

# Marco Referencial em Serviços Ecosistêmicos



*Editores:*

*Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz*

*Rachel Bardy Prado*

*Lucília Maria Parron*

*Mônica Matoso Campanha*

**Embrapa**

*Para atingirmos a harmonia entre a produção agropecuária e a conservação, temos que trabalhar em prol da multifuncionalidade da paisagem rural, tendo o uso adequado da terra um papel fundamental para trazer benefícios econômicos, ambientais e sociais. Nesse contexto, o sistema solo, quando corretamente manejado, é responsável pela provisão de diversos serviços ecossistêmicos que vão além da provisão de alimentos, como o estoque de carbono, regulação do ar, controle da erosão e a provisão e regulação da água, entre outros. Esses e outros conceitos, políticas e perspectivas de pesquisa, desenvolvimento e inovação são apresentados nesta obra pelos pesquisadores da Embrapa, que muito têm se empenhado para avançar no relevante tema, visando à sustentabilidade da agropecuária nacional.*

**José Carlos Polidoro**  
Chefe-Geral da Embrapa Solos

*O setor agropecuário ainda não considera a provisão de serviços ecossistêmicos como um mecanismo para a sustentabilidade do agronegócio. Porém, a tendência é que a abordagem ecossistêmica que considera, além dos aspectos econômicos, também os aspectos ambientais e sociais, faça parte do futuro da agricultura. Por isso, a Embrapa organizou o portfólio Serviços Ambientais, que conta com uma carteira de projetos e de resultados de pesquisa. O mérito dos marcos referenciais é a sua contribuição para o debate sobre as bases conceituais, no sentido de uma construção*

*coletiva de programas institucionais. O Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos, publicado pela Embrapa, vem em boa hora, porque apresenta o conhecimento disponível, discute os principais instrumentos legais e políticos e indica tendências para a pesquisa envolvendo agricultura e serviços ecossistêmicos. Os muitos autores deste livro estão de parabéns pelo trabalho.*

**Edson Tadeu Iede**  
Chefe-Geral da Embrapa Florestas

*O Brasil, como um dos mais importantes produtores de alimentos no mundo, tem um grande desafio de manter o crescimento da produção agropecuária e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos dessa produção sobre os recursos naturais. A manutenção dos recursos da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos associados confere uma grande oportunidade de promover a prosperidade socioeconômica e incluir o País em uma agenda global para o setor agropecuário, alinhada com o desenvolvimento sustentável. A presente obra convida o leitor a participar do panorama sobre como a Embrapa tem captado e gerenciado o tema em prol da sociedade brasileira, apresentando o conceito de serviços ecossistêmicos, seu histórico, as políticas públicas, sua relação com a agricultura e discutindo os desafios de pesquisa, inovação e perspectivas futuras.*

**Antonio Alvaro Corsetti Purcino**  
Chefe-Geral da Embrapa Milho e Sorgo

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Solos  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos**

*Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz  
Rachel Bardy Prado  
Lucília Maria Parron  
Mônica Matoso Campanha*

Editores Técnicos

**Embrapa**  
Brasília, DF  
2019

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Solos**  
Rua Jardim Botânico, 1024  
CEP 22460-000 Rio de Janeiro, RJ  
Fone: (21) 2179-4500  
Fax: (21) 2274-5291  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

**Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição**

Embrapa Solos

**Comitê Local de Publicações da Embrapa Solos**

Presidente

*Vinicius de Melo Benites*

Secretária-Executiva

*Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros

*Adriana Vieira de Camargo de Moraes*

*Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira*

*Enyomara Lourenço Silva*

*Evaldo de Paiva Lima*

*Joyce Maria Guimarães Monteiro*

*Luciana Sampaio de Araujo*

*Maria Regina Capdeville Laforet*

*Maurício Rizzato Coelho*

*Ricardo de Oliveira Dart*

*Wenceslau Geraldes Teixeira*

Supervisão editorial  
*Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisão de texto  
*Marcos Antônio Nakayama*

Normalização bibliográfica  
*Luciana Sampaio de Araujo*

Capa  
*Eduardo Guedes de Godoy*

Fotos da capa  
*Joice Nunes Ferreira*

*Mônica Matoso Campanha*  
*Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz*

*Rachel Bardy Prado*  
*Paulo Luiz Lanzetta Aguiar*

Editoração eletrônica  
*Alexandre Abrantes Cotta de Mello*

**1ª edição**

1ª impressão (2019): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Solos

---

Marco referencial em serviços ecossistêmicos / Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz ... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2019.  
160 p. : il. color.

