



## SOJA NA AMAZÔNIA

### IMPACTOS AMBIENTAIS E ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO<sup>□</sup>

*David G. McGrath e Maria del Carmen Vera Diaz*

*A Amazônia enfrenta uma nova ameaça em potencial: a expansão da soja e de forma geral da agroindústria. Durante décadas, cientistas e ambientalistas asseguraram que os solos amazônicos não tinham condições de sustentar o cultivo contínuo, muito menos sistemas intensivos que utilizam máquinas pesadas e insumos químicos, como a sojicultura. Para muitos, a expansão da soja na Amazônia resultará numa catástrofe ecológica sem precedentes, acelerando a perda de floresta, a extinção da biodiversidade, a erosão do solo, a poluição das águas, o assoreamento dos rios e as mudanças climáticas, comprometendo definitivamente o equilíbrio ecológico*

*regional. Outros, no entanto, argumentam que houve bastante confusão sobre o potencial agrônomo dos solos da Amazônia. Embora existam ameaças para o meio ambiente, também existem mecanismos para mitigar os impactos provocados pela expansão da cultura. Além disso, tais impactos devem ser avaliados no contexto das alternativas reais de uso do solo na fronteira amazônica, como a exploração madeireira, a pecuária extensiva e a agricultura de corte e queima. Quando comparada a esses sistemas, fica evidente que a soja constitui-se num perigo adicional para a floresta, porém não é a principal ameaça ao equilíbrio ecológico da região.*

Ilustração de abertura:

Panelas no fogo, comunidade de Nuquini, Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns. Fotografia de David G. McGrath, abril de 2003.

## Evolução do pensamento sobre o potencial agrônomo dos solos amazônicos

Durante muito tempo formou-se um consenso popular e científico de que os solos da Amazônia e de forma geral dos Trópicos Úmidos não eram apropriados para o cultivo contínuo.<sup>1</sup> McNeil<sup>2</sup> argumentava que os solos dos Trópicos Úmidos tinham o potencial para se transformar em laterita se a cobertura vegetal fosse removida. Essa posição foi descartada logo depois por vários pesquisadores que demonstraram que apenas uma pequena proporção dos solos dos Trópicos Úmidos corriam esse perigo.<sup>3</sup>

Embora afastando o risco de laterização, muitos autores destacaram a baixa fertilidade dos solos dos Trópicos Úmidos, os níveis potencialmente tóxicos de alumínio e a vulnerabilidade à erosão, como barreiras para o seu aproveitamento agrícola. Argumentavam que devido às características dos solos, apenas atividades extensivas como a agricultura de corte e queima, os sistemas agroflorestais, o manejo florestal e a silvicultura eram viáveis. Para muitos a “vocação” dos solos amazônicos era o manejo florestal. Essa abordagem foi chamada de “o paradigma de baixo insumo”.<sup>4</sup>

Uma posição contrária a essa perspectiva começou a ser desenvolvida a partir da década de setenta. Sanchez e Buol<sup>5</sup> argumentaram que os solos dos Trópicos Úmidos eram pouco diferentes dos solos do Sudeste dos Estados Unidos. Aqueles não eram tão frágeis como se supunha, tinham boa estrutura e textura e os problemas de toxicidade de alumínio e baixa fertilidade poderiam ser corrigidos com a combinação apropriada de insumos químicos. Nicholaides *et al.*<sup>6</sup> apresentam os resultados dos experimentos desenvolvidos numa estação de pesquisa em Yurimaguas, Peru, demonstrando que o cultivo contínuo era possível, sem perda de produtividade. Fearnside criticou este trabalho focalizando a dificuldade de implementar esse sistema em larga escala devido à falta de infra-estrutura de apoio, à complexidade das análises do solo requeridas e ao alto custo dos insumos utilizados, características que inviabilizariam a adoção desse sistema por pequenos produtores amazônicos.<sup>7</sup>

Aos poucos, as barreiras impostas por solo, clima e infra-estrutura de transportes para o desenvolvimento de sistemas agrícolas de larga escala vêm sendo superadas. No caso da soja, novas variedades tolerantes a baixos níveis de fósforo no solo e altos níveis de alumínio foram desenvolvidas<sup>8</sup>, assim como combinações soja-bactéria com relações

<sup>1</sup> SIOLI, H. Recent human activities in the Brazilian Amazon region and their ecological effects. In: MEGGERS, B. G.; AYENSU, E. S. & DUCKWORTH, W. D. (Eds.). *Tropical Forest Ecosystems in Africa and South America: A Comparative Review*. Washington: Smithsonian Institution Press, 1973. p. 321-334.

<sup>2</sup> McNEIL, M. Lateritic soils. *Scientific American*, 211(5): 92-102, 1964.

<sup>3</sup> MORAN, E. Ecological, anthropological and agronomic research in the Amazon basin. *Latin American Research Review*, XVIII (1):3-41, 1982.

<sup>4</sup> McGRATH, D. G. The role of biomass in shifting cultivation. *Human Ecology*, 15(2):221-242, 1987.

<sup>5</sup> SANCHEZ, P. A. & BUOL, S. W. Soils of the tropics and the world food crisis. *Science*, 188:598-603, 1975.

<sup>6</sup> NICHOLAIDES, J. J.; BANDY III, D. E.; SANCHEZ, P. A.; BENITEZ, J. R.; VILLACHICA, J. H.; COUTU, A. J. & VALVERDE, C. S. Agricultural alternatives for the Amazon Basin. *Bioscience*, 35(5):279-285, 1985.

<sup>7</sup> Embora Fearnside tenha sido cuidadoso em diferenciar os aspectos ecológicos e econômicos, um dos problemas frequentes nos debates sobre a viabilidade de sistemas agrícolas convencionais na Amazônia é o hábito de confundir fatores ambientais e econômicos. FEARNSIDE, P. Rethinking Continuous Cultivation in Amazonia. *Bioscience*, 37:209-214, 1987.

