

# FLUXOS DE CARBONO NA AMAZÔNIA E NO CERRADO: um olhar socioecossistêmico

Donald Sawyer\*

**Resumo:** Grande parte das análises de questões ambientais utiliza ferramentas das ciências naturais de forma isolada, com pouca integração mesmo entre estas ciências. As mudanças climáticas, questão nacional e internacional cada vez mais urgente, talvez sejam a questão ambiental mais distante das ciências sociais. Apesar de algumas tentativas de incluir nos estudos sobre ela as dimensões humanas ou socioeconômicas, as mudanças climáticas são tratadas principalmente por climatólogos, meteorólogos e ecólogos, em termos de processos biofísicos. A abordagem utilizada aqui para focar fluxos de carbono nos dois maiores biomas brasileiros é socioecossistêmica, ou seja, uma abordagem integrada abrangendo amplos processos sociais, ecológicos e econômicos, em vez de enfoques pontuais ou setoriais. Além desta busca de interdisciplinaridade, a abordagem adotada considera o contexto nacional e global, em termos espaciais, e os processos históricos, em termos temporais, contemplando o passado e olhando para o futuro. Inicialmente, apresenta-se uma quantificação preliminar das emissões e do seqüestro de carbono nos biomas Amazônia e Cerrado, mostrando a importância pouco conhecida do Cerrado. Em seguida, são identificados os diversos impactos socioeconômicos e ambientais das dinâmicas em curso, chamando-se a atenção para suas interações e seus efeitos interregionais. Finalmente, apresentam-se propostas referentes a prioridades para pesquisa e políticas públicas que decorrem da análise socioecossistêmica.

---

\* Professor do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (UnB/CDS). *E-mail:* don@cerrado.org.br

Artigo baseado em trabalho apresentado no II Seminário Internacional: Amazônia: Dinâmicas do Carbono e Impactos Socioeconômicos e Ambientais, Boa Vista, 26-29 de agosto de 2008. O autor agradece as contribuições de colegas do CDS/UnB e do Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), bem como de pareceristas. A elaboração deste texto recebeu apoio da União Européia e da CordAid, mas não representa os seus pontos de vista, que são da exclusiva responsabilidade do autor.

Artigo recebido em 25 nov. 2008 e aprovado em 27 fev. 2009.

*Palavras-chave:* Amazônia; Cerrado; fluxos de carbono; emissões; interdisciplinaridade; abordagem socioecossistêmica.

## **Introdução**

O desmatamento provoca emissões de gases de efeito estufa que poderiam ser evitadas a baixo custo (Stern 2006). Em 2007 e 2008, o desmatamento na Amazônia foi reduzido para cerca de 11.000 km<sup>2</sup>/ano, comparado com uma média de 20 mil km<sup>2</sup>/ano desde 1978 (Fearnside, 2005, Inpe, 2008). Assim, não se verificou o crescimento exponencial esperado com base nas tendências dos anos 1970 (Fearnside, 1982). O total acumulado do desmatamento na Amazônia supera 700.000 km<sup>2</sup>, cerca de 20% dos 3,6 milhões de km<sup>2</sup> do bioma. A área não desmatada totalmente, mas sujeita a “desmatamento progressivo”, é vasta, porém de difícil dimensionamento (Valeriano 2008).

Para reduzir o desmatamento na Amazônia, existem diversos programas e políticas, que são respostas à forte preocupação nacional e, principalmente, internacional (Brasil, 2007a). Estão em discussão também novas propostas de “desmatamento zero” (ISA *et al.* 2008), “desmatamento ilegal zero,” com foco nas reservas legais e áreas de preservação permanente (Brasil. MMA, 2007b), “desmatamento líquido zero”, descontando-se o reflorestamento (Brasil, 2008, Plano..., 2008), “redução das emissões do desmatamento e degradação (REDD)” (Hall, 2008, Micol; Andrade; Borner, 2008) e o novo Fundo Amazônia, criado para receber doações internacionais para custear o monitoramento e controle do desmatamento (Decreto nº 6.527, de 4 de agosto de 2008).

No Cerrado, por outro lado, o desmatamento anual pode ser duas ou três vezes maior que na Amazônia. Considerando uma área total de 2.000.000 km<sup>2</sup>, a média histórica de 1,5% ao ano (Machado,

2004) corresponde a 30.000 km<sup>2</sup>/ano. Não está claro porque teria diminuído. Mesmo sendo 1,1% ao ano (Agência Brasil, 2004), o total anual corresponde a 22.000 km<sup>2</sup>, o dobro do desmatamento atual na Amazônia. De acordo com as estimativas mais conservadoras (Sano, 2007), o total acumulado de desmatamento no Cerrado é de cerca de 800.000 km<sup>2</sup> (39%), mais que na Amazônia, tanto em termos absolutos quanto proporcionais.

No Cerrado, ao contrário da Amazônia, não há nenhum programa ou política de controle do desmatamento, sequer de monitoramento sistemático. Ao menos implicitamente, a política vigente parece admitir o sacrifício do Cerrado, apesar de o bioma ser um *hotspot* global (Myers *et al.*, 2000), como se esse sacrifício fosse alternativa para salvar a Amazônia (Sawyer; Lobo, 2008). Além de desastroso em termos ambientais, esta postura contraria a Constituição Federal, que exige a redução das desigualdades regionais.