ISBN 978-85-7035-909-4

1. Serviços ambientais. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Agricultura. I. Ferraz, Rodrigo Peçanha Demonte. II. Prado, Rachel Bardy. III. Parron, Lucília Maria. IV. Campanha, Mônica Matoso. V. Embrapa Solos.

CDD 577

# Autores

**Adriana Reatto dos Santos Braga**

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência da Terra, pesquisadora da Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília, DF

**Aluisio Granato de Andrade**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Ana Paula Dias Turetta**

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências do Solo, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira**

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Carlos Roberto Martins**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Débora Pignatari Drucker**

Engenheira Florestal, doutora em Ambiente e Sociedade, pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

**Elaine Cristina Cardoso Fidalgo**

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

**Elenice Fritzsons**

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

**Enio Egon Sosinski Junior**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ecologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Gustavo Bayma Siqueira da Silva**

Geógrafo, mestre em Sensoriamento Remoto, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

**Ivan Bergier Tavares de Lima**

Biólogo, doutor em Ciências, pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

**Joice Nunes Ferreira**

Bióloga, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

**Joyce Maria Guimarães Monteiro**

Engenheira-agrônoma, doutora em Planejamento Energético, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Leandro Bochi da Silva Volk**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS

**Lilian Terezinha Winckler**

Engenheira-agrônoma, doutora em Ecologia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

**Luciano Mansor de Mattos**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Desenvolvimento Econômico, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

**Lucília Maria Parron**

Bióloga, doutora em Ecologia de Ecossistemas, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

**Luiz Fernando Duarte de Moraes**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ

**Margareth Gonçalves Simões**

Engenheira civil, doutora em Geografia, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Mônica Matoso Campanha**

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

**Rachel Bardy Prado**

Bióloga, doutora em Ciência da Engenharia Ambiental, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Rafael Gonçalves Tonucci**

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE

**Ricardo Trippia dos Guimarães Peixoto**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Meio Ambiente, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Sandra Aparecida Santos**

Zootecnista, doutora em Zootecnia, pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

**Sérgio Ahrens**

Engenheiro florestal, advogado, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR



# Sumário

Serviços ecossistêmicos: uma abordagem conceitual .....	19
Introdução .....	20
O que são os serviços ecossistêmicos ou ambientais? .....	20
O que são as funções ecossistêmicas? .....	23
Quais são as relações entre as funções e os serviços ecossistêmicos? .....	24
Quais são os tipos de serviços ecossistêmicos? .....	26
Desserviços ecossistêmicos, conflitos ( <i>trade-offs</i> ) e sinergia entre os serviços ecossistêmicos .....	30
Multifuncionalidade e pacotes de serviços ecossistêmicos ( <i>Bundles</i> ) .....	32
Considerações finais .....	32
Referências .....	33
Serviços ecossistêmicos: histórico e evolução .....	37
Introdução .....	38
Como surgiram os serviços ecossistêmicos? .....	38
Gerando valor para os serviços ecossistêmicos .....	42
Evolução das iniciativas de Pagamento por Serviços Ambientais no Brasil .....	44
Serviços ecossistêmicos para a sustentabilidade da agricultura, na pesquisa da Embrapa .....	46
Considerações finais .....	48
Referências .....	49
Serviços ecossistêmicos: instrumentos legais e políticos no Brasil .....	57
Introdução .....	58
Como ocorre a abordagem dos serviços ecossistêmicos nos instrumentos legais e políticos brasileiros? .....	59
Quais são os principais instrumentos legais e políticos relacionados aos serviços ecossistêmicos no Brasil? .....	62
Considerações finais .....	81
Referências .....	82

