

SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS AGROPECUÁRIOS

Rodrigo Matta Machado

A fragilidade dos sistemas agropecuários convencionais

Nas últimas décadas, a preferência por políticas baseadas na utilização de tecnologias dependentes de alto uso de insumos externos ao organismo agrícola gerou um aumento considerável na produtividade da agropecuária. Por outro lado, estas mesmas tecnologias geraram uma série de problemas socioambientais inesperados (Soule e Piper, 1992; NRC, 1993; Elhers, 1999; Almeida et al., 2001).

A degradação dos solos e da paisagem agrícola são os aspectos mais visíveis desta realidade. No caso de sistemas pastoris, o uso excessivo da paisagem associa-se à carga animal acima da capacidade de suporte da pastagem, gerando um declínio da biomassa acima do solo, diminuindo os estoques de C e N (Loker, 1993; Biondini et al., 1998; EMBRAPA, 2001). Neste manejo inadequado do solo, o pisoteio gera processos erosivos; as águas superficiais mostram-se eutrofizadas e assoreadas; a drenagem é simplificada, reduzindo a inércia da hidrologia e contribuindo para que ocorram enchentes; grande parte da água subterrânea está contaminada por nitratos e pesticidas; e emissões de metano aumentam os gases responsáveis pelo crescente efeito estufa (CEAS, 2000).

Além disso, a degradação dos sistemas integrados de agricultura e pecuária está associada à conversão destes em silvicultura comercial e pastagens abandonadas, simplificando a estrutura da paisagem pela diminuição de mosaicos de *habitats* abertos associados à agropecuária tradicional (CEAS, 2000). Outro aspecto relacionado ao impacto na biodiversidade é a diminuição no número de raças adaptadas a estes sistemas tradicionais quando os substituímos por sistemas mais intensivos. Com isso, ocorre a diminuição da agrobiodiversidade intra e interespecífica e aumentam-se os riscos

epidemiológicos, que geram uma ameaça para a segurança alimentar (FAO, 1998, citado em CEAS, 2000).

Atualmente, a maioria das pastagens na América tropical tem sua base de forrageiras dependente de gramíneas exóticas, como as brachiárias (*Brachiaria spp.*), o capim gordura (*Melinis minutiflora*), o jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) e o colônio (*Panicum maximum*). A introdução destas gramíneas exóticas foram fundamentais para o aumento da capacidade de suporte das pastagens, que anteriormente eram cobertas por gramíneas nativas. Entretanto, do ponto de vista da ecologia da paisagem, têm ocorrido vários casos de invasões biológicas destas gramíneas exóticas, especialmente em áreas de preservação permanente e unidades de conservação, como parques e reservas naturais. Nestas áreas de conservação, onde geralmente não ocorre o pastoreio, a invasão de espécies exóticas pode afetar vários processos ecológicos que são fundamentais para o funcionamento dos ecossistemas naturais, como a ciclagem de nutrientes. Conseqüentemente, aumenta-se a chance de incêndios devido à grande biomassa gerada, perdem-se nutrientes do sistema devido a distúrbios na decomposição e altera-se o microclima local e a direção da sucessão natural (D'Antonio e Vitousek, 1992).

Deveríamos tomar o mesmo cuidado com invasões quando introduzimos árvores e arbustos exóticos de rápido crescimento em bancos de proteínas, sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas. Uma espécie invasora geralmente tem as mesmas características daquela espécie econômica considerada promissora do ponto de vista agropecuário, como alta capacidade de competir por água, luz e nutrientes, resistência a pragas e doenças e alta produtividade e capacidade de rebrota após o corte (Di Stefano et al., 1998; Radford et al., 2001; Rouget et al., 2001).

A introdução de animais exóticos, modificados geneticamente ou não, para o controle biológico ou como alternativa de fonte protéica para a alimentação humana, pode gerar também vários impactos socioambientais se não forem tomadas as devidas providências preventivas, como quarentena adequada e análises de potencial invasivo (Naylor, 1996; de Oca e Halfpeter, 1998; Perez et al., 2001).

