

CAPÍTULO 4

Serviços Ecosistêmicos: relações com a agricultura

Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz

Rachel Bardy Prado

Margareth Gonçalves Simões

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo

Ivan Bergier Tavares de Lima

Lucília Maria Parron

Mônica Matoso Campanha

Lilian Terezinha Winckler



Introdução

Agroecossistemas são definidos pela OECD (2001a) como ecossistemas onde os seres humanos modificam parcialmente o ambiente natural, visando adaptá-lo para a implantação de sistemas de produção agrícola. Em decorrência, os agroecossistemas, em maior ou menor medida, dependendo do sistema de produção, guardam ainda muitas características e propriedades dos ambientes naturais. Desse modo, se, por um lado, as atividades agrícolas são impactantes para o meio ambiente natural, por outro, os sistemas de produção agrícola, se devidamente manejados, podem reverter ou minimizar a tendência de ruptura dos processos ecossistêmicos, mitigando os impactos negativos e prestando relevantes serviços ecossistêmicos.

O Brasil figura atualmente como um dos maiores produtores de alimentos do mundo, cujas áreas de produção se distribuem em diferentes biomas por todo o território nacional. A agricultura no País se destaca como um setor pujante de grande importância, não somente para a balança comercial, como também para a segurança alimentar e para o desenvolvimento socioeconômico nacional. Nesse sentido, a promoção da sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola é de suma importância. Na dimensão ambiental, a sustentabilidade se baseia na promoção de modelos de desenvolvimento rural baseados em sistemas de produção que contemplem os serviços ecossistêmicos e a multifuncionalidade da paisagem rural.

Nesse contexto, o desafio que se impõe consiste em conciliar o aumento da produção agrícola com a conservação dos recursos naturais e a promoção dos serviços ecossistêmicos que, além de serem imprescindíveis para sustentabilidade da produção, beneficiam, além do meio rural, toda a sociedade.

O capítulo que se segue objetiva, portanto, apresentar ao leitor uma perspectiva ampla sobre a relação da agricultura com os serviços ecossistêmicos. Dessa forma, será apresentado e discutido como as atividades agrícolas pressionam os processos naturais, bem como elas são beneficiadas e provêm serviços ecossistêmicos de provisão, regulação e culturais essenciais para a manutenção da capacidade de produção dos agroecossistemas. Ressalta-se ainda a importância de se abordar os serviços ecossistêmicos em múltiplas escalas, para que se possa promover não somente a adequação dos sistemas de produção em nível local, mas também a multifuncionalidade da paisagem rural, visando ao aumento da provisão de serviços e a própria sustentabilidade das atividades agrícolas.

A agricultura e os impactos nos serviços ecossistêmicos

O Brasil possui, atualmente, uma agricultura diversificada, moderna e pujante que desempenha um papel fundamental na economia brasileira, ocupando cerca de 30% do seu território e respondendo por aproximadamente 25% do produto interno bruto (Ferreira et al., 2014). Contudo, o País já testemunhou diversos ciclos agroeconômicos calcados na expansão de monoculturas de exportação. A expansão da agricultura no País ocorreu, como um processo histórico, à custa da supressão da vegetação nativa de vastas áreas nos diversos biomas brasileiros. Esse processo conduziu, em certa medida, ao esgotamento dos recursos naturais, à perda da biodiversidade e ao comprometimento dos serviços ecossistêmicos. Dessa forma, a dinâmica de uso e ocupação das terras para a exploração agrícola representa um dos principais fatores de pressão sobre os ecossistemas terrestres e aquáticos (Swinton et al., 2007). Os sistemas de produção agrícola, ao privilegiar a produção contínua de uma ou poucas espécies de plantas cultivadas, impõem ao meio ambiente alterações estruturais e funcionais de longo prazo (Mainstreaming..., 2017). Por consequência, a mudança de uso da terra associada à expansão da agricultura resulta na perda direta de habitats e da biodiversidade associada, levando à redução ou extinção de diversas espécies de plantas e animais que compõem e mantêm as funções ecológicas dos sistemas naturais (FAO, 2019). Estimam-se, no bioma Amazônia, perdas entre 15% e 18% dos ambientes naturais, cerca de 50% para os biomas Cerrado, Pampas e Caatinga e 88% para a Mata Atlântica (MMA, 2012).

Além da alteração dos ecossistemas devido à conversão das áreas naturais, a intensificação da agricultura, com enfoque apenas no incremento da produção, afeta drasticamente diversos processos físicos, biológicos e químicos que intervêm em importantes serviços ecossistêmicos. Em escala regional, destacam-se o ciclo do carbono e a regulação climática e hidrológica. Em escala local, destacam-se a depuração da água, a reciclagem de matéria orgânica, o ciclo dos nutrientes, a polinização e o controle de pragas (Power, 2010).

No nível das parcelas de produção, as práticas agrícolas, desprovidas de preocupação conservacionista, podem conduzir à degradação dos sistemas edáficos, comprometendo assim relevantes serviços ecossistêmicos. O revolvimento excessivo dos solos, a falta de cobertura vegetal e o sobrepastejo podem resultar no aumento dos processos erosivos, conduzindo à degradação e à perda dos solos agricultáveis.

As perdas anuais de solo em áreas ocupadas por lavouras e pastagens ultrapassam 500 milhões de toneladas por ano, causando custos adicionais para os produtores e prejuízos econômicos e ambientais para todo o País (Bertoni; Lombardi Neto, 2012). Grande parte do solo perdido pela erosão chega aos rios, assoreando-os e reduzindo sua vazão e capacidade de armazenamento, como é o caso dos rios Paraíba do Sul e São Francisco, essenciais ao abastecimento de água para grandes contingentes populacionais residentes nas zonas urbanas dessas bacias (Prado et al., 2017). Na interface dos biomas, Cerrado e Pantanal, as perdas de solo por sistemas produtivos ineficientes foram capazes de alterar a variabilidade interanual dos pulsos de inundação das planícies pantaneiras (Bergier et al., 2013). Essas pulsações de inundação geram vastas zonas úmidas (Junk et al., 2013), que são responsáveis pela manutenção dos estoques pesqueiros, assim como mantêm as pastagens forrageiras nativas, essenciais para a sustentabilidade da pecuária tradicional pantaneira (Galdino et al., 2005).