Serviços Ecosistêmicos: relações com a agricultura .....	89
Introdução .....	90
A agricultura e os impactos nos serviços ecosistêmicos .....	91
Serviços ecosistêmicos da agricultura: além da provisão de alimentos .....	93
Serviços ecosistêmicos da agricultura: do local ao global .....	97
Agricultura: beneficiária e dependente dos serviços ecosistêmicos .....	98
Serviços ecosistêmicos e a multifuncionalidade da paisagem rural .....	99
Considerações finais .....	101
Referências .....	102
Serviços ecosistêmicos: pesquisa, desenvolvimento e inovação .....	109
Introdução .....	110
Qual é a importância da pesquisa, desenvolvimento e inovação em serviços ecosistêmicos para o Brasil? .....	110
Como se faz pesquisa, desenvolvimento e inovação em serviços ecosistêmicos? ....	111
Quais são as linhas temáticas da PD&I em serviços ecosistêmicos na Embrapa? .....	112
Quais são as estratégias da Embrapa na programação de PD&I em serviços ecosistêmicos? .....	114
O que pode ser oferecido à sociedade como solução com base nas pesquisas: transferência do conhecimento e tecnologias em serviços ecosistêmicos? .....	116
A PD&I na Embrapa em serviços ecosistêmicos e a adoção da Agenda 2030 e dos Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS): desafios atuais e visão de futuro .....	117
Considerações finais .....	118
Referências .....	119

# Agradecimentos

Agradecemos a todos os autores que se dedicaram a cada um dos cinco capítulos que, por meio das discussões temáticas, redação, comentários e sugestões, prestaram inestimável contribuição para a realização desta obra. Lembrando que é uma realização da equipe e uma conquista de todos, recebam o nosso muito obrigado!

Nesse contexto, agradecemos também a todos os revisores que muito agregaram na melhoria do conteúdo e forma da redação final. Não poderíamos deixar de agradecer também aos colegas do Comitê Local de Publicação da Embrapa Solos pela dedicação e empenho, sem os quais não seria possível a publicação deste documento.

Muito agradecemos, também, ao Dr. Silvio Crestana por ter, amavelmente, aceitado o nosso convite para prefaciar o Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos. Suas luzentes palavras em muito enobrecem esta obra.

Por último, mas não menos importante, os editores agradecem aos chefes da Embrapa Solos, Embrapa Florestas e Embrapa Milho e Sorgo pelo imprescindível apoio institucional, sem o qual não conseguiríamos lograr êxito na consecução da obra.



"Não é a terra que é frágil. Nós é que somos frágeis. A natureza tem resistido a catástrofes muito piores do que as que produzimos. Nada do que fazemos destruirá a natureza. Mas podemos facilmente nos destruir."

James Lovelock, ambientalista



# Apresentação

Seguindo uma tendência global, a sociedade brasileira, cada vez mais informada e consciente, tem demonstrado uma crescente preocupação com o meio ambiente e com a sustentabilidade e a responsabilidade socioambiental dos sistemas de produção.

Atenta a esta realidade, a Embrapa vem atuando fortemente em pesquisa e desenvolvimento em prol da sustentabilidade socioeconômica e ambiental da agricultura brasileira. Neste contexto, induziu a organização de uma rede de pesquisa especializada em Serviços Ecossistêmicos, formada por um grande número de pesquisadores que atuam nos diversos biomas brasileiros. Atualmente, a extensa carteira de projetos da empresa sobre o referido tema está organizada no Portfólio de Serviços Ambientais.

Visando compartilhar com a sociedade brasileira a percepção e a visão, presente e futura, da empresa sobre o relevante tema dos Serviços Ecossistêmicos, os editores, em nome da Embrapa, com grande satisfação apresentam a presente obra, intitulada: Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos.