<sup>8</sup> SPEHAR, C. R. Impact of strategic genes in soybean on agricultural development in the Brazilian tropical savannas. *Field Crops Research*, 41: 141-146, 1995.

- <sup>9</sup> DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the Tropics: social and economic contributions. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(5/6): 771-774, 1997.
- <sup>10</sup> EMBRAPA – SOJA. *Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil*, 2003. Londrina: Embrapa Soja/Embrapa Cerrados/Embrapa Agropecuária Oeste, ESALQ, 2002.
- SINCLAIR, T. R.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B. & NEPOMUCENO, A. L. Comparison of vegetative development in soybean cultivars for low-latitude environments. *Field Crops Research*, no prelo.
- <sup>11</sup> SHEAN, M. *Brazil: future agricultural expansion underrated*. Production Estimates and Crop Assessment Division (FAS/USDA). Washington, DC.: FAS/USDA, 2003.
- <sup>12</sup> BRANDÃO, A. S. P.; REZENDE, G. C. de. & MARQUES, W. da C. *Crescimento agrícola no período 1999-2004, explosão da área plantada com soja e meio ambiente no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2005. (Texto para Discussão, 1062).
- FEARNSIDE, P. Deforestation control in Mato Grosso: a new model for slowing the loss of Brazil's Amazon forest. *Ambio*, 32(5):343-345, 2003.
- FLASKERUD, G. *Brazil's soybean production and impact*. North Dakota State. Fargo, ND.: University Extension Service, 2003. (Extension Bulletin EB-79).
- <sup>13</sup> SANCHEZ, P. A. & BUOL, S. W. *Op. cit.*
- <sup>14</sup> COUTINHO, L. Entrevista com David McGrath. *Veja*, 12 de novembro, 2003, páginas 11-15.
- ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; McGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; VERA DIAZ, M. del C. & SOARES FILHO, B. *Desmatamento na Amazônia: indo além de uma emergência crônica*. Belém, PA: IPAM, 2004.

pseudo-simbióticas que permitiram o plantio no Cerrado sem fertilizantes nitrogenados<sup>9</sup>. Até as condições climáticas são um fator cada vez menos limitante, desde que os programas de pesquisa de soja brasileiros têm desenvolvido germoplasmas de período juvenil longo, adequados para as condições tropicais de latitudes mais baixas, viabilizando o cultivo na maior parte do território nacional.<sup>10</sup>

Além dos avanços na tecnologia agrônômica, a expansão da fronteira agrícola rumo ao Equador foi resultado de diversos fatores, como o baixo preço da terra no Centro-Oeste e as altas produtividades obtidas no Cerrado. O potencial de expansão da monocultura de soja no país é bastante elevado. Shean<sup>11</sup> aponta que o Brasil dispõe de uma área potencial para a expansão da agricultura mecanizada estimada em 145 a 170 milhões de hectares, sendo que aproximadamente um terço desta área (50 milhões de hectares) está localizada na Amazônia. O aproveitamento desse potencial está sendo impulsionado pelo aumento da demanda global, investimentos em infra-estrutura e políticas de apoio ao setor de agronegócios.<sup>12</sup> Através desse processo, o plantio de soja está se consolidando em várias regiões da Amazônia, até agora com resultados promissores (do ponto de vista agrônômico), confirmando, aparentemente, a avaliação de Sanchez e Buol<sup>13</sup> de quase 30 anos atrás. No entanto, a viabilidade agrônômica e econômica do modelo agroindustrial é uma coisa; as conseqüências ambientais da ampla difusão desse modelo na Amazônia são outra.

### Impactos ambientais do complexo da soja

A avaliação dos impactos ambientais da soja na Amazônia é complexa, pois a cultura instalou-se recentemente na região e os poucos estudos existentes estão apenas na fase de implantação. Portanto, uma avaliação neste momento é bastante especulativa e baseia-se principalmente nos estudos sobre a sojicultura no Cerrado. Algumas considerações preliminares são relevantes. Primeiro, a história do avanço da fronteira amazônica ao longo dos últimos 40 anos indica que boa parte da Amazônia será transformada nas próximas décadas.<sup>14</sup> Assim, não é útil comparar os impactos ecológicos da implantação da soja com as características ecológicas da floresta natural intocada que antes ocupava o local. Precisamos avaliar a soja em relação a outros sistemas de uso do solo amazônico atualmente contribuindo para a transformação da paisagem, como a pecuária e a agricultura de corte e queima. Segundo, a paisagem amazônica está sendo transformada de um regime ecológico de floresta tropical



com características específicas em termos de fluxos biogeoquímicos, processos de erosão, clima regional e biodiversidade para outro regime ainda não conhecido. Nesse contexto, é difícil diferenciar entre o impacto específico da sojicultura e as mudanças gerais desencadeadas pela modificação da cobertura vegetal. Aqui avaliamos cinco tipos de mudanças ambientais associadas ao plantio de soja: modificações da cobertura vegetal, do solo, do sistema hidrológico, do ambiente bioquímico (agrotóxicos) e da biodiversidade.

### *Modificação da cobertura vegetal*

Uma das questões mais polêmicas em relação à soja é a sua contribuição para o desmatamento na Amazônia.<sup>15</sup> Essa transformação abrange pelo menos três aspectos: a área desmatada para o plantio de soja, o impacto nas áreas de floresta em torno dos campos de soja e os investimentos em infra-estrutura que contribuem para o desmatamento.