Além da perda da fertilidade e da capacidade produtiva, a degradação dos solos contribui para o aumento das emissões de gases do efeito estufa (GEE). Na contabilização geral dos inventários nacionais, segundo Bustamante et al. (2012), as pastagens degradadas no Brasil, estimadas entre 51 e 80 milhões de hectares (Ferreira et al., 2014; Lapola et al., 2014), constituem um passivo ambiental com significativa participação no balanço positivo das emissões de gases do efeito estufa (GEE).

A provisão hídrica constitui outro serviço ecossistêmico altamente relacionado com as atividades rurais, quer seja pelo uso direto da água em sistemas irrigados quer por causa das alterações que estas impõem ao meio físico-biótico das bacias hidrográficas que interferem nos ciclos hídricos, hidrológico e climático. Estima-se que a irrigação seja responsável pelo consumo de aproximadamente 70% de toda a água consumida pelas atividades socioeconômicas. Além disso, considerando os desperdícios dos sistemas irrigados na ordem de 50% (FAO, 2017) dos volumes de água utilizados, o uso intenso e não planejado da água para irrigação pode levar a considerável diminuição da disponibilidade hídrica.

Por outro lado, o desmatamento causado para a implantação de sistemas agropecuários pode alterar os regimes de precipitação regional, por meio das alterações dos fluxos evapotranspiratórios formadores de nuvens. O clima local, em seguida, pode tornar-se mais seco, impactando não somente os ecossistemas, mas comprometendo também a segurança hídrica e a própria sustentabilidade dos sistemas produtivos (Vergara; Scholz, 2011).

O uso excessivo de insumos como fertilizantes pode gerar a eutrofização de corpos hídricos, assim como o uso indiscriminado de pesticidas pode contaminar os cursos d'água superficiais, os aquíferos subterrâneos, os solos e os sedimentos. A dispersão de agrotóxicos no ambiente pode causar desequilíbrios biológicos, visto que, além de erradicar as pragas, também podem eliminar os seus inimigos naturais, como predadores e competidores. Além disso, os agrotóxicos podem, ao longo da cadeia alimentar, acumular-se na biota. De acordo com Peres e Moreira (2003), a contaminação pode percorrer a cadeia trófica e se acumular enquanto passa de um organismo para outro, como de moluscos para crustáceos e peixes, representando uma fonte potencial de contaminação humana.

A intensa movimentação global de subprodutos das commodities e a supressão local dos remanescentes de vegetação nativa, com a conseqüente redução da biodiversidade e do controle biológico natural, podem causar desequilíbrios ecológicos, favorecendo a dispersão de pragas e agentes fitopatogênicos que impactam negativamente a própria atividade agrícola.

Diversos e evidentes são os impactos da agricultura sobre os serviços ecossistêmicos. No entanto, as atividades agrícolas, quando conduzidas sob princípios conservacionistas, podem mitigar os efeitos negativos, preservando processos funcionais e mantendo fluxos de serviços ecossistêmicos em benefício da própria atividade produtiva e de toda a sociedade.

Serviços ecossistêmicos da agricultura: além da provisão de alimentos

Os ecossistemas naturais são transformados e manejados para atender às necessidades básicas das sociedades humanas em relação à provisão de alimentos, fibras, combustíveis, dentre outros bens primários. A provisão de bens primários constitui, portanto, a função primordial da agricultura, constituindo-se também em seu principal e mais evidente serviço ecossistêmico (Palm et al., 2014).

De fato, a agricultura se caracteriza por ser uma atividade econômica viabilizada graças aos serviços ecossistêmicos de suporte e provisão, relacionados à capacidade de produção biológica, primária e secundária, dos ecossistemas. As atividades de produção agrícola se valem da capacidade intrínseca de produção biológica dos ecossistemas, e todo o esforço das ciências agrárias e práticas agrícolas visam, em síntese, potencializar essa capacidade natural. Desse modo, a relação da agricultura com os serviços ecossistêmicos torna-se evidente, pois a capacidade de

produção de alimentos, entre outros bens primários, constitui, essencialmente, um serviço de provisão prestado pelo agroecossistema.

A agricultura pode ser considerada como uma atividade essencialmente provedora de produtos agropecuários, porém presta serviços ecosistêmicos que se estendem muito além da provisão de alimentos, fibras e materiais biocombustíveis. Swinton et al. (2007) observam que muitos serviços prestados pela agricultura são indiretos à atividade fim de produção agrícola e, por isso, são normalmente ignorados, subestimados e não valorizados. Como destacam os autores, são percebidos somente quando ausentes e seus impactos passam a ser evidentes a partir dos serviços que deixaram de ser prestados. Assim, os agroecossistemas podem fornecer uma série de outros serviços de suporte, regulação ou provisão, relacionados à água, solo, carbono e ao clima (Fisher et al., 2009; Power, 2010). O fluxo e o nível de prestação dos serviços dependem dos sistemas de produção, do manejo e das propriedades do ecossistema (Figura 1).