Esta obra visa ainda balizar a atuação institucional da Embrapa no tocante a sua programação de P&DI no tema dos serviços ecossistêmicos, posicionando a empresa frente a esta importante demanda da sociedade brasileira.

O documento se inicia com um capítulo conceitual, que fornece informações atuais para subsidiar a compreensão das discussões dos demais capítulos. O segundo capítulo traça um histórico e apresenta o estado da arte da atuação no tema, no Brasil e no mundo, destacando também as iniciativas da Embrapa e de seus parceiros. O terceiro capítulo apresenta e discute os principais instrumentos legais e políticos relacionados ao tema, apresentando as possibilidades de contribuição da Embrapa neste tocante. O quarto capítulo aborda a relação entre os Serviços Ecossistêmicos e a Agricultura, apresentando suas inter-relações, conflitos e sinergias. E por fim o quinto capítulo apresenta e discute aspectos relacionados à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação, com destaque para as oportunidades e os desafios.

A nossa expectativa é que a presente obra possa disseminar a atuação da Embrapa e parceiros e ampliar a interação e cooperação com os diferentes setores da sociedade no relevante tema dos Serviços Ecossistêmicos. Como resultados efetivos, esperamos contribuir para conciliar a produção agrícola com a manutenção ou a maior provisão dos serviços ecossistêmicos no meio rural. Valorizando também o produtor rural como o principal ator da adequação agroambiental e aliado da conservação, tão necessárias ao desenvolvimento sustentável de nosso país.

*Os editores*

## Prefácio

Em primeiro lugar, congratulo-me com todos aqueles que contribuíram para viabilizar esse Marco Referencial em Serviços Ecosistêmicos. Essa iniciativa que envolveu várias unidades de pesquisa e diferentes “expertises” exalta o protagonismo e a vitalidade da Embrapa e parceiros em institucionalizar, na Empresa e no País, o enfoque ecossistêmico – essa nova fronteira mundial da inovação e do desenvolvimento científico, tecnológico e socioeconômico. Esse fato vem fortalecer significativamente e dar continuidade a iniciativas estratégicas e pioneiras da Embrapa iniciadas em 2006 com o lançamento do Marco Referencial em Agroecologia e do Plano Nacional em Agroenergia e, posteriormente, em 2011, com o Marco Referencial em Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Nesse bojo, soma-se ainda, em 2016, o lançamento dos marcos regulatórios em pesquisa e desenvolvimento visando ao acesso ao patrimônio genético, ao conhecimento tradicional, à exploração econômica de produtos e processos e repartição de benefícios. Para avançar nesse contexto, faz-se necessário contemplar a tendência mundial e “fazer a lição de casa” naquilo que depende de nós, tanto para se adaptar aos novos tempos como para aproveitar as novas oportunidades advindas dos ecossistemas, desenvolvendo nosso potencial e, assim, contribuindo ao progresso do País e da humanidade.

Vale constatar que, no âmbito mundial, a bioeconomia emerge como uma das principais forças motrizes para ajudar na solução dos desafios inerentes à “tempestade perfeita” que se abate sobre o nexus alimento, água e energia em tempos de crescimento populacional explosivo e com perfil urbano e de classe média e de maior longevidade criando novos hábitos de consumo. Para que o Nexus tenha nexos, a bioeconomia se propõe a reunir o conjunto de atividades econômicas baseadas no uso de recursos biológicos (biomassa) renováveis no lugar de matérias-primas fósseis para a produção de alimentos, rações, novos materiais, produtos químicos, combustíveis e energia para a geração e promoção de saúde, desenvolvimento sustentável, crescimento e bem-estar para a sociedade. Assim, espera-se que a economia brasileira, nas próximas décadas, incorpore em sua matriz a promoção de produtos biológicos sustentáveis de alto valor, derivados da agricultura, alimentação, saúde, bioenergia e química verde, que deverão ser eficazes, eficientes e vantajosos do ponto de vista ambiental, social e econômico. Devido às suas dimensões territoriais, ao uso sustentável dos recursos biológicos renováveis e da biodiversidade nacional no lugar de matérias-primas fósseis, o País tem pleno potencial para

desenvolver bionegócio e bioprodutos. Desse modo, poderá dar importante contribuição às metas dos Objetivos do milênio de desenvolvimento sustentável e na economia circular, ajudando a construir uma nova geopolítica baseada na busca da abundância a partir da escassez. Para tal, terá que alicerçar um robusto sistema de inovação baseado na excelência educacional, científica e de negócios. É nesse cenário que ganham relevância e prioridade o conceito e a implementação dos Serviços Ecosistêmicos, tão bem abordados neste Marco Referencial.