Uma falha em não se incluir a discussão sobre invasões bióticas poderia efetivamente resultar em severas consequências globais, incluindo uma perda generalizada de recursos agrícolas, florestais e pesqueiros em algumas regiões, afetando os processos ecológicos que oferecem os serviços naturais dos quais as atividades humanas dependem para sobreviver (Mack et al., 2000).

Em direção à sustentabilidade

Após tentativas frustrantes de alcançar a estabilidade e a resiliência com os sistemas agrícolas de alta dependência de insumos externos, uma grande parcela de produtores rurais inovadores está gradativamente fazendo a transição para sistemas de produção mais modernos e sustentáveis (NRC, 1989; Paschoal, 1994; Elhers, 1999; Almeida et al., 2000). Estes sistemas têm como base a agroecologia, que procura aplicar conceitos e princípios ecológicos no desenho e manejo de sistemas agropecuários, a partir de diversas tecnologias apropriadas, como adubação verde, rotação de culturas, integração entre a produção animal e vegetal, compostagem de resíduos orgânicos, uso de espécies crioulas e rústicas, entre outras (Gliessman, 2000; Kolia Gomes, 2001).

Nestes sistemas sustentáveis, existe um grande potencial inexplorado para a incorporação da vegetação nativa, como árvores e arbustos, no desenho das paisagens agrícolas. Isto pode ocorrer na forma de sistemas agrosilvipastoris e corredores para ligar fragmentos florestais (Matta-Machado e Jordan, 1995; Gajaseni et al., 1996; Loker et al., 1997; Montagnini et al., 2000; Nicholls e Altieri, 2001; Viana et al., 2001).

Quando confrontamos com o termo *sustentabilidade dos agroecossistemas*, geralmente pensamos na manutenção de uma situação ideal ao longo do tempo, de forma que não ocorra um impacto negativo de qualquer que seja a atividade escolhida. Para que possamos identificar um agroecossistema existente como sustentável ou não, seria necessária a identificação de parâmetros ou indicadores de sustentabilidade, os quais são fundamentais para o funcionamento dos agroecossistemas.

Entre os diversos indicadores propostos nos últimos anos, podemos citar: índices da estrutura de comunidades de minhocas, térmitas, formigas (Lobry de Bruyn, 1997) e nematóides (Neher, 2001), biomassa e diversidade microbiana, estabilidade física de agregados (UC-Davies, 1998), níveis de metal pesado (Moolenaar et al., 1997), dinâmica de nutrientes em nível de campo (UC-Davies, 1998; Muramoto et al., 2001), em nível da paisagem agrícola (Ellis et al., 2001) e em nível de país (Koning et al., 1997) e níveis de contaminação da água por pesticidas (Caux, 1995). Podemos também chegar a indicadores de sustentabilidade a partir de análises socioeconômicas e análises de balanço de energia dos sistemas de produção (Giampietro e Pastore, 2001; Farshad e Zinck, 2001), bem como utilizando-se de ferramentas importantes, como a modelagem matemática (Hansen et al., 1997).

Um dos desafios que encontramos relaciona-se à necessidade que temos de integrar os diversos indicadores biofísicos e socioeconômicos, em nível quantitativo e qualitativo (Herrick, 2000; Morse et al., 2001). Além disso, existe uma necessidade urgente de procurar a simplificação dos indicadores de sustentabilidade, para que possam ser utilizados como ferramentas eficientes de monitoramento pelos técnicos e, especialmente, pelas comunidades rurais.