Segundo o inventário brasileiro de gases de efeito estufa, entre 1988 e 1994 a Amazônia deu origem a 151,7 TgC/ano, ou 60,5% das emissões brasileiras de carbono, por conversão de florestas (Brasil. MCT, 2004, p. 38). 75% das emissões brasileiras deviam-se a mudanças no uso da terra em todo o Brasil (não apenas na Amazônia). Para 2007, em função da redução do desmatamento, estima-se que a emissão na Amazônia tenha diminuído para 111,7 TgC/ano (Sawyer, 2008b). No Cerrado, por outro lado, a emissão decorrente do desmatamento de 22.000 km<sup>2</sup> seria de 99,9 TgC/ano, cerca de 10% menos que na Amazônia (Sawyer, 2008b). No entanto, há que se lembrar que os cálculos acima consideram apenas o carbono na biomassa aérea. Enquanto na Amazônia cerca de 21% da biomassa total é subterrânea (Brasil. MCT, 2004, p. 25), no Cerrado esta proporção é muito maior, da ordem de 70%, devido às raízes profundas (Lal, 2008). Assim, as emissões totais do Cerrado provavelmente são maiores que as emissões da Amazônia.

O sequestro de carbono na Amazônia, decorrente da regeneração da floresta, seria de 34,9 TgC/ano em 13.717 km<sup>2</sup>/ano, no período 1988-1994 (Brasil. MCT, 2004, p. 38). Teria que ser incluído no cálculo o sequestro devido à regeneração em clareiras depois da extração seletiva de madeira, ao crescimento de vegetação em pastagens ou de florestas secundárias e ao reflorestamento com espécies nativas ou exóticas. No entanto, o sequestro temporário, seguido de novas derrubadas ou colheitas de madeira, não deve ser comparado com as emissões do desmatamento da floresta primária.

No Cerrado, por outro lado, o sequestro natural seria de 2 t/ha/ano ou 200 t/km<sup>2</sup>/ano. Isto poderia ocorrer em até 1 milhão de km<sup>2</sup>, chegando a 200 TgC/ano, da mesma ordem das emissões totais do desmatamento nos dois biomas. No entanto, as queimadas freqüentes no Cerrado limitam o sequestro espontâneo que ocorreria se as espécies lenhosas pudessem atingir a idade adulta em vez de serem mortas pelo fogo nos primeiros anos de vida. Em sistemas tradicionais, o fogo é utilizado para manejo de pasto e os freqüentes incêndios que escapam ao controle significam queimadas quase anuais em grande parte do Cerrado (Barbosa; Fearnside, 2005, Dias, 2008).

## **Impactos e interações**

O desmatamento na Amazônia e no Cerrado deve-se a diversas causas, cujos impactos diretos e indiretos são propulsionados por processos nacionais e globais (Alho; Martins, 1995, Brasil. MMA, 2001, Duarte; Theodoro, 2002; Klink; Moreira, 2002, Jepson, 2003, Fearnside, 2005, Dias, 2008). Os principais novos elementos socioeconômicos relevantes neste momento são os biocombustíveis, o consumo crescente e a crise financeira.

A expansão da área plantada com soja para a produção de biodiesel e cana-de-açúcar para a produção de etanol provoca

o desmatamento, tanto direta quanto indiretamente. Os padrões mais comuns são o da cana substituir a soja e o da soja substituir a cobertura natural (ISPN, 2007). No entanto, a pecuária é a principal causa imediata do desmatamento nos dois biomas (Mueller, 1995, Margulis, 2004). Mesmo quando as lavouras ocupam áreas já desmatadas, podem deslocar a pecuária para novas áreas na fronteira distante, onde o preço da terra é dez vezes menor do que no Sudeste (Sawyer, 2008a). Assim, a pecuária não só se desloca, como também multiplica a sua área, não apenas pelo retorno econômico da atividade em si, como também pela valorização das terras na fronteira e outras vantagens financeiras. As emissões do desmatamento provocado por esse processo de “efeito dominó” levam muitas décadas para serem compensadas por meio de emissões menores do biocombustível (comparadas com as do petróleo) (Searchinger *et al.*, 2008, O’Hare, 2008, Farrell, 2008).

Embora faltem ainda quantificações precisas, é evidente que o agronegócio gera emissões de carbono incomparavelmente maiores do que as da agricultura familiar, não só no interior dos estabelecimentos, mas, principalmente, quando se leva em conta o ciclo de vida global, com os diversos fluxos de energia, insumos, máquinas, beneficiamento, transporte etc. (Bellarby *et al.* 2008). Uma vez que o Brasil importa cerca de metade de seus fertilizantes da Rússia e envia as suas exportações de grãos e carne para a Ásia e a Europa, a cadeia produtiva do agronegócio brasileiro tem alcance global. Além de CO<sub>2</sub>, o agronegócio gera gases de efeito estufa mais potentes, como óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>), eleva temperaturas locais, aumenta a reflexão da energia solar incidente e gera zonas mortas no mar (Agência Senado, 2007, Querino *et al.* 2008, Diaz; Rosenberg, 2008).

Além das emissões e da perda direta e indireta de biodiversidade, por causa de eliminação de populações, *habitat*, fragmentação, efeitos de borda e incêndios (Nepstad *et al.*, 2008), o desmatamento

na Amazônia e no Cerrado também prejudica os ciclos hidrológicos. O Cerrado, onde nascem e crescem os principais rios brasileiros, é a “caixa d’água” do Brasil. O desmatamento acelera o escoamento superficial e reduz a evapotranspiração que gera novas chuvas pelo transporte transcontinental de umidade, chamado de “rios voadores” (Salati; Nogueira; Molion, 1978, Marengo, 2006a, 2006b, Lindoso, 2008). A umidade atmosférica flui do norte para o sul e os rios fluem para norte, sul, leste e oeste, alcançando todos os biomas. As monoculturas e as pastagens favorecem enchentes no período chuvoso, contribuem para a erosão e o assoreamento, reduzem a infiltração e aceleram a evaporação de açudes e pivôs centrais, o que pode levar à escassez de água nas bacias do Amazonas, Tocantins-Araguaia, São Francisco e Paraná no período seco (Steinfeld *et al.*, 2006, Bellarby *et al.*, 2008, Sawyer; Lobo, 2008).