Concomitantemente à bioeconomia, está surgindo uma nova economia, a economia digital, que possui ingredientes para construir soluções que atendam às necessidades das seguranças do nexus alimento, água e energia e da bioeconomia. Ela está mudando a maneira de produzir bens, serviços, valores e conhecimento, de fazer negócios e de se relacionarem os seres humanos, entre si e com a natureza. Na agricultura, é a nova onda tecnológica da indústria e da agricultura digital sustentada na convergência tecnológica que integra bits, genes, átomos, moléculas e neurônios. A economia digital, por meio da conectividade e de sensores, integra a automação com veículos autônomos, pessoas, animais e faz uso da robótica, da computação nas nuvens e big data. Além disso, em conjunto com as tecnologias convergentes – tecnologia de informação e comunicação, biotecnologia, nanotecnologia e ciências cognitivas – traz novos e inimagináveis horizontes à solução dos grandes problemas mundiais e nacionais, incluindo os de natureza ambiental. Em outras partes do mundo desenvolvido ou mesmo dos emergentes, as ciências cognitivas começam a ocupar espaço importante na prática e na gestão dos negócios e das estratégias, por meio da inteligência artificial, da robótica, da mecatrônica ou da neurolinguística, além da incorporação de disciplinas como filosofia, antropologia e psicologia. Avanços tecnológicos promissores, convergentes e interdisciplinares estão previstos, no horizonte de uma década, como tecnologia 5G, computação quântica, realidade virtual, realidade aumentada, impressão 3D em alta resolução, disponibilidade e acesso à “constelação de satélites” assim como o uso de tecnologia “blockchain” para registrar, integrar dados e informações de percepção pública, além dos biofísicos e socioeconômicos.

Aproveitar o que já está disponível e tirar proveito dos fluxos nacionais e mundiais de conhecimento, juntando a *hard-science* com a *soft-science*, é uma grande oportunidade para a criatividade e o empreendedorismo. Nessa perspectiva, reconhecer as dimensões da heterogeneidade e da complexidade inerente aos sistemas naturais e humanos é parte do mesmo todo, hoje cada vez mais possível e necessário. Nesse sentido, toda atenção se faz essencial para não cair na visão simplista e

equivocada do reducionismo mercantilista da natureza quando se pretende incluir as novas funções do ecossistema em sistemas de preços e relações de mercado, tarefa fundamental para valorar e monetizar as externalidades positivas ou reverter as negativas, como na oportuna proposição do pagamento por serviços ambientais. Outra vertente equivocada seria limitar a natureza a uma visão meramente utilitarista quando se interpretam os estoques de capital natural unicamente como fornecedores de bens e serviços diversos para as sociedades humanas. Há benefícios intangíveis como conhecimento tradicional, turismo, beleza cênica, recreação, valores espirituais que se traduzem na multifuncionalidade territorial e que precisam ser captados na plataforma dos serviços ecossistêmicos. Do ponto de vista da pesquisa, da tecnologia, da inovação e da geração de conhecimentos, é imprescindível trocar as tecnologias de produtos por aquelas de processo, os projetos de curto prazo por programas de pesquisa mais perenes, integrar as pesquisas analíticas às sistêmicas, contemplar simultaneamente as escalas de propriedade agrícola e as de bacia hidrográfica, para isso desenvolvendo indicadores e métricas apropriadas.

