um ecossistema de floresta tropical e vários sistemas que variavam o número de espécies agrícolas, a riqueza de espécies melhorou algumas propriedades do solo, como níveis de cálcio e nitrogênio total, mas não mostrou mudanças na matéria orgânica do solo.

Variação Espacial e Temporal da Diversidade

Diversidade em escala de lavoura varia de poucos hectares a milhares. O tamanho e a forma da lavoura são influenciados por aspectos sociais (manejo, economia, política) e aspectos naturais. Esses fatores podem introduzir variações em pequenas distâncias e contribuir para a diversidade estrutural e funcional das lavouras.

Decisões que afetam a diversidade dentro de uma lavoura geralmente baseiam-se mais em aspectos políticos, econômicos e de manejo do que na característica do campo. A diversidade em uma lavoura pode ser temporal ou espacial. As variações dentro de um mesmo ano agrícola refletem padrões de abundância e desenvolvimento de culturas, plantas daninhas e outras espécies que co-habitam a lavoura. Variações temporais podem ser manejadas e ampliadas tal como a prática de rotação de culturas. Práticas de manejo que afetam a diversidade espacial incluem policultivos,

cultivos em faixas, uso de quebra-ventos e uso de estruturas de conservação como terraços e drenagens gramadas. O desenho da diversidade dentro das lavouras influencia as funções biológicas e econômicas (Cruse & Dinnes, 1995).

A diversidade temporal em uma lavoura é frequentemente associada com mudanças em espécies de plantas ou comunidade de plantas. Em sistemas naturais a transição entre estágios de sucessão ocorrem em períodos de anos. Em áreas agrícolas a variação temporal na comunidade de plantas pode ocorrer em um único ano. Muitos agricultores preferem ter somente uma espécie, aquela plantada, presente no campo em um mesmo ano agrícola.

Diversidade Biológica nos Solos Agrícolas

Em comunidades naturais de microrganismos, plantas e animais a diversidade é um fator chave na estrutura e função do ecossistema. Contudo, os sistemas agrícolas são desenhados em torno de uma ou várias espécies de plantas ou animais; a diversidade nesses sistemas é reduzida em muitos níveis de organismos em relação aos sistemas naturais. A redução da diversidade em sistemas agrícolas é tradicionalmente considerada essencial para o aumento da produção agrícola. Contudo, o método usado para otimizar a produtividade afeta a ciclagem de nutrientes, decomposição, a cadeia de produção primária e aumenta a predisposição da ocorrência de endemias de pragas e doenças. Aplicações de pesticidas, cultivos e outros métodos de produção empregados pelos produtores afetam os organismos do solo, frequentemente decrescendo ou eliminando muitos do efeito benéfico da fauna do solo.

A maioria da atividade biológica ocorre nos primeiros 20 cm do solo, correspondendo à camada arável dos solos agrícolas. Fungos e bactérias agregam em torno das raízes porque estas exudam aminoácidos e açúcares que servem como fonte de alimentos.

Muitas propriedades do solo, incluindo temperatura, umidade, pH, profundidade do solo, vegetação da superfície, status dos nutrientes minerais, disponibilidade de microhabitat e a presença de várias substâncias tóxicas afetam a diversidade e a distribuição da

meso fauna do solo. Geralmente solos ricos em matéria orgânica e com alta porosidade tem uma alta comunidade de fauna. Seca ou saturação com água pode ser limitantes para a comunidade microbiana porque criam condições de desidratação ou de anaerobiose(Neher,1995).

O uso agrícola do solo causa distúrbios que podem afetar a diversidade dos ecossistemas afetando diretamente a sobrevivência de indivíduos ou indiretamente afetando o nível dos recursos.

Vejamos alguns exemplos:

Cultivo – O cultivo afeta a fauna do solo por abrasão, fechando rachaduras e poros e secando a superfície do solo. Geralmente o cultivo reduz a abundância da fauna do solo. Diferentes tipos de cultivo afetam a abundância e a diversidade da fauna do solo por interromper a seqüência de sucessão em diferentes estágios. Por exemplo, solos em preparo convencional geralmente representam os primeiros estágios de sucessão. Nessas condições, os resíduos são distribuídos através da camada arada o que promove atividade de bactérias e uma grande abundância de fungos que alimentam bactérias. Nessas condições a decomposição é rápida. O cultivo mínimo permite a solo atingir um estágio sucessional mais maduro identificado por abundância de fungos e predadores de fungos. Em plantio direto os resíduos das plantas na superfície do solo promove desenvolvimento de fungos e imobilização de nutrientes, e a mineralização ocorre mais lentamente(Neher,1995).

Fertilizantes – Conceitualmente, a limitação por comida é a base da diversidade nos solos agrícolas ou em sistemas naturais. Assim, práticas agrícolas que melhoram a fertilidade do solo e a qualidade e a quantidade da matéria orgânica aumentam a população de alguma micro- e meso-fauna aumentando o suprimento de comida microbiológica. A adubação influencia a sucessão da comunidade microbiológica dos solos positivamente ou negativamente; o resultado depende da qualidade. Por exemplo, a população de microrganismos varia dependendo do uso de esterco ou de fertilizantes químicos. Altas doses de adubos químicos ou orgânicos podem causar prejuízos por toxidez (amônia anidra, p.e.) ou

alta pressão osmótica devido à acumulação de sais. A acumulação de metais pesados pode ocorrer devido a repetidas aplicações de altas doses de esgoto ou esterco (Neher,1995).