Assim, fica evidente a necessidade de considerar o *feedback* mútuo antrópico-climático. A “savanização” da Amazônia e a aridização do Cerrado, decorrentes de interação sinérgica entre o aquecimento global e a ação humana, terão efeitos interligados nos dois biomas, além de efeitos em outros biomas, em termos de biodiversidade, abastecimento de água, disponibilidade de água para agricultura e, sobretudo, geração de energia elétrica. Trata-se de uma questão de segurança nacional.

Em termos sociais, a produção de soja e cana reforça a concentração fundiária e de renda. A soja mecanizada em grande escala expulsa os pequenos produtores. Por causa da migração masculina, dos impactos na saúde e das mudanças nos hábitos e costumes, entre outros efeitos, a semi-proletarização precária no corte manual da cana desestrutura a agricultura familiar que produz a maior parte dos alimentos consumidos no Brasil e garante a multifuncionalidade de paisagens produtivas (Sawyer; Lobo, 2008, Magalhães, 2008).

Embora a “bomba populacional” tenha sido desarmada pela queda da fecundidade no mundo todo, o crescimento da população mundial prossegue, devendo alcançar 9 bilhões de pessoas, e o consumo *per capita* está crescendo, especialmente em países emergentes (Carr; Suter; Barbieri, 2005). Isto gera demanda crescente por alimentos, matérias primas e energia e constitui uma nova força centrífuga das atividades produtivas. Depois de mais de um século de concentração espacial crescente, pode haver um ciclo de revalorização de recursos naturais e terras na periferia (Barbosa, 2008). É emblemático deste processo que atualmente uma picanha valha mais que um *chip*.

No entanto, o progresso técnico, que continuará avançando, tende principalmente a constituir uma força centrípeta ou gravitacional (Singer, 1972). Nas próximas décadas, a segunda geração de tecnologia de biocombustíveis, com etanol celulósico, assim como outras fontes energéticas, a exemplo do hidrogênio e da eletricidade, podem reduzir a demanda por terra para a produção de combustíveis, mas não de alimentos. Além disso, com exceção de cana, mandioca e pecuária, as mudanças climáticas favorecem as zonas temperadas ou frias e afligem as zonas tropicais. Portanto, pode haver outro ciclo de auge e declínio nos trópicos, *boom e bust*, com reconcentração espacial e colapso da fronteira, provocando degradação ambiental em milhões de quilômetros quadrados, bem como instabilidade social e política (Sawyer, 2008a).

Antes da crise financeira de 2008, os custos crescentes de insumos e transportes já estavam começando a frear a globalização econômica (Rohter, 2008). As pressões de países importadores por certificação de conformidade com padrões socioambientais, seja por motivos legítimos ou protecionistas, reforçam esta tendência concentracionista (Nappo, 2008). A expansão da fronteira exige investimento, que está sofrendo as consequências da crise financeira. Em vez de expansão contínua da fronteira, pode haver, num futuro

não muito distante, reconcentração espacial do agronegócio no Centro-Sul e nos países centrais. Sobraria uma fronteira agrícola “oca” na Amazônia e no Cerrado, com vastas terras degradadas em vias de desertificação. É provável que esta situação atraia gado e inverta os fluxos migratórios das últimas décadas. Estas perspectivas de mudança nas tendências passadas ou atuais apresentam desafios para os pesquisadores e tomadores de decisão.

### **Implicações para pesquisa e políticas públicas**

Diante deste quadro, caberia, em primeiro lugar, priorizar pesquisas abrangentes, que integrem as ciências naturais e que permitam análises completas dos balanços energético, hídrico e de carbono na Amazônia e no Cerrado, abrangendo todo o ciclo de vida, do local ao global. No entanto, para entender esses processos naturais, torna-se necessário integrar as ciências naturais e sociais, procurando um enfoque socioecossistêmico, que considere a retroalimentação (*feedback*) nos dois sentidos, entre os processos da natureza e da sociedade, conforme explorado nos itens anteriores. Em termos mais gerais, o desafio é implementar as “ciências da sustentabilidade” (Clark; Dickson, 2003, Bursztyn, 2008), com atenção para as necessidades de tomada de decisão política. Algumas prioridades para pesquisas voltadas para políticas públicas são apontadas a seguir.

Em termos socioeconômicos, uma prioridade imediata seria desenvolver tecnologia agropecuária acessível para reduzir o custo de recuperação de áreas degradadas para a produção, e, como consequência, diminuir a necessidade de novos desmatamentos (Sawyer; Lobo, 2008). O objetivo central para o agronegócio seria a sua contenção nas áreas já desmatadas, sem derrubar mais árvores, retas ou tortas, na Amazônia ou em outros biomas. Ao mesmo tempo, seria importante aumentar o custo do desmatamento. Este



esforço pode incluir medidas mais eficazes de repressão ao trabalho escravo, como também ao trabalho degradante ou indecente, o que constitui uma agenda muito mais social que ambiental. O aumento da produtividade agropecuária é claramente uma agenda de desenvolvimento, facilmente aceitável. Maior sustentabilidade agropecuária, por sua vez, implica reduzir a erosão e a poluição, bem como a manutenção da maior parte da biodiversidade nos fragmentos remanescentes. As tecnologias de plantio direto e a integração da lavoura com a pecuária são promissoras, embora precisem de incentivos e adequações (Landers, *et al.*, 2005).