O primeiro aspecto é a contribuição direta e indireta da soja para o desmatamento. Em termos gerais, a maior parte de sua contribuição tem sido indireta, através da ocupação de áreas de pasto e o conseqüente deslocamento da pecuária para regiões de floresta. A preferência da soja por áreas já desmatadas se deve ao menor custo de preparação da terra para essa cultura. No entanto, mesmo contando os impactos diretos e indiretos, a contribuição da soja foi muito menor do que a da pecuária, responsável por 75% da área desmatada na Amazônia legal.<sup>16</sup>

O segundo aspecto é o impacto da soja na floresta remanescente. Uma das características importantes de sistemas intensivos como a sojicultura é que não utilizam fogo e, portanto, não contribuem para as queimadas acidentais que ocorrem em regiões de pecuária extensiva e agricultura de corte e queima.<sup>17</sup> Com sistemas intensivos é possível separar floresta e campo de forma sistemática, permitindo a coexistência de áreas de floresta natural e áreas de cultivo de grãos. No entanto, embora exista esta clara separação espacial, a sojicultura na Amazônia não é completamente independente da floresta. Ela depende do carvão vegetal para a secagem de grãos após a colheita e, portanto, exerce sim um impacto na floresta em torno.<sup>18</sup> Estima-se que se utilizam cerca de 0,03 m<sup>3</sup> de madeira por tonelada de soja produzida na Amazônia ou 0,00075 hectares de floresta para cada hectare de soja produzida. Para uma fazenda média de mil hectares isso significa em torno de 0,75 hectares de floresta natural por ano.<sup>19</sup>

<sup>15</sup> BRANDÃO, A. S. P.; REZENDE, G. C. de. & MARQUES, W. da C. *Op. cit.* FBOMS. *Relação entre o cultivo da soja e o desmatamento. Sumário Executivo.* Grupo de Trabalho de Florestas do Fórum Brasileiro de Ongs e Movimentos Sociais para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (FBOMS). São Paulo: Amigos da Terra, 2005.

<sup>16</sup> ALENCAR, A. *et al.* *Op. cit.*

<sup>17</sup> NEPSTAD, D.; MOREIRA, A. & ALENCAR, A. *A floresta em chamas: origens, impactos e prevenção de fogo na Amazônia.* Brasília: Editora UnB, 1999.

<sup>18</sup> PINHO, C. Lenha na fogueira. *Istoé*, 1823-15/9:96-7, 2004.

<sup>19</sup> VERA-DIAZ, M. del C. & NEPSTAD, D. Dados não publicados, 2004.



A terceira forma de contribuição da soja para o desmatamento é através do seu papel na implantação de infra-estrutura de transporte na região amazônica; o que Fearnside<sup>20</sup> chama de “o efeito de arraste”. Vários projetos de infra-estrutura estão sendo justificados pela necessidade de escoar a soja do Centro-Oeste do país para os mercados internacionais.<sup>21</sup> Tais projetos abrem grandes áreas de floresta para a grilagem, a exploração madeireira e a ocupação por fazendeiros e colonos. A grande oferta de terra gerada pela construção dessas rodovias também reduz o preço da terra incentivando usos extensivos e a exploração predatória dos recursos naturais.<sup>22</sup>

### *Impactos no solo*

As modificações no solo geradas pela sojicultura são típicas de outros plantios do modelo agroindustrial. O cultivo da soja envolve três principais tipos de impactos: a limpeza completa da área expondo o solo aos raios solares e chuvas tropicais, a passagem de máquinas pesadas e a aplicação de uma gama de produtos químicos.

O solo sofre um processo de transformação biogeoquímica e ecológica com a remoção da cobertura vegetal e a aplicação de insumos químicos. Uma das principais medidas adotadas na preparação do solo é a aplicação de calcário visando neutralizar sua acidez, resolver o problema da toxicidade de alumínio e liberar o fosfato presente no solo. A adubação é feita principalmente com fosfato e potássio, já que a soja produz o nitrogênio de que precisa, eliminando desta forma uma das principais causas da poluição do lençol freático em regiões onde predomina o modelo agroindustrial. No entanto, a concentração de carbono no solo é progressivamente reduzida com a remoção da cobertura vegetal, alcançando níveis relativamente baixos.

Outro problema do modelo agroindustrial reside na utilização de maquinária pesada, provocando a compactação do solo. O desenvolvimento das raízes e a infiltração da água são dificultados, contribuindo para o encharcamento da terra na época chuvosa e intensificando a erosão.<sup>23</sup>

A erosão é um problema constante em sistemas de cultivo como o da soja. No entanto, a tendência da sojicultura de ocupar áreas planas reduz bastante o potencial de erosão. Ademais, nas áreas consideradas aptas, o solo tem uma estrutura bem mais estável do que se achava até recentemente.<sup>24</sup> Obviamente, onde as condições físicas e topográficas não são adequadas, o plantio de soja pode levar à degradação acelerada do solo, resultando no seu abandono posterior. Os campos naturais de Humaitá na margem do

<sup>20</sup> FEARNSIDE, P. O avanço da soja como ameaça à biodiversidade na Amazônia. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 5, 2000, Vitória, ES. *Anais...* Vitória, ES, UFES, 2000. p. 74-82.

<sup>21</sup> NEPSTAD, D.; McGRATH, D.; ALENCAR, A.; BARROS, A.; CARVALHO, G.; SANTILLI, M. & VERA DIAZ, C. Frontier Governance in Amazonia. *Science*, 295:629-630, 2002.

<sup>22</sup> NEPSTAD, D.; CAPOBIANCO, J. P.; BARROS, A. C.; CARVALHO, G.; MURTINHO, G., LOPES, U. & LEFEBREVE, P. *Avança Brasil: os custos ambientais para a Amazônia*. Belém, 2000. 24 p.

<sup>23</sup> CLAY, J. *World Agriculture and the Environment*. Washington, D.C.: Island Press, 2004.

FEARNSIDE, P. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation*, 28(1):23-38, 2001.