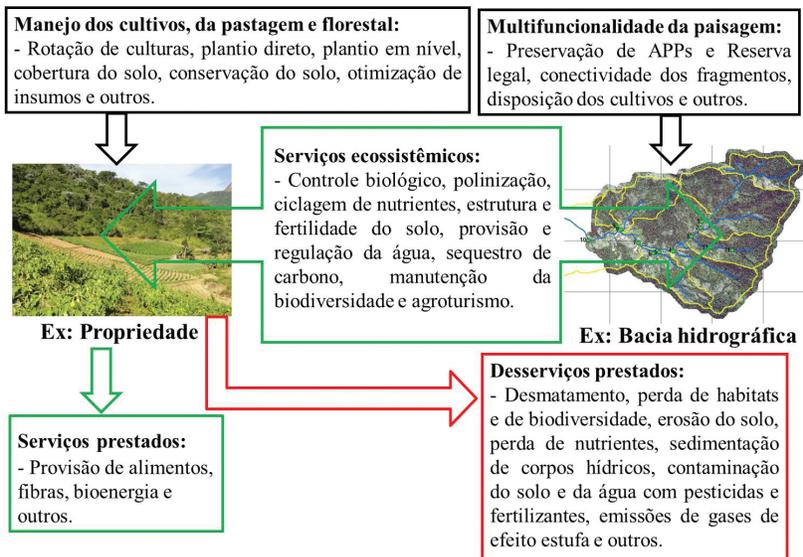


Figura 1. Impactos do manejo agrícola na propriedade e do manejo da paisagem no fluxo de serviços e desserviços ecosistêmicos para os agroecossistemas.

Fonte: Adaptado de Power (2010).

A vegetação natural, por controlar diversos processos intervenientes do fluxo hídrico, como a interceptação, a evapotranspiração e a infiltração, tem o importante papel de regular o fluxo hidrológico nas bacias hidrográficas, regulando a

recarga dos lençóis freáticos e os níveis de base e de ascensão (Maes et al., 2009). Os agroecossistemas podem alterar os fluxos hídricos, modificando a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas. Entretanto, se os sistemas de produção forem manejados em observância à conservação dos solos, preservação de nascentes e recarga dos aquíferos, os agroecossistemas podem preservar a capacidade de produção de água das bacias hidrográficas, prestando, dessa forma, um dos mais relevantes serviços ecossistêmicos, a provisão hídrica.

A capacidade de produção dos solos constitui um dos mais relevantes serviços tanto para os ecossistemas naturais como para os sistemas de produção agrícola. A capacidade de produção depende da qualidade do solo, que, de acordo com Palm et al. (2014), além de se relacionar com vários serviços ecossistêmicos, constitui a chave para produção agrícola. A qualidade dos solos se refere a um conjunto de propriedades físicas, bióticas e químicas (Karlen et al., 1997) que confere a capacidade dos solos em sustentar os vegetais superiores (Wall et al., 2004; Palm et al., 2007). Muitas propriedades qualitativas são determinadas pelas características intrínsecas do solo, como a textura e a composição mineralógica. Contudo, normalmente, essas propriedades podem ser modificadas pela atividade biológica e pela composição e conteúdo da matéria orgânica, que, por sua vez, são fortemente influenciadas pelas práticas de manejo (Oberholzer; Höper, 2007; Palm et al., 2007). Portanto, mais uma vez, as atividades agrícolas exercem um papel primordial, visto que, dependendo de como são manejadas, podem degradar ou manter a qualidade e a capacidade de produção dos solos.

O controle à erosão constitui outro importante serviço ecossistêmico relacionado à preservação dos solos, sobre o qual as atividades agrícolas também têm forte influência. A vegetação natural remanescente e a cobertura manejada dos solos nos sistemas de produção prestam o relevante serviço de controle à erosão, evitando não somente a perda da capacidade produtiva dos solos mas também a sedimentação e a degradação dos corpos hídricos, beneficiando os setores produtivos e toda a sociedade (Fu et al., 2011). Desse modo, o manejo conservacionista dos sistemas de produção, como também da paisagem rural, por meio de programas de gestão ambiental de microbacias, tem destacada atuação na mitigação dos problemas associados à erosão dos solos. O controle à erosão constitui, assim, mais um relevante serviço ecossistêmico que pode e deve ser prestado pelos sistemas agropecuários, por meio da adoção de práticas de manejo que propiciem a contenção dos processos erosivos.

O balanço de carbono, determinado pelas emissões e sequestro de C, relaciona-se diretamente com o setor da agricultura, uma vez que os estoques de C no solo e na biomassa, assim como as emissões de gases de efeito estufa (GEE), como dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4), são fortemente influenciados pelo uso e manejo dos solos. Os sistemas agropecuários, portanto, podem atuar tanto como emissores como sumidouros de C, acentuando ou mitigando o aquecimento global (Palm et al., 2014). A possibilidade em atuar como mitigador do efeito das mudanças climáticas evidencia a importância do manejo sustentável dos sistemas de produção no sentido de se minimizar, neutralizar ou mesmo inverter o sinal das emissões de carbono das atividades agrícolas. Para tal, os sistemas de produção agrícola devem privilegiar estratégias de manejo que minimizem as emissões de GEE e favoreçam a incorporação de carbono, tanto no solo quanto na biomassa. Nesse sentido, as práticas de manejo de solo – como o plantio direto na palha – e de sistemas integrados de produção – como os iLPFs (Integração lavoura-pecuária-floresta) – são fundamentais para a geração de balanços de C mais favoráveis.

A regulação climática constitui outro serviço ecossistêmico no qual a agricultura exerce um importante papel, visto que o uso da terra altera importantes processos biofísicos da superfície terrestre que interferem diretamente no clima. Dentre eles, destacam-se o albedo, os fluxos de energia radiante e partição do ciclo hidrológico (interceptação, infiltração e a evapotranspiração). Segundo a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), a agricultura, contribuindo para atenuar as emissões e o acúmulo de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera, exerce um papel-chave para a regulação climática global. No nível regional, a agricultura influencia a precipitação, a manutenção da temperatura do ar e a evapotranspiração, além de alterações microclimáticas em escala mais localizada.