As unidades de conservação (UCs), que têm sido a principal ação política para a conservação da natureza na Amazônia, são necessárias, porém insuficientes, especialmente no Cerrado (Brannstrom, 2001). Chegam a ser contraproducentes quando criadas isoladamente, sem considerar paisagens produtivas com escala suficiente para manter as funções ecossistêmicas, porque implicam desmatamento e insustentabilidade na área restante do bioma ou do país. As UCs cobrem 3,3% no Cerrado, muito menos do que na Amazônia, que também tem vastas terras indígenas. Deve-se levar em conta que, normalmente, as terras para UCs na Amazônia são públicas e baratas, enquanto as terras no Cerrado são majoritariamente privadas e caras. As áreas prioritárias para conservação estabelecidas para os diversos biomas em 1998 e 2006 seguiram critérios principalmente de biodiversidade (Brasil. MMA, 1999, 2007). Diante do quadro atual, caberia revisar as prioridades e adequá-las para a manutenção das funções ecossistêmicas em escala nacional, levando em conta as mudanças climáticas. Caberia fixar metas realistas, considerando custos e oportunidades, não apenas critérios ambientais.

As áreas protegidas fora das UCs têm um papel fundamental, inclusive as terras indígenas e quilombolas. O Código Florestal, por outro lado, continua sendo desrespeitado (Nogueira; Siqueira,

2004), especialmente quanto à Reserva Legal (RL). O percentual estabelecido para RLs na Amazônia foi elevado de 50% para 80% em 1996, sendo de 35% no Cerrado na Amazônia Legal e de 20% no restante do bioma e do país (Maciel, 2007). As reações contrárias à RL são cada vez mais fortes. A exigência do mesmo percentual elevado de RL na Amazônia e no Cerrado, em todas as propriedades, independentemente de sua localização, pode ser contraproducente, tanto em termos ecológicos quanto econômicos. Percentual de RL elevado sem diferenciação por localização favorece o padrão extensivo e predatório que mantém baixa produtividade, não incorpora tecnologia e exige proximidade de infra-estrutura e mercados. Assim, à medida que é cumprido, impedindo a intensificação, o Código Florestal favorece o desmatamento extensivo para pecuária de baixa produtividade, praticamente a única possibilidade em áreas mais remotas. Favorece também a especulação, a grilagem, a evasão fiscal e a lavagem de dinheiro, bem como pressiona povos e comunidades tradicionais.

A aplicabilidade do Código Florestal na Amazônia e no Cerrado poderia ser melhorada por meio de mecanismos de compensação progressiva. Por exemplo, poder-se-ia estabelecer uma escala progressiva de compensação de acordo com a distância, exigindo 2 hectares por 1 quando a compensação for feita em outra microbacia do mesmo Estado e 3 por 1 quando ocorrer em outro Estado. Poderia haver também uma escala progressiva de compensação, de forma que cada 10% de RL compensados tivessem fatores crescentes de compensação (2 por 1, 3 por 1, 4 por 1), até um patamar mínimo de RL. Qualquer compensação deve respeitar os direitos de povos e comunidades tradicionais, para que não se use a RL como alegação para expulsar antigos moradores. Assim, Estado e mercado teriam sinergia a favor da sustentabilidade.

Além disso, o uso de espécies exóticas como o dendê, que irão gerar renda significativa, poderia implicar uma compensação

financeira paga ao Fundo de Compensação Ambiental (FCA) ou ao novo Fundo Amazônia, para criar ou manter UCs ou para iniciativas de redução do desmatamento. As regras para demarcação de Áreas de Preservação Permanente (APPs), por sua vez, carecem de fundamento técnico e critérios para exceções e merecem revisão.

A agricultura familiar é a chave de paisagens produtivas sustentáveis e multifuncionais com escala regional. A produção familiar policultural, agroextrativista e/ou agroecológica, em áreas naturais ou recuperadas, mantém diversas funções ecossistêmicas interligadas, ainda que de forma imperfeita, mas com escala de paisagem necessária para manter os ciclos de água, biodiversidade e carbono (ABC). Além disso, a maior viabilidade da agricultura familiar aumentaria o custo de mão-de-obra para o desmatamento e reduziria a sua viabilidade econômica e, também, os gastos públicos decorrentes da migração do campo para as áreas urbanas.

A agricultura familiar inclui os povos e comunidades tradicionais (Brasil, 2007b), que fazem uso sustentável da biodiversidade como parte essencial de sua reprodução. Hoje em dia, o “extrativismo” dificilmente constitui uma ocupação; é vista como uma atividade complementar à agricultura, que pode contribuir para a manutenção de sistemas familiares sustentáveis, sem necessariamente crescer ou concorrer com o agronegócio (Cebrac, 1999, Nogueira, 2001, 2005). Gera “renda ambiental” para reduzir a pobreza rural (Sjaastad; Vedeld 2008). O seu custo para o setor público é mínimo ou negativo, mas falta-lhe o devido reconhecimento.