A dupla tarefa de produzir e conservar sistemas, nas suas várias dimensões, remete ao desafio de construir a sustentabilidade e ao problema científico-tecnológico de lidar com a complexidade e com a outra face da sustentabilidade, que é a resistência e a resiliência de sistemas. Evitar os desserviços ambientais, como a degradação dos solos, das águas, da atmosfera, da biodiversidade, da cultura e da paisagem é uma outra maneira de ver o problema. Portanto, recuperar áreas degradadas e construir agroecossistemas sustentáveis passa a ser um *estupendo mister*. A intensificação sustentável baseada na produtividade, estabilidade, sustentabilidade, resistência, resiliência e invulnerabilidade dos sistemas de produção é uma boa solução.

Uma consequência, do ponto de vista dos recursos humanos, para atender essa nova ordem, em construção, se traduz na demanda crescente por novos profissionais. Eles devem ser capazes de trabalhar em equipes globalmente integradas para aplicar e agregar o máximo de valor, gerar em profundidade e amplitude a tecnologia para criar soluções cada vez mais inteligentes, que saibam definir novos mercados para as inovações, para resolver problemas desafiadores por meio das conexões das contribuições individuais. Se ainda lembrarmos que as crises, as incertezas, a necessidade de mudanças e a pressão por resultados são características marcantes de nossos tempos, otimizar as sinergias e construir resistência e resiliência de sistemas são ingredientes indispensáveis para se enfrentar os desafios pessoais, profissionais e corporativos, do País e do planeta. É nesse âmago que

têm surgido conceitos como o de biocapacidade, pegada ecológica, pegada hídrica, pegada de carbono, limites críticos dos recursos naturais, entre outros.

Em época de grandes incertezas, recursos escassos, crises emergentes e eventos extremos como a que estamos vivendo, é preciso mostrar que há esperança na Ciência e Tecnologia e no seu bom uso. Assim, não explorar tudo aquilo que tem potencial de mitigação ou de solução é um desserviço à humanidade, como é o caso de não empreender o desenvolvimento sustentável e não avançar na pesquisa e no uso das tecnologias avançadas para viabilizar os serviços ecossistêmicos. Construir as seguranças alimentar, hídrica e energética brasileiras, pilares fundamentais da soberania nacional, e contribuir decisivamente para viabilizar a paz entre os povos e nações é a grande ambição que devemos ostentar. Finalmente, é preciso lembrar que a continuidade do homem na Terra é uma tarefa humana que depende da escolha de caminhos. Um dos pilares de sustentação é a harmonia entre os homens e deles com a natureza. O amálgama das Ciências da Natureza com as Ciências Humanas e as tecnologias daí decorrentes constituem o principal instrumento para iluminar a construção desses caminhos. O presente Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos é um ótimo começo e já é um pedaço de bom caminho!

Parabéns aos editores e autores por esta distinta obra. Boa leitura a todos!

Silvio Crestana

*Pesquisador Sênior da Embrapa Instrumentação*

*Professor da Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental-EESC-USP*

*Presidente da Embrapa entre 2005 e 2009*



## CAPÍTULO 1

# Serviços ecossistêmicos: uma abordagem conceitual

Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz

Rachel Bardy Prado

Margareth Gonçalves Simões

Mônica Matoso Campanha

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo

Ivan Bergier Tavares de Lima

Ana Paula Dias Turetta

Rafael Gonçalves Tonucci

Joyce Maria Guimarães Monteiro

Lucília Maria Parron

## Introdução

O presente capítulo tem como propósito introduzir o leitor nos conceitos fundamentais sobre o tema “*Serviços Ecosistêmicos*” ou “*Serviços Ambientais*”. Desse modo, será discutido, brevemente, o que são e quais são os diferentes tipos de serviços ecosistêmicos. Assim como, suas relações com as funções ecosistêmicas.

Além dessa breve discussão sobre os principais aspectos do tema “*Serviços Ecosistêmicos*”, serão apresentados os principais posicionamentos conceituais que permeiam este documento e sob os quais a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) baliza a sua atuação no cumprimento da sua missão de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologia.