Além dos serviços de suporte, regulação e provisão, a paisagem rural pode prestar significativos serviços culturais, em termos de vivência cultural, inspiração artística, espiritual, beleza cênica, recreação e turismo, entre outros. A territorialidade e os produtos agrícolas tradicionais, com demarcação e/ou certificação de origem, também agregam valor cultural, qualitativo e monetário à produção de gêneros agropecuários. Segundo Power (2010), a conservação da biodiversidade no meio rural também pode ser considerada um serviço ecossistêmico cultural, uma vez que a maioria das culturas reconhece a valorização da natureza como um valor explicitamente humano.

Serviços ecossistêmicos da agricultura: do local ao global

Os diferentes serviços ecossistêmicos são mediados por processos que ocorrem em diferentes escalas espaciais ou são, pelo menos, evidenciados somente a partir de certa escala de observação, variando desde parcelas agrícolas, paisagem rural, bacias hidrográficas ou mesmo regiões (Zhang et al., 2007). Dessa forma, para uma melhor compreensão dos fluxos de serviços ecossistêmicos prestados pelas atividades agrícolas, faz-se relevante considerá-los a partir de uma perspectiva espaço-temporal mais ampla.

No nível das parcelas de produção, evidenciam-se principalmente os processos e serviços que ocorrem nos solos, como: ciclagem da matéria orgânica e de nutrientes, estabilização e estoque de carbono orgânico, infiltração e retenção de água, entre outros, que são responsáveis pela manutenção da fertilidade e da capacidade de produção biológica dos solos. Nesse nível ou escala de observação, o manejo, tanto dos solos como das culturas, é de importância primordial, visto que tem forte influência sobre todos esses processos. É importante destacar, contudo, que a maioria das práticas agrícolas se limita a esse nível de atuação, ou seja, de manejo das parcelas, carecendo de contemplar uma visão mais ampla da ambiência e das múltiplas relações funcionais que ocorrem entre o campo de produção e a paisagem rural na qual este se insere.

Processos ecológicos ocorrem frequentemente em escalas de observação mais amplas do que as parcelas de produção, tornando a composição da paisagem agrícola um fator essencial do ecossistema no tocante ao fluxo de serviços ecossistêmicos entre os campos de produção agrícola e seu ambiente de entorno (Garbach et al., 2014). Nessa escala de observação, como salienta Swinton et al. (2007), a agricultura é uma atividade dependente não apenas das condições locais do campo de produção, mas também das características das paisagens circundantes. As culturas em campos individuais dependem dos serviços prestados pelos ecossistemas naturais próximos, assim como estes são influenciados pelos campos vizinhos de produção agrícola. Por exemplo, ecossistemas vizinhos fornecem alimento, refúgio e habitat reprodutivo para polinizadores e agentes biocontroladores benéficos para as culturas agrícolas, além de abrigarem organismos potencialmente nocivos às culturas. Por sua vez, insumos, agroquímicos e pesticidas utilizados na agricultura podem impactar os ecossistemas naturais à jusante ou circunvizinhos aos campos cultivados (Zhang et al., 2007).

Os serviços relacionados à estabilidade hidrossedimentológica, ao controle de erosão, à regulação hidrológica e à disponibilidade hídrica constituem processos mais bem evidenciados a partir de uma escala de observação mais ampla, como, por exemplo, da bacia hidrográfica. Em escala regional, evidenciam-se os processos ecossistêmicos decorrentes da agricultura em larga escala geográfica, como a regulação climática e as emissões de gases de efeito estufa.

Contudo, é importante ter em mente que os processos ecossistêmicos não ocorrem de modo compartimentado, mas perpassam as escalas espaciais a partir de uma cadeia de processos interdependentes de causa e efeito. Por exemplo, a dinâmica hidrossedimentológica de uma bacia hidrográfica é observada a partir de uma visão espacial mais ampla; no entanto, a desagregação e o carreamento das partículas de solo estão ocorrendo em cada centímetro quadrado de solo exposto aos fatores causais. As emissões dos gases de efeito estufa também ocorrem em cada centímetro cúbico de solo, mas tem seu efeito evidenciado quando se considera sua expressão regional.

Agricultura: beneficiária e dependente dos serviços ecossistêmicos

A capacidade de produção dos ecossistemas, ou seja, a capacidade de suporte das atividades agrícolas depende de uma série de serviços ecossistêmicos relacionados aos ciclos biogeoquímicos dos ecossistemas terrestres (Zhang et al., 2007).

Dentre os serviços ecossistêmicos de provisão e regulação, a agricultura é extremamente dependente daqueles relacionados ao ciclo hidrológico e à sazonalidade climática que influenciam todo o ciclo fenológico do desenvolvimento vegetal. A dinâmica do ciclo hidrológico desempenha um papel central no funcionamento dos ecossistemas, influenciando diversos ciclos biogeoquímicos, determinando a qualidade da água, a depuração de poluentes e a ciclagem de nutrientes, carbono e nitrogênio (Danesh-Yazdi et al., 2016), com reflexos diretos e indiretos nas atividades agrícolas. A regulação do ciclo hidrológico e a provisão hídrica, tanto para sistemas de produção agrícola dependentes de chuva (sequeiro) como para sistemas irrigados, são serviços ecossistêmicos fundamentais para a sustentabilidade das atividades agrícolas.