No exterior, discutem-se áreas conservadas por comunidades sem proteção legal, mas essas *Indigenous and Community Conservation Areas* (ICCA), que teriam baixo custo, ainda não estão sendo discutidas no Brasil (Fosse; Schei 2007). O Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Ministério do Desenvolvimento Agrário

(MDA) e o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) promovem Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade, uma abordagem inovadora que pode ter escala (Brasil. MMA, 2008). Outras iniciativas com potencial de escala incluem a aplicação da Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) a produtos extrativos. Por outro lado, a aplicação da Lei de Agricultura Orgânica (Lei nº 10.831/2003) pode penalizar o extrativismo sustentável por estabelecer processos técnicos e burocráticos inviáveis em comunidades pobres remotas. A iniciativa mais ousada seria uma moratória privada e pública, no Brasil e no exterior, contra a compra de produtos provenientes de áreas de desmatamento novo, não apenas para a soja na Amazônia (cf. Abiove, 2007).

O acesso à terra e aos recursos naturais, inclusive em terras públicas ou de terceiros, é essencial para o agroextrativismo. A política fundiária implica a regularização fundiária, respeitando os direitos não-documentados de populações tradicionais, inclusive quanto a acesso aos recursos naturais. Novos assentamentos da reforma agrária poderiam ser realizados em lotes pequenos, perto de cidades. Para populações rurais em regiões mais distantes, assentadas ou não, seria importante garantir o acesso a recursos florestais não-madeireiros em terras públicas, seguindo o exemplo de leis de babaçu livre (Araújo *et al.*, 2004). O acesso a recursos em terras de terceiros pode ser negociado via acordos entre comunidades e proprietários.

O pagamento por serviços ambientais (PSA) está surgindo como uma panacéia que pode ter resultados perversos inesperados. Argumenta-se a necessidade de dar incentivos materiais para mudar padrões de produção insustentáveis (Wunder, 2005, Seilert, 2008). Para alguns grupos, propõe-se uma “bolsa ambiental”, como no exemplo pioneiro da “Bolsa Floresta”, instituída pelo governo do Estado do Amazonas, para moradores de UCs. O pagamento internacional pela Redução das Emissões do Desmatamento e Degradação (REDD) é a proposta mais ousada em termos de escala

e custo, alcançando grandes produtores no intuito de cobrir custos de oportunidade do desmatamento (Hall, 2008, Micol; Andrade; Borner, 2008, Conceição, 2008). Segundo a lógica do mercado de carbono, os pré-requisitos desses pagamentos incluem o direito e a intenção de desmatar (adicionalidade). É necessária também a garantia de cumprimento, mediante quantificação e verificação constante, durante décadas.

Nas condições brasileiras, as limitações dessas propostas dizem respeito, em primeiro lugar, à escala suficiente, ou seja, milhões de km<sup>2</sup>, não restrita a projetos pontuais isolados. Com escala suficiente, a sua implementação geraria impactos macroeconômicos ainda não devidamente avaliados sobre o PIB, a renda, a receita, as exportações, o custo de alimentos, a inflação etc. Os “guardiões da floresta” nas comunidades locais são contemplados no discurso, mas correm risco de servir apenas para legitimar pagamentos a grandes proprietários (IPAM, 2008, World Bank, 2008). Ao mesmo tempo, se estes proprietários, legais ou não, forem pagos para não desmatar, corre-se risco não só de propiciar o “vazamento” (desmatamento em outro lugar), como também de financiar esse vazamento. Se deixar de desmatar depender de receber pagamento, surgem problemas éticos de vincular responsabilidade ou legalidade à remuneração, o que pode ser um resultado extremamente perverso. Se o dinheiro for público, seria necessário aplicar a lei de licitações. Seja qual for a fonte, o pagamento por prestação de serviços implica tributação ou renúncia fiscal. Para as comunidades, os pagamentos geram expectativas que podem se tornar ilusões. Se efetuados, podem gerar dependência em vez de meios de vida sustentáveis e auto-estima. Os pagamentos podem gerar também conflitos internos com os inevitáveis “caronas” (*free-riders*). A verificação dispersa constante implica elevados custos de transação.

Os limites do pagamento por serviços ambientais recolocam a questão de pagamento, via mercados normais ou solidários, de

bens produzidos de forma sustentável, os produtos florestais não-madeireiros (PFNM). Existem recursos naturais, trabalho disponível e disposto e mercado consumidor no país para o uso sustentável dos ecossistemas por parte de agricultores familiares e povos e comunidades tradicionais (ISPN, 2006). Falta “destravar” os diversos marcos regulatórios adversos, sejam fiscais, sanitários ou ambientais, cujas barreiras praticamente intransponíveis são pouco conhecidas (Sawyer, 2007). Esta solução teria custo mínimo e geraria benefícios muito significativos em termos de produção, segurança alimentar e gastos públicos, além dos benefícios ambientais.

Finalmente, cabe chamar a atenção para uma possibilidade instigante de pesquisa e experimentação sobre o sequestro permanente de carbono, por meio de emulação de “Terra Preta do Índio”, conhecida internacionalmente como *biochar* (Canejo, 2008). Essas terras férteis de origem humana pré-colombiana contêm acúmulos de carbono proveniente de resíduos dos assentamentos indígenas. Atualmente, a incorporação de carbono no solo seria carbono-negativo, em vez de apenas carbono-neutro, como é a plantação de árvores ou culturas. A verificação das toneladas de carbono sequestradas seria incomparavelmente mais fácil que o *baseline* e monitoramento de atividades agrícolas ou florestais, sem necessidade de repetição anual em áreas remotas e dispersas. Além disso, a maior fertilidade do solo, devida a modificações físicas e químicas, pode significar menor pressão de desmatamento. Assim, a terra preta moderna, oriunda da pré-história da Amazônia, poderia ser uma contribuição brasileira para o futuro do planeta.