<sup>24</sup> SANCHEZ, P. A. & BUOL, S. W. *Op. cit.*

rio Madeira são apontados como exemplo de uma área inapropriada que está sendo utilizada para o plantio de soja.<sup>25</sup>

### *Impactos no sistema hidrológico*

A transformação da cobertura vegetal afeta profundamente o sistema hidrológico, causando alterações na taxa de escoamento da chuva pelo solo, na variação anual da vazão dos rios, nas características biogeoquímicas da água, no volume de sedimentos nos cursos de água e afetando inclusive o clima regional. A mudança de uma cobertura vegetal densa para campos de solo exposto boa parte do ano contribui para uma maior taxa de escoamento superficial em relação à taxa de infiltração no solo. Também a redução drástica da evapotranspiração resulta num volume maior de água continuando para o sistema fluvial. Duas consequências da redução da cobertura vegetal são a antecipação do período da cheia nos rios da região e uma tendência para enchentes cada vez maiores. Outro resultado, contrário à percepção de boa parte da população leiga, é que o volume de água nos rios tende a aumentar em todos os meses do ano, incluindo o período da seca, devido à redução da evapotranspiração que antes transferia uma parte significativa da precipitação anual para a atmosfera.<sup>26</sup>

As características biogeoquímicas da água também são modificadas pela remoção da cobertura vegetal e implantação da sojicultura. A quantidade de nitratos e de carbono cai significativamente, uma vez que o solo entra em equilíbrio com as novas condições da cobertura vegetal e do uso que se faz dele.<sup>27</sup> Essas mudanças no ambiente biogeoquímico podem afetar profundamente a estrutura e a composição de comunidades aquáticas. Nas cabeceiras, as consequências das mudanças no sistema terrestre são mais graves.

Outro grande impacto provocado pela soja é o assoreamento dos rios causado pelo aumento da taxa de erosão. O maior volume de sedimentos sendo transportados pelos rios, especialmente nas tempestades, excede sua capacidade de escoamento e os mesmos são depositados no leito. Além do aumento da turbidez que reduz a produção primária, o sedimento depositado no leito pode dificultar a navegação especialmente no período de seca. Nas cabeceiras dos rios, onde a dependência das condições terrestres é maior, a expansão da sojicultura pode alterar importantes zonas de habitat e reprodução de espécies aquáticas.

Finalmente, a modificação da cobertura vegetal numa escala regional pode levar a mudanças no volume e na distribuição temporal da precipitação, contribuindo para

<sup>25</sup> CARVALHO, R. *A Amazônia rumo ao "ciclo da soja"*. Programa Amazônia. São Paulo: Amigos da Terra, 1999. (Amazônia Papers 2). URL <http://www.amazonia.org.br>

FEARNSIDE, P. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Op. cit.*, 2001.

<sup>26</sup> BRUIJZNEEL, L. A. Hydrological functions of tropical forests: Not seeing the soil for the trees. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104:185-228, 2004.

COSTA, M.; BOTTA, A. & CARDILLE, J. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. *Journal of Hydrology*, 283:206-217, 2003.

<sup>27</sup> NEIL, C.; DEEGAN, L.; TOMAS, S. & CERRI, C. Deforestation for pasture alters nitrogen and phosphorus in small Amazonian streams. *Ecological Applications*, 11(6):1817-1828, 2001.

<sup>28</sup> NOBRE, C.; SELLERS, P. & SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. *J. Clim.*, 4: 957-988, 1991.

um clima mais seco onde a chuva é cada vez mais sazonal e variável.<sup>28</sup> Como mudanças climáticas regionais afetarão o potencial agrônômico amazônico, ainda é uma incógnita.

### *Impactos dos agrotóxicos*

Apesar de boa parte da discussão sobre o potencial agrônômico da Amazônia ter girado em torno das características do solo, é provável que o maior problema enfrentado pela sojicultura esteja relacionado com a pressão de pragas, especialmente invertebrados e microorganismos. A elevada e constante temperatura e umidade ao longo do ano criam as condições propícias para a sua reprodução. Uma das características positivas da soja é sua menor dependência de insumos químicos do que outras culturas da agroindústria. Atualmente, estima-se que a soja seja responsável por 25% do consumo de agrotóxicos no Brasil, em torno de 50.000 toneladas/ano.<sup>29</sup> A principal categoria de agrotóxicos utilizada é a dos herbicidas. O seu alto consumo deve-se à prática bastante difundida do plantio direto e ao uso de variedades geneticamente modificadas (GM) que são adaptadas para resistir aos herbicidas à base de glifosato. Os fungicidas também são bastante utilizados devido às condições ambientais que favorecem a propagação de fungos nos cultivos. A principal praga que ataca os plantios de soja no Cerrado é a ferrugem asiática, causando perdas aos produtores de até 30% da safra nos últimos anos.<sup>30</sup> Além disso, a soja é atacada por diversos tipos de pragas incluindo nematóides do solo e várias espécies de insetos. Um dado preocupante é o consumo de pesticidas que está crescendo mais rapidamente do que a produção. Clay<sup>31</sup> explica esse fenômeno como resultado de aumento no tamanho das fazendas no Oeste e no Norte do país e da escassez de mão-de-obra qualificada nas áreas de fronteira. Em ambos os casos, sojicultores tendem a compensar a falta de mão-de-obra aumentando o uso de agrotóxicos. As conseqüências para o ecossistema e a saúde pública decorrente da injeção de grandes quantidades de agrotóxicos no ambiente ainda não estão sendo adequadamente monitoradas e avaliadas.

<sup>29</sup> CLAY, J. *Op. cit.*

<sup>30</sup> VERA-DIAZ, M. del C. & NEPSTAD, D. Dados não publicados, 2004.

<sup>31</sup> CLAY, J. *Op. cit.*

### *Modificações na biodiversidade*

A biodiversidade regional é afetada pela sojicultura devido à redução de habitat, às modificações no ecossistema aquático e, numa escala regional, pelas mudanças climáticas. As conseqüências desses impactos para a biodiversidade regional dependem em grande parte da capacidade do Estado de ordenar a expansão da soja e mitigar os seus impactos



mais nocivos. Como foi mencionado anteriormente, uma característica importante da sojicultura é que, a partir de sua implantação, estabelece-se uma distinção clara entre áreas produtivas e áreas naturais. Como apenas 20% da propriedade pode ser desmatada e o sistema não depende da área de floresta, seu efeito direto na biodiversidade seria mínimo, dependendo do cumprimento do Código Florestal. A extração de lenha e a produção de carvão complicam esse quadro, mas a possibilidade da degradação progressiva de grandes áreas de floresta causadas por queimadas acidentais é muito menor do que em regiões onde predomina a pecuária extensiva e a agricultura de corte e queima.