Ecossistemas naturais fornecem habitat e alimentos necessários para uma grande diversidade de artrópodes predadores e parasitóides, aves insetívoras e patógenos microbianos que atuam como inimigos naturais de pragas agrícolas e, dessa maneira,

prestam serviços de controle biológico em agroecossistemas (Tschardt et al., 2005). Esses serviços de controle biológico podem reduzir as populações de insetos pragas e plantas daninhas na agricultura, reduzindo a necessidade de pesticidas e beneficiando a agricultura na medida em que potencializam o rendimento agrícola e economizam insumos e recursos financeiros (Cong et al., 2016). Dessa forma, o controle biológico de pragas e patógenos em agroecossistemas constitui um importante serviço ecossistêmico prestado à agricultura pelos ecossistemas naturais (Power, 2010). A polinização constitui outro importante serviço fornecido por habitats naturais em paisagens agrícolas. De acordo com Klein et al. (2006), 75% de todas as espécies de culturas agrícolas, significantes para a produção de alimentos, dependem da polinização por meio da ação de animais, principalmente dos insetos. Conseqüentemente, a manutenção de habitats, em mosaicos de paisagens seminaturais no meio rural, pode contribuir com o aumento da produtividade e sustentabilidade das atividades agrícolas, uma vez que servem de refúgio e abrigo para os organismos benéficos provedores de tais serviços.

Destacam-se ainda outros serviços prestados pelos ecossistemas naturais em benefício da agricultura, como a diversidade genética, a ciclagem de nutrientes e de matéria orgânica que mantém a fertilidade do solo (Power, 2010).

Por fim, cabe ressaltar que os recursos naturais e os serviços ecossistêmicos não são externalidades aos sistemas de produção, mas afetam a própria base de sustentabilidade das atividades agrícolas.

Serviços ecossistêmicos e a multifuncionalidade da paisagem rural

Dependendo do contexto, o termo *multifuncionalidade* da agricultura tem sido utilizado com vários significados no debate sobre políticas agrícolas (OECD, 2001b). Esse conceito se traduz numa abordagem de manejo integral dos agroecossistemas, em um contexto de paisagem, visando, além da provisão de alimentos, garantir a manutenção e a prestação de outros relevantes serviços ecossistêmicos.

A ideia implícita é que a multifuncionalidade da paisagem rural pode ser planejada no sentido de se estabelecer um mosaico variado, onde haja integração das áreas naturais e cultivadas, mantendo assim a dinâmica e os fluxos de serviços ecossistêmicos entre ambas. Por exemplo, a disponibilidade hídrica, em termos de qualidade e quantidade, depende do fluxo da água que é influenciado pelas condições dos agroecossistemas na medida em que a água se move por todos os fragmentos da

paisagem em uma bacia hidrográfica (Brauman et al., 2007). Os solos, por sua vez, constituem sistemas naturais multifuncionais, visto que prestam serviços ecossistêmicos diversos, conferindo benefícios explícitos não somente para os sistemas de produção mas também para toda a sociedade (Dominati et al., 2010; Braat; De Groot, 2012; Hewitt et al., 2015). Desse modo, as paisagens multifuncionais beneficiam os produtores na medida em que mantêm o fluxo de serviços ecossistêmicos em prol da sustentabilidade dos seus sistemas de produção. A abordagem dos serviços ecossistêmicos fornece, dessa maneira, uma base teórico-conceitual adequada para o estabelecimento de métodos de avaliação no sentido de promover a multifuncionalidade da paisagem no meio rural (TEEB, 2015; DeClerck et al., 2016).

Nesse contexto, as Áreas de Preservação Permanente (APP) e a Reserva Legal (RL) exercem um papel preponderante na multifuncionalidade das paisagens rurais, pois garantem, por força legal, a presença de fragmentos naturais em meio às parcelas de produção. Portanto, devem ser mantidas ou restauradas, visando compor uma paisagem diversa que funcione como um ecossistema equilibrado e, conseqüentemente, permita uma produção agrícola mais sustentável (Robertson et al., 2007, 2014).

Além dos mosaicos formados pelas parcelas de produção em meio aos fragmentos naturais, o tipo de sistema de produção também influencia a multifuncionalidade das paisagens no meio rural. Nesse sentido, sistemas de produção agroecológicos ou integrados que promovem maior agrobiodiversidade, normalmente, aumentam o fluxo de serviços essenciais e assim concorrem para a efetivação de paisagens rurais multifuncionais. Entre os sistemas integrados, destacam-se os Sistemas Agroflorestais (SAF) e o sistemas de baixa emissão de carbono, como os iLPF (integração Lavoura, Pecuária e Floresta) e suas variações, que promovem a utilização mais eficiente dos recursos naturais pela integração das atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área. Os SAFs são baseados na prática conhecida por “*land sharing*”, ou seja, compartilham a mesma área de produção com a área de conservação (e.g. Power, 2010), enquanto os sistemas iLPFs apostam nas estratégias de rotação, sucessão e consórcio entre os diferentes elementos do sistema integrado. Contudo, para contemplar a efetiva multifuncionalidade da paisagem rural, além da promoção da agrobiodiversidade por meio dos sistemas integrados, o isolamento de certas áreas para a preservação de ecossistemas naturais se faz primordial (*land sparing*) para a manutenção do fluxo de serviços ecossistêmicos (Phalan et al., 2011).

Além disso, uma paisagem diversa no modelo “*land sharing*” ou “*land sparing*”, capaz de produzir, simultaneamente, serviços de provisão e regulação, possibilita também a geração dos serviços culturais (Fischer et al., 2014; Díaz et al., 2018), uma vez que se torna atrativa à recreação e ao turismo rural e ecológico. Nesse contexto, destaca-se que uma paisagem multifuncional é capaz de gerar renda adicional por meio do agroturismo, pois preserva a beleza cênica entre campos cultivados e ambientes naturais (Grass et al., 2019).