Referências

- ALMEIDA, S.G., PETERSEN, P., CORDEIRO, A. 2001. Crise socio-ambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira. 1. ed. – Rio de Janeiro: AS-PTA.
- BIONDINI, M.E., B.D. PATTON, P.E NYREN. 1998. Grazing intensity and ecosystem processes in a northern mixed-grass prairie, USA. *Ecological Applications*, **8**(2): 469-479.
- CAUX, P.Y. 1995. Canadian water quality guidelines as Indicators of sustainable agriculture. *Water Qual. Res. J. Canada*. **30**(3): 555-561.
- CEAS (Centre for European Agricultural Studies), 2000. The environmental impact of dairy production in the EU: Practical options for the improvement of the environmental impact final report. <http://europa.eu.int/comm/environment/agriculture/studies.htm>

D'ANTONIO, C.M., VITOUSEK, P.M. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annu. Review Ecol. Syst.* **23**: 63-87.

de OCA E.M., HALFFTER, G. 1998. Invasion of Mexico by two dung beetles previously introduced into the United States. *Studies on neotropical fauna and environment.* **33**: (1) 37-45 APR 1998.

Di STEFANO J.F, FOURNIER, L.A., CARRANZA, J., MARIN, W., MORA, A. 1998. Invasive potential of *Syzygium jambos* (Myrtaceae) in forest fragments: the case of Ciudad Colon, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, **46**: (3) 567-573.

ELHERS, E. 1999. *Agricultura Sustentável*. Livraria e Editora Agropecuária Ltda. Guaíba, RGS.

ELLIS, E.C., LI, R.G., YANG, L.Z., CHENG, X. 2001. Nitrogen and the Sustainable Village. Em: Gliessman, S.R. Ed., *Agroecosystem Sustainability: Developing Practical Strategies*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 95-104.

EMBRAPA, 2001. Degradação das pastagens e o ciclo do nitrogênio. Informativo Ano 5, EMBRAPA-CNPAB, Seropédica, RJ.

FARSHAD A., e ZINCK, J.A. 2001. Assessing Agricultural Sustainability Using the Six-Pillar Model: Iran as a Case Study. Em: Gliessman, S.R. Ed., *Agroecosystem Sustainability: Developing Practical Strategies*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 137-152.

GAJASENI,J., R. MATTA-MACHADO, and C.F. JORDAN. 1996. 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 andPractice*. Oxford University Press - New York.

GIAMPIETRO M., e PASTORE, G. Operationalizing the Concept of Sustainability in Agriculture: Characterizing Agroecosystems on a Multi-Criteria, Multiple Scale Performance Space. Em Gliessman S.R. Ed., *Agroecosystem Sustainability: developing practical strategies*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 177-202.

GLIESSMAN, 2000. *Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável*. 1a. edição. Editora Universidade/UFRGS, Porto Alegre, RGS.

GLIESSMAN, 2001. The Ecological Foundation of Agroecosystem Sustainability. Em Gliessman S.R. Ed., *Agroecosystem Sustainability: Developing Practical Strategies*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 29-50.

HANSEN, J. W., E. B. KNAPP e J. W. JONES. 1997. Determinants of sustainability of a Colombian hillside farm. *Expl. Agric.* **33**: 425-448.