Os impactos da sojicultura no sistema aquático, no entanto, podem ser bem mais graves, afetando especialmente a sobrevivência de espécies que necessitam de águas claras sem sedimentos no leito e/ou que são sensíveis aos agrotóxicos. Essas modificações podem ter um impacto desproporcional na área afetada devido à importância das cabeceiras para a reprodução de espécies migratórias e à sua elevada biodiversidade endêmica.<sup>32</sup> Modificações no regime fluvial, como o aumento e a antecipação do pico da enchente, afetam o sucesso das estratégias reprodutivas de espécies aquáticas, comprometendo a sua capacidade de manter populações viáveis. O efeito dos agrotóxicos nas florestas e no ecossistema aquático pode ser muito grave, afetando espécies em toda a cadeia alimentar até a população ribeirinha que consome o pescado e bebe a água.<sup>33</sup> Outro problema é a prática bastante comum de lavar equipamentos para a aplicação de agrotóxicos nos igarapés, injetando essas substâncias direto no sistema aquático. Diferentes tipos de agrotóxicos podem comprometer a reprodução de diversos grupos de espécies, causar deformações em embriões, tumores e até câncer. Nuvens de agrotóxicos frequentemente passam dos campos de soja para áreas de floresta e propriedades vizinhas. Embora pouco documentada na literatura científica, existem muitos relatos de casos da morte de animais e de intoxicação de pessoas que moram próximo dos campos de soja.

### *Considerações sobre os impactos dos sistemas de uso do solo na Amazônia*

Não podemos avaliar o impacto da soja sem considerar os impactos dos outros sistemas de uso do solo que predominam na Amazônia, como a pecuária extensiva e a agricultura de corte e queima, juntos responsáveis por 95%

<sup>32</sup> GOULDING, M.; BARTHEM, R. & FERREIRA, E. *The Smithsonian Atlas of the Amazon*. Washington, D. C.: Smithsonian Books, 2003.

<sup>33</sup> A situação das comunidades indígenas do Parque Nacional do Xingu é um exemplo do perigo que populações ribeirinhas enfrentam com a expansão da soja.

<sup>34</sup> ALENCAR, A. *et al.*. *Op. cit.*

<sup>35</sup> NEPSTAD, D.; MOREIRA, A. & ALENCAR, A. *A floresta em chamas. Op. cit.*, 1999.

do desmatamento na região.<sup>34</sup> Três considerações são relevantes. Primeiro, a soja estabelece uma distinção clara entre área de floresta e área de produção, enquanto a pecuária extensiva e a agricultura de corte e queima avançam continuamente sobre a floresta remanescente. Assim, a soja, ao contrário desses outros sistemas, é potencialmente compatível com a manutenção da floresta remanescente na propriedade. Segundo, o uso regular do fogo para limpar pastos e roçados resulta numa alta frequência de incêndios acidentais que, além de danificar investimentos na propriedade, levam à degradação progressiva da floresta remanescente.<sup>35</sup> Terceiro, a utilização da água de rios locais pela sojicultura é mínima, enquanto a pecuária depende do acesso ao rio para o gado, contribuindo para a destruição da mata ciliar e o pisoteio das margens dos rios. Ademais, a construção de açudes em áreas dedicadas à atividade pecuária, além de barrar a migração dos peixes, esquentam a água, criando condições intoleráveis para boa parte da biodiversidade aquática. Em resumo, os problemas associados com os diferentes usos do solo na Amazônia são diferentes, mas o grau de impacto é semelhante, com um fator agravante: enquanto a soja está restrita a regiões com características muito específicas, a pecuária e a agricultura de corte e queima podem ser praticadas sob uma grande diversidade de condições agronômicas e uma prova disso é que respondem por 95% da área desmatada anualmente.

O grande perigo do ponto de vista ambiental é de uma expansão desordenada da soja levando a um círculo vicioso de degradação ecológica. A remoção total da cobertura vegetal expõe grandes áreas à ação direta do sol e da chuva, levando à intensificação da erosão em paisagens inteiras. Os sedimentos, engasgando a rede fluvial das cabeceiras dos rios, transformariam igarapés cristalinos em poços de lama, com enchentes anuais cada vez maiores e mais destrutivas. Ao mesmo tempo, o desmatamento de grandes áreas tornaria o clima regional mais seco e quente com chuvas mais variáveis. Na busca de lucros no curto prazo, produtores ignorariam técnicas de manejo integrado do solo e de pragas, aumentando sua dependência da aplicação de produtos químicos. Dessa forma, a guerra tóxica poderia espiralizar e ficar fora de controle, demandando quantidades maiores de insumos químicos cada vez mais tóxicos para controlar a proliferação de pragas. A alta taxa de crescimento do consumo de pesticidas sugere que esse círculo vicioso já teria começado. Se continuar, poderia levar à redução da capacidade produtiva do solo, enquanto o crescimento dos

custos de produção minariam a rentabilidade. Nesse cenário, uma queda significativa e prolongada do preço mundial da soja poderia acarretar o abandono de grandes áreas, fechando mais um ciclo econômico na história da Amazônia, e concretizando a visão pessimista das conseqüências da ocupação da região.<sup>36</sup> A trajetória da soja na última década tem sido caracterizada pela escassez de ações do governo para ordenar a sua expansão e assegurar o cumprimento da legislação ambiental, o que torna esse cenário uma possibilidade real.<sup>37</sup>

### Estratégias de mitigação

O cenário desordenado não é inevitável. Existe um leque de ações e alternativas que podem e pela lei têm que ser implementadas para eliminar práticas nocivas e mitigar outros impactos da agricultura industrial. Clay<sup>38</sup>, por exemplo, considera as perspectivas para melhorias significativas da sojicultura “boas” em relação às outras culturas agroindustriais. Outro fator positivo é a legislação ambiental que permite um controle bastante rígido de aspectos críticos da ocupação da paisagem, do nível da propriedade até o da bacia hidrográfica. O desafio é como gerenciar o processo de transformação da paisagem numa direção de sustentabilidade ampla. É importante ressaltar que o resultado final, mesmo no mais otimista dos cenários, seria uma paisagem manejada, produto da tensão entre o objetivo econômico de maximizar retornos no curto a médio prazo e o objetivo ambiental de manter o equilíbrio ecológico regional.