Por fim, além de disseminar as práticas e estratégias capazes de potencializar a multifuncionalidade da paisagem rural, faz-se necessário avançar no estabelecimento de metodologias de avaliação e a valoração dos benefícios que uma paisagem multifuncional pode trazer para a sociedade em geral, visando atrair a atenção da iniciativa privada e de agentes públicos para essa oportunidade, não apenas ambiental, mas de desenvolvimento socioeconômico sustentável do meio rural (Power, 2010; Turkelboom et al., 2016).

Considerações finais

- Diversas são as pressões que o uso da terra, por conta das atividades agrícolas, tem exercido sobre os recursos naturais e serviços ecossistêmicos, sendo potencialmente agravadas pelas mudanças climáticas, com graves consequências aos ecossistemas e à sustentabilidade das sociedades humanas. Por outro lado, vimos que a agricultura pode prover, além da provisão primária de alimentos, fibras e outros bens, diversos serviços ecossistêmicos de regulação e provisão que são essenciais para estabilidade dos ecossistemas e sustentabilidade ambiental. Além disso, a agricultura, sem os devidos cuidados conservacionistas, pode impactar diversos processos ecossistêmicos que não são externalidades ao sistema, mas ameaçam a própria base de sustentação da produção, por ser intrinsecamente dependente dos serviços ecossistêmicos.
- É importante contemplar a multifuncionalidade da paisagem rural e compreender que os serviços ecossistêmicos ocorrem em múltiplas escalas – do local ao global. Dessa forma, é muito importante para a sustentabilidade do setor agropecuário que a multifuncionalidade da paisagem rural seja promovida, diversificando a produção agrícola e preservando a biodiversidade por meio da manutenção de remanescentes de vegetação natural em meio às parcelas de produção, garantindo assim a prestação de diferentes categorias de serviços ecossistêmicos.
- Nesse contexto, a agricultura constitui um setor econômico chave na edificação de um modelo de desenvolvimento socioeconômico efetivamente sustentável, visto que é diretamente beneficiária, dependente e prestadora de

serviços ecossistêmicos. O desafio do setor, portanto, é garantir a produção futura de alimentos e, ao mesmo tempo, conservar os recursos naturais, mitigar os impactos ambientais e manter o fluxo de serviços ecossistêmicos.

- Por fim, a visão da Embrapa no relevante tema “Agricultura e Serviços Ecossistêmicos” pode ser assim resumida:

“Sendo imprescindível para a manutenção da sociedade humana, a agricultura fornece, prioritariamente, serviços de provisão de alimentos, fibras, fármacos, biocombustíveis, entre outros. Mas, muito além da provisão primária de bens de consumo diretos, a agricultura presta relevantes serviços de regulação de processos ecossistêmicos relacionados aos ciclos biogeoquímicos naturais. Acresce a esses a prestação de serviços culturais relacionados à paisagem e à ambiência rural.”

“A agricultura, sem os devidos cuidados conservacionistas, pode impactar diversos processos ecossistêmicos que não são externalidades ao sistema, mas ameaçam a própria base de sustentação da produção agrícola, por ser intrinsecamente dependente dos serviços de suporte dos ecossistemas terrestres. A agricultura é, portanto, ao mesmo tempo, provedora e dependente dos serviços ecossistêmico.”

Referências

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8. ed. São Paulo: Icone, 2012. 355 p.
- BRAAT, L. C.; DE GROOT, R. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. **Ecosystem Services**, v. 1, n. 1, p. 4-15, Jul. 2012. DOI: 10.1016/j.ecoser.2012.07.011.
- BRAUMAN, K. A.; DAILY, G. C.; DUARTE, T. K.; MOONEY, H. A. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, p. 67-98, 2007. DOI: annurev.energy.32.031306.102758.
- BUSTAMANTE, M. M. C.; NOBRE, C. A.; SMERALDI, R.; AGUIAR, A. P. D.; BARIONI, L. G.; FERREIRA, L. G.; LONGO, K.; MAY, P.; PINTO, A. S.; OMETTO, J. P. H. B. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. **Climatic Change**, v. 115, n. 3/4, p. 559-577, Dec. 2012. DOI: 10.1007/s10584-012-0443-3. CONG, R.-G.; EKROOS, J.; SMITH, H. G.; BRADY, M. V. Optimizing intermediate ecosystem services in agriculture using rules based on landscape composition and configuration indices. **Ecological Economics**, v. 128, p. 214-223, Aug. 2016. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2016.05.006.

DANESH-YAZDI, M.; FOUFOULA-GEORGIU, E.; KARWAN, D. L.; BOTTER, G. Inferring changes in water cycle dynamics of intensively managed landscapes via the theory of time-variant travel time distributions. **Water Resources Research**, v. 52, n. 10, p. 7593-7614, Oct. 2016. DOI: 10.1002/2016WR019091.

DECLERCK, F. A. J.; JONES, S. K.; ATTWOOD, S.; BOSSIO, D.; GIRVETZ, E.; CHAPLIN-KRAMER, B.; ENFORS, E.; FREMIER, A. K.; GORDON, L. J.; KIZITO, F.; LOPEZ NORIEGA, I.; MATTHEWS, N.; MCCARTNEY, M.; MEACHAM, M.; NOBLE, M.; QUINTERO, M.; REMANS, R.; SOPPE, R.; WILLEMEN, L.; WOOD, S. L. R.; ZHANG, W. Agricultural ecosystems and their services: the vanguard of sustainability? **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 23, p. 92-99, Dec. 2016. DOI: 10.1016/j.cosust.2016.11.016.

DÍAZ, S.; PASCUAL, U.; STENSEKE, M.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; WATSON, R. T. et al. Assessing nature's contributions to people: recognizing culture, and diverse sources of knowledge, can improve assessments. **Science**, v. 359, n. 6373, p. 270-272, Jan. 2018. DOI: 10.1126/science.aap8826.