*Carbon flows in the Amazon and Cerrado biomes: a  
socioecosystemic view*

**Abstract:** Most analyses of environmental issues use natural sciences in isolation, with little integration even among these sciences. Climate change, a national and international issue which is increasingly urgent, may be the environmental issue farthest

removed from the social sciences. In spite of some attempts to include human dimensions or socioeconomic analysis, climate changes are usually dealt with by climatologists, meteorologists or ecologists in strictly biophysical terms. The approach used here to focus on the two largest Brazilian biomes is socioecosystemic, *i.e.* an integrated approach dealing with broad ecological and socioeconomic processes, rather than localized or sectoral approaches. In addition to interdisciplinarity, the article seeks to consider the national and global contexts, in spatial terms, and historical processes, looking back in time and toward the future. At first, a preliminary calculation of carbon emissions and fixation in the Amazon and Cerrado biomes is made, showing the unrecognized importance of the Cerrado. Various socioeconomic and environmental impacts are then identified in the processes under way, calling attention to interactions and inter-regional effects. The article concludes with proposals regarding research and public policy resulting from the socioecosystemic analysis.

*Key words:* Amazon; Cerrado; carbon flows; emissions; interdisciplinarity; socioecosystemic approach.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (Abiove). *Para entender a moratória da soja: o cultivo responsável*. São Paulo, 2007.

AGÊNCIA BRASIL. Biólogo diz que cerrado já perdeu 54% dos 204 milhões de hectares. 9 out. 2004. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/noticia/?id=16453>>.

AGÊNCIA SENADO. Desmatamento do Cerrado contribui para o aquecimento global. 12 set., 2007. <http://redecerrado.blogspot.com/2007/09/desmatamento-do-cerrado-contribui-para.html>.

ALHO, Cleber J. R.; MARTINS, Eduardo. (Eds.). *De grão em grão, o Cerrado perde espaço: impactos do processo de ocupação*. Brasília: WWF, PRÓ-CER, 1995.

- ARAÚJO, Helciane et al. As quebradeiras de coco babaçu e a luta pelo fim da sujeição no campo. In: DIREITOS humanos no Brasil. São Paulo: Rede Social de Justiça e Direitos Humanos, 2004. p. 223-228.
- BARBOSA, Reinaldo Imbrozio; FEARNSSIDE, Philip M. Above-ground biomass and fate of the carbon after burning in the savannas of Roraima, Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, v. 206, n. 1-3, p. 295-316, 2005.
- BARBOSA, Rubens. Novas tensões globais. *O Estado de São Paulo* [jornal], 24 jun. 2008.
- BELLARBY, Jessica et al. *Cool farming: climate impacts of agriculture and mitigation potential*. Amsterdam: Greenpeace International, 2008.
- BRANNSTROM, Christian. Conservation-with-development models in Brazil's agro-pastoral landscapes. *World Development*, n. 8, p. 1345-59, 2001.
- BRASIL. Combatendo o desmatamento no Brasil. In: PNUD. *Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008*. Brasília: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2007a. p. 40-44. Disponível em: <[http://hdr.undp.org/en/media/HDR\\_20072008\\_PT\\_complete.pdf](http://hdr.undp.org/en/media/HDR_20072008_PT_complete.pdf)>.
- \_\_\_\_\_. *Decreto no. 6.040, de 7 de fevereiro de 2007: Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais*, 2007b.
- \_\_\_\_\_. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima: versão para consulta pública*, setembro, 2008. Brasília, 2008.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). *Inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: comunicação inicial do Brasil*. Brasília, 2004. Parte II. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0004/4199.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0004/4199.pdf)>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Ações prioritárias para conservação da biodiversidade do Cerrado e Pantanal*. Brasília: MMA, Funatura CI, Fundação Biodiversitas, UnB, 1999.



BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia*. Brasília, 2001.

\_\_\_\_\_. Ministra abre seminário e defende desmatamento ilegal zero. 15 ago. 2007a. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/noticia/?id=32923>>.

\_\_\_\_\_. *Cerrado e Pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação da biodiversidade*. Brasília: MMA, 2007b. (Biodiversidade, 17).

\_\_\_\_\_. *Cadeias de produtos da sociobiodiversidade: agregação de valor e consolidação de mercados sustentáveis – sistematização das propostas e debates dos seminários regionais*. Brasília: MMA, MDA, MDS, 2008.

BURSZTYN, Marcel *Sustainability science and the university: towards interdisciplinarity*. Cambridge: Center for International Development (CID), Harvard University, 2008. (Graduate Student and Research Fellow Working Paper, 24).

CANEJO, Mônica. Solo ancestral: a terra preta do índio revela muito mais que fertilidade; ela guarda pistas sobre o misteriosa pré-história da Amazônia. *National Geographic Brasil*, v. 9, n. 102, p. 82-83, set., 2008.

CARR, David L.; SUTER, Laurel; BARBIERI, Alisson. Population dynamics and tropical deforestation: state of the debate and conceptual challenges. *Population and Environment*, v. 27, n. 1, Sep., 2005

CENTRO BRASILEIRO DE REFERÊNCIA E APOIO CULTURAL (Cebrac). *Oportunidades de geração de renda no Cerrado*. Brasília: Cebrac, PPP-GEF-PNUD, 1999.