O abrandamento dos impactos ecológicos negativos do complexo da soja depende de uma ampla estratégia de gestão ambiental envolvendo monitoramento e fiscalização rigorosos, incentivos de mercado e participação da sociedade civil. Essa estratégia de gestão abrange três principais escalas de atuação: a propriedade individual, a bacia (ou sub-bacia) hidrográfica e a região amazônica. A implementação dessa estratégia depende da capacidade institucional (governamental, empresarial e de entidades da sociedade civil) de assegurar o cumprimento da legislação vigente e dos mecanismos de mercado eventualmente criados que incentivem sistemas mais sustentáveis.<sup>39</sup>

A estratégia de mitigação dos impactos ecológicos da soja tem como ponto de partida a gestão da propriedade abrangendo três elementos: a implementação de programas de boas práticas de manejo do solo, o controle integrado de pragas e o cumprimento do Código Florestal.

<sup>36</sup> BUNKER, S. *Underdeveloping the Amazon*. Urbana: University of Illinois Press, 1985.  
CARVALHO, R. *Op. cit.*

<sup>37</sup> FEARNSIDE, P. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Op. cit.*, 2001.  
CARVALHO, R. *Op. cit.*  
JACOUD, D'A.; STEPHAN, P.; SÁ, R. L. de. & RICHARDSON, S. *Avaliação da sustentabilidade da expansão do cultivo da soja para exportação no Brasil*. Brasília, DF: WWF-Brasil, 2003. 20 p.

<sup>38</sup> CLAY, J. *Op. cit.*

<sup>39</sup> Uma série de trabalhos tem sido publicada recentemente apresentando propostas para ordenar a expansão da soja e mitigar seus impactos ambientais.  
Ver FEARNSIDE, P. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Op. cit.*, 2001. ;  
CLAY, J. *Op. cit.*  
JACOUD, D. A *et al.*. *Op. cit.*  
AZEVEDO, W. *Agricultura e Conservação*. Brasília, DF: The Nature Conservancy, s/d.



A implementação de boas práticas de manejo tem como objetivo central manter a produtividade do solo no médio e longo prazo.<sup>40</sup> O manejo integrado de pragas e doenças (MIPD) visa reduzir a dependência de agrotóxicos e evitar o círculo vicioso onde as pragas se adaptam rapidamente, demandando aplicações cada vez maiores e resultando em custos de produção cada vez mais altos.<sup>41</sup> O terceiro elemento é a manutenção de áreas de proteção permanente, especificamente a mata ciliar e áreas com declive superior a 45 graus. Jacoud *et al.*<sup>42</sup> propõem um sistema que combina esses elementos, onde a sojicultura é integrada com a pecuária através de um sistema de rotação entre pastos e o cultivo da soja. Sistemas como esse podem mitigar grande parte dos impactos negativos do complexo da soja no ecossistema regional e ao mesmo tempo otimizar no médio e longo prazos a sua rentabilidade econômica.<sup>43</sup>

O segundo nível de gestão diz respeito à bacia hidrográfica e é nele que a distribuição espacial da reserva legal pode ser definida. O Código Florestal exige que a floresta seja mantida em 80% da propriedade (50% nas florestas de transição), uma medida bastante criticada pelo setor produtivo. No entanto, o Código Florestal possibilita a flexibilização dessa exigência, permitindo ao proprietário compensar áreas utilizadas além desse limite numa primeira propriedade com uma área equivalente numa segunda propriedade da mesma microbacia (Código Florestal). Essa alternativa pode conciliar interesses econômicos e ecológicos. A fragmentação da floresta em muitas reservas pequenas tem pouco ou nenhum valor para a conservação da biodiversidade e para a manutenção dos processos ecológicos. A redistribuição da reserva legal dentro da mesma microbacia viabiliza a criação de extensões maiores de floresta, assegurando a integridade de processos ecológicos, conservando melhor a biodiversidade local e permitindo um melhor aproveitamento de áreas de alta produtividade agrícola.

O terceiro nível de gestão é o planejamento do desenvolvimento da região amazônica como um todo e inclui três principais componentes: o planejamento da infra-estrutura regional, um sistema regional de áreas protegidas e o zoneamento agroecológico.

O planejamento da infra-estrutura de transporte regional é talvez o mais importante componente de uma estratégia de desenvolvimento sustentável para a região, porque determina quais áreas de floresta serão abertas para a ocupação. Muitas obras de transporte são justificadas como essenciais para o escoamento da soja do Centro-Oeste.<sup>44</sup>

<sup>40</sup> AZEVEDO, W. *Op. cit.*  
CLAY, J. *Op. cit.*

<sup>41</sup> CLAY, J. *Op. cit.*

<sup>42</sup> Integrated Crop-Livestock Zero Tillage – Sistema ICLTZ (JACOUD, D. A *et al.*. *Op. cit.*)

<sup>43</sup> Outras medidas, como programas nos quais o governo paga proprietários para não plantar em terras frágeis (*Conservation Easement Program*), são sugeridas por CLAY, J. *Op. cit.*