DOMINATI, E.; PATTERSON, M.; MACKAY, A. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. **Ecological Economics**, v. 69, n. 9, p. 1858-1868, Jul. 2010. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2010.05.002.

FAO. **Water for sustainable food and agriculture**: a report produced for the G20 presidency of Germany. Rome, 2017. 27 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i7959e.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

FAO. **The state of the world's biodiversity for food and agriculture**. Rome, 2019. 572 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2019>.

FERREIRA, L. G.; SOUSA, S. B. de; ARANTES, A. E. **Radiografia das pastagens do Brasil**. Goiânia: Edição dos Autores, 2014. 214 p.

FIRBANK, L. G.; ATTWOOD, S.; EORY, V.; GADANAKIS, Y.; LYNCH, J. M.; SONNINO, R.; TAKAHASHI, T. Grand challenges in sustainable intensification and ecosystem services. **Frontiers in Sustainable Food System**, v. 2, article 7, Mar. 2018. DOI: 10.3389/fsufs.2018.00007.

FISHER, B.; TURNER, R. K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 643-653, Jan. 2009. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2008.09.014.

FISCHER, J.; ABSON, D. J.; BUTSIC, V.; CHAPPELL, M. J.; EKROOS, J.; HANSPACH, J.; KUEMMERLE, T.; SMITH, H. G.; VON WEHRDEN, H. Land sparing versus land sharing: moving forward. **Conservation Letters**, v. 7, n. 3, p. 149-157, May/Jun. 2014. DOI: 10.1111/conl.12084.

FU, B.; LIU, Y.; LÜ, Y.; HE, C.; ZENG, Y.; WU, B. Assessing the soil erosion control service of ecosystems change in the Loess Plateau of China. **Ecological Complexity**, v. 8, n. 4, p. 284-293, Dec. 2011. DOI: 10.1016/j.ecocom.2011.07.003.

GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; PELLEGRIN, L. A. (Ed.). **Impactos ambientais e socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari - Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. 356 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38652/1/Livro025.pdf>>. Acesso em 28 fev. 2018.

GARBACH, K.; MILDER, J. C.; MONTENEGRO, M.; KARP, D. S.; DE CLERCK, F. A. J. Biodiversity and ecosystem services in agroecosystems. **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, v. 2, p. 21-40, 2014. DOI: 10.1016/B978-0-444-52512-3.00013-9.

GARCIA, E.; RAMOS FILHO, F. S. V.; MALLMANN, G. M. M.; FONSECA, F. Costs, benefits and challenges of sustainable livestock intensification in a major deforestation frontier in the Brazilian Amazon. **Sustainability**, v. 9, n. 1, article 158, Jan. 2017. DOI: 10.3390/su9010158.

GRASS, I.; LOOS, J.; BAENSCH, S.; et al. Land-sharing/-sparing connectivity landscapes for ecosystem services and biodiversity conservation. **People and Nature**, v. 1, n. 2, p. 262-272, Jun. 2019. DOI: 10.1002/pan3.21.

HEWITT, A.; DOMINATI, E.; WEBB, T.; CUTHILL, T. Soil natural capital quantification by the stock adequacy method. **Geoderma**, v. 241/242, p. 107-114, Mar. 2015. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.11.014.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation: (a guest editorial). **Soil Science Society America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, Jan./Feb. 1997. DOI: 10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x.

KLEIN, A.-M.; VAISSIÈRE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: biological sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2006. DOI: 10.1098/rspb.2006.3721.

LAL, R. Promoting “4 per thousand” and “adapting african agriculture” by south-south cooperation: conservation agriculture and sustainable intensification. **Soil & Tillage Research**, v.188, p. 27-34, May 2019. DOI: 10.1016/j.still.2017.12.015.

LANDIS, D. A. Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. **Basic and Applied Ecology**, v. 18, p. 1-12, Feb. 2017. DOI: 10.1016/j.baae.2016.07.005.

LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. N.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H.; JOLY, C. A.; LEITE, C. C.; MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. B. N.; VIEIRA, I. C. G. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 27-35, 2014. DOI: 10.1038/nclimate2056.

MAES, W. H.; HEUVELMANS, G.; MUYS, B. Assessment of land use impact on water-related ecosystem services capturing the integrated terrestrial-aquatic system. **Environmental Science & Technology**, v. 43, n. 19, p. 7324-7330, 2009. DOI: 10.1021/es900613w.

MAINSTREAMING agrobiodiversity in sustainable food systems: scientific foundations for an agrobiodiversity index. Rome: Bioversity International, 2017. Disponível em: <https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/Mainstreaming_Agrobiodiversity/Mainstreaming_Agrobiodiversity_Sustainable_Food_Systems_WEB.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2019.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being**: synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005. Disponível em: <<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>>. Acesso em 27 maio 2019.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being**: a framework for assessment. Washington, DC: Island Press, 2003. Disponível em: <http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf>. Acesso em: 27 maio 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório técnico de monitoramento do desmatamento no Bioma Cerrado, 2002 a 2008: dados revisados**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <>. Acesso em: 13 jun. 2019.

OBERHOLZER, H. R.; HÖPER, H. Soil quality assessment and long-term field observation with emphasis on biological soil characteristics. In: BENCKISER, G.; SCHNELL, S. (Ed.). **Biodiversity in agricultural production systems**. Boca Raton: CRC Press, 2007. cap. 20, p. 399-424. DOI: 10.1201/b13577-24.

OECD. Glossary: agroecosystem. In: OECD. **Environmental indicators for agriculture**: methods and results. Paris, 2001a. v. 3, p. 399. DOI: 10.1787/9789264188556-en.