CLARK, W. C.; DICKSON, N. M. Sustainability science: the emerging research program. *PNAS*, v. 100, n. 14, p. 8059-8061, 2003. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/100/14/8059.full.pdf>>.

CONCEIÇÃO, Hugo Rosa da. *Programas de redução de emissões oriundas de desmatamento e degradação e os povos tradicionais da Amazônia*.

2008. Trabalho final da disciplina Desenvolvimento Regional e Desenvolvimento Sustentável, Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília UnB), Brasília, 2008.
- DIAS, Bráulio F. S. Conservação da biodiversidade no bioma Cerrado: histórico dos impactos antrópicos no bioma Cerrado. In: FALEIRO, Fábio Gelape; FARIAS NETO, Austeclínio Lopes de (Eds.). *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 303-33.
- DIAZ, Robert J.; ROSENBERG, Rutger Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, v. 321, n. 5891, p. 926-29, 15 Aug. 2008.
- DUARTE, Laura M. G.; THEODORO, Suzi H. (Orgs.). *Dilemas do Cerrado: entre o ecologicamente (in)correto e o socialmente (in)justo*. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.
- FARRELL, Alex. *The low carbon fuel standard and land use change*. Sacramento, CA: WSPA Lifecycle Analysis Collaborative, 2008.
- FEARNSIDE, Philip M. Deforestation in the Brazilian Amazon: how fast is it occurring? *Interciência*, v.7, n.2, Mar.-Apr., p. 82-88, 1982.
- \_\_\_\_\_. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. *Megadiversidade*, v.1, n.1, jul., p. 113-123, 2005.
- FOSSE, Leif John; SCHEI, Peter Johan (Eds.) *Can community conservation bring international goals down to earth?* Chairman's report from a workshop on the Millenium Ecosystem Assessment. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2007.
- HALL, Anthony Better. RED than dead: paying the people for environmental services in Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v.363, n.1498, p.1925-32, 2008.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Inpe). Website do Projeto PRODES. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>.

INSTITUTO DE PESQUISAS DA AMAZONIA (Ipam) *Compilação dos grupos do Workshop Latino-Americano sobre Mudança Climática e Povos da Floresta, realizado em Manaus, entre 1 e 4 de abril de 2008*. Belém, 2008. Disponível em: <[http://www.climaedesmatamento.org.br/files/general/Sintese\\_-\\_Grupos\\_-\\_port.pdf](http://www.climaedesmatamento.org.br/files/general/Sintese_-_Grupos_-_port.pdf)>.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA) et al. *Pacto pela valorização da floresta e pelo fim do desmatamento na Amazônia*. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/raw/content/brasil/documentos/amazonia/pacto-pela-valoriza-o-da-flor.pdf>>.

INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA (ISPN). *Long live the Cerrado!* Brasília: Ispn, Instituto Centro de Vida, Pesquisa e Conservação do Cerrado, 2006.

\_\_\_\_\_. *Cana-de-açúcar avança em áreas prioritárias para conservação e uso sustentável no Cerrado*. Brasília: 2007. Disponível em: [www.observatoriodoagronegocio.org.br](http://www.observatoriodoagronegocio.org.br).

JEPSON, Wendy. *A political ecology of land-use and land-cover change in the central Brazilian savanna since 1970*. Ph. D. Geography. Los Angeles: University of California., 2003.

KLINK, Carlos A.; MOREIRA, Adriana G. Past and current human occupation and land use. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds). *The Cerrados of Brazil*. New York: Columbia University Press, 2002. p. 69-88.

LAL, Rattan. Savannas and global climate change: source or sink of atmospheric CO<sub>2</sub>. In: FALEIRO, Fábio Gelape; FARIAS NETO, Austeclinio Lopes de (Eds.). *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 81-102.

LANDERS, John; CLAY, Jason; WEISS, Joseph. *Integrated crop/livestock ley farming with zero tillage: five case studies of the win-win-win strategy for sustainable farming in the tropics*. III World Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, 3-7 out, 2005

LINDOSO, Diego. *Rios voadores: hidrologia amazônica e serviços ambientais – uma perspectiva climática*. Trabalho final de disciplina,

Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília (UnB). Brasília, 2008.

MACHADO, Ricardo B. et al. *Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro*. Brasília: Conservação Internacional, 2004. [Relatório técnico não publicado].

MACIEL, Luis Gustavo. *Efetividade e eficácia das reservas legais e áreas de preservação permanente nos Cerrados*. 2008. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília (UnB), 2008.

MAGALHÃES, Rogério Marcos. *A função ambiental da agricultura familiar na conservação da biodiversidade no Brasil*. Brasília: Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, 2008.

MARENCO, José. On the hydrological cycle of the Amazon basin: a historical review and current state-of-the-art. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, n. 3a, p. 1-19, ago, 2006<sup>a</sup>.

MARENCO, José. *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações para o território brasileiro ao longo do século XXI*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006b.

MARGULIS, Sérgio. *Causes of deforestation of the Brazilian Amazon*. Washington: World Bank, 2004. (World Bank Working Paper, 22).

MICOL, Laurent; ANDRADE, João; BORNER, Jan. *Redução das emissões do desmatamento e da degradação florestal (REDD): potencial de aplicação no Estado de Mato Grosso*. Cuiabá: Instituto Socioambiental, The Nature Conservancy Brazil, 2008.

MUELLER, Charles C. *A sustentabilidade de expansão agrícola nos Cerrados*. Brasília: ISPN, 1995. (Documento de Trabalho, 36).

MYERS, Norman et al., Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, n. 403, p. 853-8, 2000.