Agroquímicos – O impacto de herbicidas na cadeia trófica é menor quando comparado com o efeito do cultivo. Geralmente não afetam diretamente a fauna diretamente por efeito tóxico mas indiretamente através da redução da vegetação e conseqüente redução da matéria orgânica. Aplicações de biocidas decresce a população microbiana e praticamente elimina protozoários e nematóides. Embora ocorra recuperação a densidade da população pode não retornar ao estágio de antes em cinco meses (Neher,1995).

Considerações Finais

A atividade agrícola leva a uma redução da biodiversidade pois resulta da estruturação da área natural, com muitas espécies de plantas e animais convivendo em equilíbrio ecológico e dinâmico, para um sistema centralizado em uma ou um reduzido número de espécies de plantas ou animais convivendo em desequilíbrio. Essa redução da biodiversidade em sistemas agrícolas é tradicionalmente considerada essencial para aumentar a produção de alimentos, forragens ou fibras.

Devido a essa característica, é freqüentemente discutido que a agricultura é a principal causa de destruição de habitat e perda de biodiversidade. Dentro dessa ótica, sistemas agrícolas que causam menor impacto na biodiversidade tem sido considerados como aqueles que possibilitam maior grau de sustentabilidade aos agroecossistemas. Contudo, o nível de conhecimento que temos da biodiversidade, estrutura das comunidades e relações tróficas nos ecossistemas ainda é muito limitado, impedindo estabelecer correlações entre biodiversidade e sustentabilidade de maneira generalizada. Por outro lado, a agricultura intensiva pode contribuir para a conservação de habitat e redução de perdas de espécies. Isto porque a intensificação normalmente evita a expansão de áreas cultivadas em áreas marginais, que são normalmente os melhores habitat naturais.

Ao mesmo tempo, sistemas agrícolas, particularmente aqueles baseados na agricultura tradicional ou sistemas de transição que retêm variedades tradicionais e práticas tradicionais, são um importante conservatório de material genético importante para a agricultura. Sistemas agrícolas, como aqueles sistema mistos que integram culturas e pecuária e aqueles envolvendo sistemas agroflorestais, utilizam e manejam um amplo pool genético para produção.

Manter uma base genética ampla na agricultura é essencial para manter a elasticidade dos sistemas de manejo, porque possibilita maior número de opções para sistemas de produção alternativos, e é a base para a melhoria no manejo de risco e resposta rápida.

A conservação da agrobiodiversidade está diretamente relacionada com a diversidade de culturas humanas, estas sendo as grandes guardiãs de sistemas de produção complexos e diversificados.

Bibliografia

Altieri, M. Agroecology. Westview Press, Bolder, Colorado, USA. 1987.

Altieri, M. El Rol Ecológico de la Biodiversidad en Agroecosistemas. Revista Agroecología e Desarrollo, No. 4. CLADES, Santiago, Chile. 1992.

Cruse, R.M. & Dinnes, D.L. Spatial and temporal diversity in production fields. In: R. Olson, C. Francis and S. Kaffka (eds.) Exploring the Role of Diversity in Sustainable Agriculture. American Society of Agronomy, Inc. Madison. 1995. Pp73-94.

Dumanski, J. & Pieri, C. Land quality indicators (LQI) program: A research program. In: C. Pieri (Chairman) Land Quality Indicators Satellite Symposium, XVI World Congress of Soil Science, Montpellier, France. 1998.

Ewel J.J, Mazzarino M.J. Berish C.W. Tropical soil fertility changes under monocultures and

successional communities of different structure. Ecol. Applic. 1: 289-302. 1991.

Gajasen, J., R. Matta-Machado, and C.F. Jordan. Diversified agroforestry systems: buffers for biodiversity reserves, and landbriges for fragmented habitats in the tropics. In: Szaro, R.C. e Johnston, D.W. (Eds.). *Biodiversity in Managed Landscapes: Theory and Practice*. Oxford University Press-New York. 1996. pp 506-513.

Harrington, L. Diversity by design: conserving biodiversity through more productive & sustainable agroecosystems. Workshop on *Biodiversity and Sustainable Agriculture*. Swedish Scientific Council on Biological Diversity, Ekenas, Sweden, August 14-17, 1996.

Kennedy, A.C. Soil microbial diversity in agriculture systems. In: R. Olson, C. Francis and S.

Kaffka (eds.) Exploring the Role of Diversity in Sustainable Agriculture. American Society of Agronomy, Inc. Madison. 1995. pp35-54.

Neher, D.A. Biological diversity in production fields. In: R. Olson, C. Francis and S. Kaffka (eds.)

Exploring the Role of Diversity in Sustainable Agriculture. American Society of Agronomy, Inc. Madison. 1995. pp55-72.

Smith, N.J.H. Effects of land-use systems on the use and consevation of biodiversity. In: J.P. Srivastava, N.J. Smith, and D.A. Forno (eds.) Biodiversity and Agricultural Intensification: Partners for Development and Conservation. Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs Series no 11, The World Bank, Washington, D.C. 1996

Romeiro, A. R. Agricultura e ecodesenvolvimento. In: Ecologia e desenvolvimento. Rio de Janeiro, APED, 1992. p.207-233.

Swift, M.J. e Anderson J.M. Biodiversity and Ecosystem Function in Agricultural Systems. In *Biodiversity and Ecosystem Function*. Ernst-Detlef Schulze e Harold A. Mooney (Eds.). Springer-Verlag, New York. 1993. pp 15-42.

Veiga, J.E. O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica. São Paulo, EDUSP/HUCITEC, 1991. 219p.

Vitousek P.M. e Hooper D.U. Biological Diversity and Terrestrial Ecosystem Biogeochemistry. In *Biodiversity and Ecosystem Function*. Ernst-Detlef Schulze e Harold A. Mooney (Eds.). Springer-Verlag, New York. 1993. pp 03-14.