<sup>44</sup> FEARNSTIDE, P. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Op. cit.*, 2001.  
NEPSTAD, D.; McGRATH, D.; ALENCAR, A.; BARROS, A.; CARVALHO, G.; SANTILLI, M. & VERA DIAZ, C. *Op. cit.*, 2002.  
BRANDÃO, A. S. P.; REZENDE, G. C. de. & MARQUES, W. da C. *Op. cit.*

Até recentemente, as entidades ambientalistas tinham adotado posições contrárias à implantação de qualquer estrada, hidrovía e/ou barragem. O problema é que essa posição elimina a possibilidade de discriminar entre projetos e de negociar com os grupos de interesse para permitir apenas as obras realmente necessárias e assegurar que estas sejam projetadas para minimizar os impactos ambientais diretos e indiretos.<sup>45</sup>

A criação de um sistema de reservas tem sido o principal objetivo da estratégia predominante para conservar a biodiversidade amazônica. No entanto, a quase totalidade dessas reservas tem sido estabelecida em áreas afastadas da zona de ocupação ativa. Em vez de conceber as reservas como fortalezas isoladas no meio da devastação, deve-se pensá-las como parte de uma estratégia de gestão da paisagem que integra áreas antrópicas e áreas de preservação. Assim, as reservas servem como refúgios na passagem da fronteira e como centros de difusão da biodiversidade, uma vez que se consolida a transformação regional. Dessa forma, as áreas protegidas, as áreas de preservação permanente (APP's) e as reservas legais das propriedades particulares podem ser integradas num sistema regional de áreas protegidas e manejadas que se sustentam mutuamente. Essa integração de áreas de diferentes categorias de conservação e uso é a melhor maneira de incorporar o complexo de soja numa paisagem sustentável em termos ecológicos e econômicos.

O terceiro componente, o zoneamento agroecológico, é freqüentemente apresentado como a solução para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. No entanto, existe uma série de dificuldades, de ordem conceitual e prática, relativas ao zoneamento agroecológico, e até agora sua implementação tem sido pouco promissora.<sup>46</sup> Apesar dos problemas, o zoneamento é uma ferramenta importante para definir onde a infra-estrutura de transporte deve ser implantada e para identificar áreas que devem ser evitadas. Uma medida importante proposta por Nitsch<sup>47</sup> e Nepstad *et al.*<sup>48</sup>, é o zoneamento temporal no qual a ocupação de áreas mais isoladas é proibida no primeiro momento, sendo seu destino definido num segundo ou terceiro momentos, uma vez que a organização espacial da economia regional esteja consolidada.

### Capacidade Institucional

O Brasil tem uma legislação ambiental avançada que dá ao governo amplos poderes para o ordenamento territorial. No entanto, a capacidade institucional para implementar

<sup>45</sup> FORMAN, R.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J.; CLEVINGER, A.; CTSHELL, C.; DALE, V.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C.; HEANUE, K. JONES, J.; SWANSON, F.; TURRENTINE, T. & WINTER, T. *Road Ecology: Science and Solutions*. Washington, D.C: Island Press, 2003.

<sup>46</sup> MAHAR, D. Agro-ecological zoning in Rondônia, Brazil: What are the lessons? In: HALL, A. (Ed.). *Amazonia at the Crossroads*. London: Institute of Latin American Studies, 2000. p. 115-128.

NITSCH, M. Riscos do planejamento regional na Amazônia brasileira: observações relativas à lógica complexa do zoneamento. In: D'INCAO, M. A. & SILVEIRA, I. M. da. (Eds.). *A Amazônia e a Crise da Modernização*. Belém, Pará: Museu Paraense Emílio Goeldi-MPEG, 1994. p. 501-512.

<sup>47</sup> NITSCH, M. *Op. cit.*

<sup>48</sup> NEPSTAD, D.; CARVALHO, G.; BARROS, A. C.; ALENCAR, A.; CAPOBIANCO, J. P.; BISHOP, J.; MOUTINHO, P.; LEFEBRE, P. & SILVA Jr., U. L. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology & Management*, 154: 395-407, 2001.

efetivamente essa legislação é muito limitada. Mas, mesmo se fosse muito eficaz, a atuação do governo não seria suficiente. O desenvolvimento sustentável da região depende do apoio do setor privado e da participação da sociedade civil organizada. Sendo assim, convém discutir três aspectos dessa capacidade institucional: o monitoramento e controle exercido pelo governo, os mecanismos de mercado e as instâncias de participação da sociedade civil na gestão ambiental.

É no monitoramento e fiscalização da legislação ambiental que a atuação do governo é mais problemática. De um lado houve avanços importantes no controle do desmatamento. O aperfeiçoamento da tecnologia de sensoramento remoto, especificamente a análise digital de imagens, permite monitorar mudanças na cobertura vegetal sem a necessidade de uma presença efetiva no chão. Mas o monitoramento é apenas a primeira etapa. A fiscalização depende de uma presença em toda a região amazônica. Infelizmente, as políticas de contenção de gastos governamentais da última década têm reduzido a capacidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) de manter uma presença efetiva no campo. O resultado é que, ao mesmo tempo em que o processo de ocupação da Amazônia está acelerando, a capacidade governamental de ordenar esse processo está diminuindo. Em consequência, o governo continua sem a capacidade de direcionar a expansão da soja numa trajetória sustentável. Qualquer proposta de ordenamento da expansão da fronteira agrícola dependerá de investimentos maciços no reaparelhamento dessas instituições e em mudanças para agilizar os procedimentos burocráticos.<sup>49</sup> Um elemento importante é a atuação mais forte dos governos estaduais no monitoramento e fiscalização da legislação ambiental, como está acontecendo em Mato Grosso e em outros Estados amazônicos.<sup>50</sup>

Um segundo elemento da estratégia institucional são os mecanismos de mercado que criam incentivos para o cumprimento da legislação ambiental, como a certificação ambiental e a compensação por serviços ambientais. Em relação ao primeiro ponto, três características da indústria da soja tornam a certificação uma estratégia promissora: 1) quase toda a produção está destinada ao mercado internacional onde os principais compradores, na Europa e na China, têm exigências rígidas em termos de qualidade e, no caso da Europa, de impactos ambientais; 2) o alto grau de

<sup>49</sup> ALENCAR, A. *et. al.* *Op. cit.*

<sup>50</sup> FEARNSTIDE, P. *Deforestation control in Mato Grosso. Op. cit.*, 2003.