- NAPPO, Márcio. Certificação socioambiental: benefício ou obstáculo? *AgroAnalysis*, v. 28, n. 8, ago. 2008. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/opinia/show.asp?msgCode=9951BA72-B6DA-4AAB-8D53-26171A8A39C9>>.
- NEPSTAD, Daniel *et al.* Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, n. 363, p. 1737-46, Feb., 2008.
- NOGUEIRA, Jorge Madeira; SIQUEIRA, Ciro Fernandes Assis. O novo Código Florestal e a reserva legal: do preservacionismo desumano ao conservacionismo politicamente correto. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL (Encontro da Sober), 24., Cuiabá, 2004. *Anais do...* Cuiabá, 2004. 1 CD.
- NOGUEIRA, Mônica. *Lições aprendidas a partir de pequenos projetos*. Trabalho apresentado no Seminário Regional da América Latina e o Caribe “ONG’s, Governança e Desenvolvimento na América Latina e o Caribe”, em Montevideu, Uruguai, 28 a 30 de novembro de 2001. Disponível em: [www.unesco.org/uy/most/seminario/ongs-gobernancia/documentos/Nogueira.pdf](http://www.unesco.org/uy/most/seminario/ongs-gobernancia/documentos/Nogueira.pdf).
- \_\_\_\_\_. *Quando o pequeno é grande: uma análise de projetos comunitários no Cerrado*. São Paulo: Annablume, 2005.
- O’HARE, Michael. *Biofuels: research issues for California*. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2008.
- PLANO do governo inclui meta de zerar perda de cobertura florestal até 2015. *Globo Amazônia*, 26 set. 2008. Disponível em: <<http://www.globoamazonia.com/Amazonia/0,,MUL774271-16052,00.html>>.
- QUERINO, Carlos Alexandre Santos *et. al.* Avaliação e comparação da radiação solar global e albedo com ângulo zenital na região amazônica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, n. 3a, p. 42-49, 2006.
- ROHTER, Larry. Shipping costs start to crimp globalization. *New York Times*, Aug. 3, 2008.

- SALATI, Eneas; MARQUES, J.; MOLION, L. C. B. Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. *Interciência*, v. 3, n. 4, p. 200-06, 1978.
- SANO, Edson (Coord.). *Mapeamento da cobertura vegetal do bioma Cerrado*: relatório final. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.
- SAWYER, Donald Consumption patterns and environmental impacts in a global socioecosystemic perspective. In: HOGAN, Daniel Joseph; TOLMASQUIM, Maurício Tiomno (Orgs.). *Human dimensions of global environmental change: Brazilian perspectives*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001. p. 279-96.
- SAWYER, Donald. *Gargalos e soluções para os marcos regulatórios do uso sustentável da biodiversidade no Brasil*. Brasília: CDS-UnB, ISPN, 2007.
- \_\_\_\_\_. Climate change, biofuels and eco-social impacts in the Brazilian Amazon and Cerrado. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 363, n. 1498, p. 1747-1752, 2008a.
- \_\_\_\_\_. *Emissões e seqüestro de carbono na Amazônia e Cerrado*: situação atual e perspectivas. Apresentado no II Seminário Internacional Amazônia: Dinâmicas do Carbono e Impactos Sócioeconômicos e Ambientais, Boa Vista, 26-29 de agosto, 2008b.
- SAWYER, Donald; LOBO, Andréa de Souza. O papel da sociedade no estabelecimento de políticas públicas para as savanas. In: FALEIRO, Fábio Gelape; FARIAS NETO, Austeclínio Lopes de (Eds.). *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Planaltina: EMBRAPA Cerrados. p.1153-80, 2008.
- SEARCHINGER, Timothy et al. Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science*, v. 319, n. 5867, p.1 238-240, Feb, 2008.
- SEILERT, Villi Fritz. *Compensação para populações em áreas de interesse ecológico: do “poluidor-pagador” ao “provedor-recebedor”*. 2008. Trabalho final da disciplina Desenvolvimento Regional

e Desenvolvimento Sustentável, Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, 2008.

SINGER, Paul. *Economia política da urbanização*. São Paulo: Hucitec, 1976.

SJAASTAD, Espen; VEDEL, Paal. Forest environmental income and the rural poor. In: CLEVELAND, Cutler C. (Ed.). *Encyclopedia of Earth*. Washington: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment, 2008. Disponível em: <[http://www.eoearth.org/article/Forest\\_environmental\\_income\\_and\\_the\\_rural\\_poor](http://www.eoearth.org/article/Forest_environmental_income_and_the_rural_poor)>, <[www.earthportal.org/?p=1050](http://www.earthportal.org/?p=1050)>.

STEINFELD, H. et al. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Roma: FAO, 2006.

STERN, Nicholas. *Stern Review on the economics of climate change*. London: UK Cabinet Office, HM Treasury, 2006.

VALERIANO, Dalton. Entrevista: para especialista do Inpe, há divergência conceitual sobre o papel de uma floresta. *Folha de São Paulo*, 31 jan., 2008.

WORLD BANK *Summary of comments from regional consultations with Forest-Dependent Indigenous Peoples and Other Forest Dwellers (IPs and FDs) in Africa, Asia, and Latin America, February-March 2008*. Disponível em: <[http://carbonfinance.org/docs/FCPF\\_IP\\_comments.pdf](http://carbonfinance.org/docs/FCPF_IP_comments.pdf)>.

WUNDER, Sven *Payments for environmental services: some nuts and bolts*. Bogor: Cifor, 2005. (Occasional Paper, 42).