OECD. **Multifunctionality**: towards an analytical framework. Paris, 2001b. 160 p. DOI: 10.1787/9789264192171-en.

OLIVEIRA SILVA, R. de; BARIONI, L. G.; HALL, J. A. J.; MATSUURA, M. F.; ALBERTINI, T. Z.; FERNANDES, F. A.; MORAN, D. Increasing beef production could lower green-house gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. **Nature Climate Change**, v. 6, p. 493-497, 2016. DOI: 10.1038/nclimate2916.

PALM, C.; BLANCO-CANQUI, H.; DECLERCK, F.; GATERE, L.; GRACE, P. Conservation agriculture and ecosystem services: an overview. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 187, p. 87-105, Apr. 2014. DOI: 10.1016/j.agee.2013.10.010.

PALM, C.; SANCHEZ, P.; AHAMED, S.; AWITI, A. Soils: a contemporary perspective. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, p. 99-129, 2007. DOI: 10.1146/annurev.energy.31.020105.100307.

PERES, F.; MOREIRA, J. (Org.). **É veneno ou é remédio?**: agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003. 384 p. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/sg3mt/pdf/peres-9788575413173.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2019.

PHALAN, B.; ONIAL, M.; BALMFORD, A.; GREEN, R. E. Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared. **Science**, v. 333, n. 6047, p. 1289-1291, Sept. 2011. DOI: 10.1126/science.1208742.

POMPEU, J.; SOLER, L.; OMETTO, J. Modelling land sharing and land sparing relationship with rural population in the Cerrado. **Land**, v. 7, article 88, 2018. DOI: 10.3390/land7030088.

POWER, A. G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: biological sciences**, v. 365, n. 1554, p. 2959-2971, Sept. 2010. DOI: 10.1098/rstb.2010.0143.

- PRADO, R. B.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; MARQUES, G. F. Uso e gestão da água: desafios para a sustentabilidade no meio rural. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, n. 2, p. 43-48, maio/ago. 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/167338/1/2017-043.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2019.
- RENTING, H.; ROSSING, W. A. H.; GROOT, J. C. J.; VAN DER PLOEG, J. D.; LAURENT, C.; PERRAUD, D.; STOBELAAR, D. J.; VAN ITTERSUM, M. K. Exploring multifunctional agriculture: a review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. S112-S123, May 2009. Suplemento 2. DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.11.014.
- ROBERTSON, G. P.; BURGER JUNIOR, L. W.; KLING, C. L.; LOWRANCE, R.; MULLA, D. J. New approaches to environmental management research at landscape and watershed scales. In: SCHNEPF, M.; COX, C. (Ed.). **Managing agricultural landscapes for environmental quality: strengthening the science base**. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 2007. p. 27-50. ROBERTSON, G. P.; GROSS, K. L.; HAMILTON, S. K.; LANDIS, D. A.; SCHMIDT, T. M.; SNAPP, S. S.; SWINTON, S. M. Farming for ecosystem services: an ecological approach to production agriculture. **BioScience**, v. 64, n. 5, p. 404-415, Apr. 2014. DOI: 10.1093/biosci/biu037. SCHULTE, R. P. O.; CREAMER, R. E.; DONNELLAN, T.; FARRELLY, N.; FEALY, R.; O'DONOGHUE, C.; O'HUALLACHAIN, D. Functional land management: a framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. **Environmental Science & Policy**, v. 38, p. 45-58, Apr. 2014. DOI: 10.1016/j.envsci.2013.10.002 .
- SCHULZ, C.; et al. Physical, ecological and human dimensions of environmental change in Brazil's Pantanal wetland: synthesis and research agenda. **Science of the Total Environment**, v. 687, p. 1011-1027, Oct. 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.023.
- SWINTON, S. M.; LUPI, F.; ROBERTSON, G. P.; HAMILTON, S. K. Ecosystem services and agriculture: cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. **Ecological Economics**, v. 64, n. 2, p. 245-252, Dec. 2007. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.09.020.
- TEEB. **TEEB for agriculture & food: an interim report**. Geneva, 2015. Disponível em: <http://img.teebweb.org/wp-content/uploads/2016/01/TEEBAgFood_Interim_Report_2015_web.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2019.
- TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C. Perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. **Ecology Letters**, v. 8, n. 8, p. 857-874, Aug. 2005. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x.
- TURKELBOOM, F.; THOONEN, M.; JACOBS, S.; GARCÍA-LLORENTE, M.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; BERRY, P. Ecosystem services trade-offs and synergies. In: POTSCHIN, M.; JAX, K. (Ed.). **OpenNESS Ecosystem Services Reference Book**. EC FP7 Grant Agreement no. 308428. Tilburg: European Centre for Nature Conservation, 2016. Disponível em: <<http://www.openness-project.eu/library/reference-book/sp-ecosystem-service-trade-offs-and-synergies>>. Acesso em: 27 jun. 2019.
- VERGARA, W.; SCHOLZ, S. M. (Ed.). **Assessment of the risk of Amazon dieback**. Washington, DC: World Bank, 2011. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/pt/228631468015874565/pdf/580370PUB0Asse10Box353792B01PUBLIC1.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2019.

WALL, D. H.; BARDGETT, R. D.; COVICH, A. P.; SNELGROVE, P. V. The need for understanding how biodiversity and ecosystem functioning affect ecosystem services in soils and sediments. In: WALL, D. H. (Ed.). **Sustaining biodiversity and ecosystem services in soils and sediments**. Washington, DC: Island Press, 2004. p. 1-12.

ZHANG, W.; RICKETTS, T. H.; KREMEN, C.; CARNEY, K.; SWINTON, S. M. Ecosystem services and disservices to agriculture. **Ecological Economics**, v. 4, n. 2, p. 253-260, Dec. 2007. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.02.024.