- HERRICK, J. E. 2000. Soil quality: an indicator of sustainable land management. *Applied Soil Ecology*. **15**: (1) 75-83.
- KONING, G.H.J., van de KOP, P.J., FRESCO, L. 1997. Estimates of sub-national nutrient balances as sustainability indicators for agro-ecosystems in Ecuador. *Agric. Ecosystems and Environ.* **65**:127-139.
- LOBRY de BRUYN, L.A. 1997. The status of soil macrofauna as indicators of soil health to monitor the sustainability of Australian agricultural soils. *Ecological Economics* **23**: 167-178.
- LOKER, W., VERA, R., REÁTEGUI, K. 1997. Pature performance and sustainability in the peruvian amazon: Results of long-term on-farm research. *Agricultural systems*, **55**(3): 385-408.
- LOKER, W.M. 1993. The human ecology of cattle raising in the peruvian amazon: The view from the farm. *Human organization*, **52**(1): 14-24.
- MACK RN, D. SIMBERLOFF, W.M. LONSDAL, H. EVANS, M. CLOUT, F.A. BAZZAZ. 2000. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, **10**: (3) 689-710.
- MATTA-MACHADO, R., JORDAN, C.F. 1995. Nutrient dynamics during the first three years of an alleycropping agroecosystem in southern USA. *Agroforestry Systems* **30**: 351-362.
- MONTAGNINI, F., JORDAN, C.F., MATTA MACHADO, R. 2000. Nutrient cycling and nutrient-use efficiency in agroforestry systems. In: Ashton, M. and Montagnini, F. (Eds.). *The Silvicultural Basis for Agroforestry Systems*. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 131-160.
- MOOLENAAR, S.W., Van der ZEE, S.E.T.M., LEXMOND, T.M. 1997. Indicators of the sustainability of heavy-metal management in agro-ecosystems. *The Science of the Total Environment* **201**:155-169.
- MORSE S, McNAMARA, N., ACHOLO M., OKWOLI, B. 2001. Sustainability indicators: The problem of integration. *Sustainable development*. **9**: (1) 1-15.
- MURAMOTO, J., ELLIS, E.C., LI, Z., MACHADO, R.M., GLIESSMAN. S.R. Field-Scale Nutrient Cycling and Sustainability: Comparing Natural and Agricultural Ecosystems. Em Gliessman S.R. Ed., *Agroecosystem Sustainability: developing practical strategies*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 121-136.
- NAYLOR, R. 1996. Invasions in agriculture: Assessing the cost of the golden apple snail in Asia. *AMBIO*, 25: (7) 443-448

- NEHER, D.A. 2001. Nematode Communities as Ecological Indicators. Em: *Gliessman S.R. Ed., Agroecosystem Sustainability: Developing Practical Strategies*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 105-120.
- NICHOLLS, C.I., ALTIERI, M. 2001. Manipulating Plant Biodiversity to Enhance Biological Control of Insect Pests: A Case Study of a Northern California Organic Vineyard. Em *Gliessman, S.R. Ed., Agroecosystem Sustainability: Developing Practical Strategies*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 29-50.
- NRC (National Research Council), 1989. *Alternative Agriculture*, National Academy Press, Washington, D.C.
- NRC (National Research Council), 1993. *Sustainable Agriculture and the Environment in the Humid Tropics*. National Academy Press, Washington, D.C.
- PASCHOAL, A.D. 1994. Produção orgânica de alimentos – agricultura sustentável para os séculos XX e XXI: guia técnico e normativo para o produtor, comerciante e o industrial de alimentos orgânicos e insumos naturais. Piracicaba: ESALQ/USP. 191 p. Tese de Doutorado.
- PEREZ J.E, MAYZ, J., RYLANDER, K., NIRCHIO, M. 2001. The impact of the transgenic revolution on aquaculture and biodiversity. A review. *Revista Científica- Facultad de Ciencias Veterinarias*, 11: (2) 101-108.
- RADFORD I.J, NICHOLAS, D.M., BROWN, J.R., KRITICOS, D.J. 2001. Paddock-scale patterns of seed production and dispersal in the invasive shrub *Acacia nilotica* (Mimosaceae) in northern Australian rangelands. *Austral Ecology*, **26**: (4) 338-348.
- ROUGET M, RICHARDSON, D.M., MILTON, S.J., POLAKOW, D. 2001. Predicting invasion dynamics of four alien *Pinus* species in a highly fragmented semi-arid shrubland in South Africa. *Plant Ecology*, **152**: (1) 79-92.
- SOULE, J.D. PIPER, J.K. 1992. *Farming in Nature's Image: An Ecological Approach to Agriculture*. Island Press, Covelo, California.
- VIANA. V.M., MAURÍCIO, R.M., MATTA-MACHADO, R., PIMENTA, I.A.. 2001. Management of Natural Regeneration for Establishment of Livestock Agroforestry Systems. *Actas International Symposium on Sylvopastoral Systems and Second Congress on Agroforestry and Livestock Production in Latin America*. Costa Rica.