<sup>51</sup> COUTINHO, L. As ações entre amigos. *Veja*, 13 de abril, 2005.

<sup>52</sup> SANTILLI, M.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.; SCHWARTZMAN, S.; CURRAN, L. & NOBRE, C. *Tropical deforestation and the Kyoto Protocol: a new proposal*. Belém: IPAM, 2004. 10p.

<sup>53</sup> Nesse trabalho não avaliamos o modelo agroindustrial em si. Para uma avaliação crítica desse modelo ver KIMBRELL, A. *The Fatal Harvest Reader*. Washington, D.C: Island Press, 2002.

<sup>54</sup> GOODLAND, R. J. A. & IRWIN, H. S. *Amazon jungle: green hell to red desert*. New York: Elsevier Science Publishing Co., 1975.

#### Outras obras consultadas

ALVES, B. R.; BODDEY, R. M. & URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. *Plant and Soil*, 252:1-9, 2003.

MARGULIS, S. *Causas do desmatamento da Amazônia brasileira*. Brasília, DF.: Banco Mundial, 2003. 100 p.

SCHNEIDER, R.; ARIMA, E.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P. E. & SOUZA Jr., C. A. *Amazônia Sustentável: Limitações e Oportunidades para o Desenvolvimento Rural*. Brasília, Belém: Banco Mundial, Imazon, 2000. 58 p.

concentração do mercado faz com que um pequeno grupo de grandes empresas compre quase toda a safra brasileira; e 3) essas empresas já possuem programas de monitoramento do plantio. Atualmente, as três grandes empresas que controlam o mercado de soja no Brasil – Cargill, Grupo Maggi e Bunge – já estão negociando critérios para a certificação ambiental com diferentes entidades ambientalistas e financiadores multilaterais, como o Fundo Internacional de Comércio (IFC).<sup>51</sup> O fato de que o acesso aos mercados mais importantes dependerá de algum tipo de certificação é um grande incentivo para as empresas e para os produtores de soja, oferecendo a possibilidade de compensar, pelo menos em parte, os custos do cumprimento da legislação ambiental. Embora ainda não disponível para áreas de floresta em pé, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (o mercado internacional de créditos de carbono) é outro instrumento de mercado que futuramente poderá compensar os produtores pela manutenção das reservas legais e as APPs.<sup>52</sup>

O terceiro elemento diz respeito à participação efetiva da sociedade civil através das instâncias governamentais de gestão ambiental, monitorando a atuação do governo e do setor privado e assegurando a contemplação dos interesses da sociedade. Na última década foram criadas várias instâncias no governo, visando fortalecer a participação da sociedade civil na gestão ambiental nos níveis nacionais, estaduais e municipais. A experiência dessas diversas instâncias de gestão participativa tem sido bastante variada e muitas vezes aquém das expectativas de seus idealizadores. No entanto, são instituições formais que ocupam posições estratégicas na gestão dos recursos naturais e no ordenamento da ocupação do solo, e podem ser melhor aproveitadas pela sociedade civil organizada.

## Conclusão

A expansão do complexo de soja na Amazônia nos força a reavaliar nossas concepções sobre a região, seu potencial para o desenvolvimento e as estratégias mais eficazes para conservar sua biodiversidade e integridade ecológica. O grande perigo que a soja e o modelo agroindustrial representam é de uma expansão desordenada em que produtores empregam práticas oportunistas visando maximizar lucros no curto prazo, cultivando em áreas inapropriadas, ignorando as exigências do Código Florestal e substituindo boas práticas de uso do solo pela aplicação de altas quantidades de insumos químicos. Essa estratégia

David G. McGrath é graduado em Ciências Ambientais, doutor em Geografia, professor do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) da Universidade Federal do Pará e pesquisador do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM/Belém, Pará) e do Woods Hole Research Center (WHRC/USA).

dmcgrath@amazon.com.br

Maria del Carmen Vera Diaz é graduada em Contabilidade, mestre em Planejamento do Desenvolvimento, doutoranda em Geografia e pesquisadora do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Belém, Pará.

mcarmen@bu.edu

A pesquisa para este trabalho foi financiada pela Fundação Gordon e Betty Moore, Programa de Florestas Tropicais da Comunidade Européia e United States Agency for International Development (USAID).

oportunista levaria a um círculo vicioso de degradação do potencial produtivo e ao aumento da pressão de pragas, elevando progressivamente os custos de produção. Com a queda eventual dos preços, o sistema se tornaria insustentável, determinando o abandono de grandes áreas com solos degradados e expostos à ação do sol e da chuva.

Para evitar esse cenário, é preciso implementar uma ampla estratégia de ordenamento territorial e gestão ambiental, visando coibir iniciativas oportunistas de curto prazo e incentivar a implantação de sistemas que buscam otimizar a rentabilidade no médio e longo prazos. Os instrumentos legais e as políticas ambientais necessárias para assegurar a adoção de um modelo mais sustentável existem, embora o estado das instituições responsáveis pela sua implementação seja lamentável. O grande desafio agora é o de fortalecimento da gama de mecanismos disponíveis para ordenar a agroindústria na Amazônia.<sup>53</sup> Dessa forma, talvez seja possível que a expansão da soja não leve à transformação do inferno verde num deserto vermelho<sup>54</sup>, mas sim num tapete verde produtivo e sustentável que atenda as aspirações da população e ao mesmo tempo assegure a integração da sojicultura no ecossistema amazônico.