### O que são os serviços ecosistêmicos ou ambientais?

O conceito de serviços ecosistêmicos (SE) ou serviços ambientais (SA), ultrapassando os limites dos meios acadêmicos e científicos, vem se tornando, cada vez mais, visível nas agendas de governo e nos debates e iniciativas das organizações civis que atuam na mitigação dos conflitos entre a sociedade humana e o meio ambiente. Além disso, o caráter objetivo e prático do conceito dos serviços ecosistêmicos o coloca em destaque na esfera dos debates sobre o meio ambiente, economia e sustentabilidade, na medida em que evidencia as relações entre o funcionamento dos ecossistemas e as demandas de subsistência e bem-estar da espécie humana.

Nesse sentido, compreender as relações entre as funções dos ecossistemas e as demandas para a manutenção da sociedade humana tornou-se fundamental, no tocante aos processos de tomada de decisão, planejamento e proposição de políticas públicas visando ao desenvolvimento sustentável (Fisher et al., 2007). Desse modo, o conceito de serviços ecosistêmicos torna-se relevante na medida em que agrega à discussão maior clareza e consenso, tanto nos meios acadêmico-científicos como nos político-decisórios.

No âmbito científico, diversos trabalhos vêm estabelecendo as relações entre os processos naturais e a sociedade humana, enfatizando a dependência dos sistemas econômicos vigentes ao capital natural, que é definido como o estoque natural que gera um fluxo de bens e serviços úteis para a sociedade humana (De Groot, 1987; Costanza; Daily, 1992; Jansson et al., 1994). Nesse contexto, diversos autores vêm propondo conceitos próprios a respeito dos serviços ecosistêmicos ou ambientais, dentre os quais, os de maior destaque encontram-se transcritos a seguir, a partir de Santos (2014):

- Daily (1997): “Serviços ecossistêmicos são condições e processos provenientes dos ecossistemas naturais e das espécies que os compõem que sustentam e mantêm a vida humana”.
- Costanza et al. (1997): “Serviços ecossistêmicos são os benefícios para populações humanas que derivam, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas”.
- Odum e Odum (2000): “A natureza contribui para a economia através dos serviços ecossistêmicos. Em função de limites termodinâmicos, a valoração desses serviços deve estar associada à quantidade de energia requerida para produzir um bem de consumo ou serviço, e não ao valor ou preço que as pessoas desejam, por questões subjetivas, pagar”.
- De Groot et al. (2002): “Funções ecossistêmicas podem ser compreendidas como a capacidade do ecossistema para fornecer bens e serviços que satisfaçam, direta ou indiretamente, as necessidades humanas e são, portanto, valorizados pelos seres humanos”.
- Millennium Ecosystem Assessment (2003): “Serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas”.
- Daily e Farley (2004): “Serviços ecossistêmicos são produtos de funções ecológicas ou processos que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar humano, ou têm potencial para fazê-lo no futuro... Representam os processos ecológicos e os recursos expressos em termos de bens e serviços que fornecem”.
- Boyd e Banzhaf (2007): “Serviços ecossistêmicos não são os benefícios, são componentes da natureza, diretamente aproveitados, consumidos ou usufruídos para o bem-estar humano”.
- Fisher et al. (2007): “Serviços ecossistêmicos são os aspectos dos ecossistemas utilizados, ativa ou passivamente, para produzir bem-estar humano”.
- FAO (2007): “Serviços ambientais se referem a um subconjunto específico de serviços ecossistêmicos, caracterizados como externalidades positivas”.
- Sukhdev (2008) e Sukhdev et al. (2010): “Serviços ecossistêmicos são as contribuições diretas ou indiretas dos ecossistemas para o bem-estar humano”.
- Farley (2012): “Serviços ecossistêmicos são componentes do ecossistema que podem ser consumidos ou utilizados para produzir bem-estar humano”.
- Muradian et al. (2010): “Serviços ambientais são os benefícios ambientais resultantes de intervenções intencionais da sociedade na dinâmica dos ecossistemas”.

- Watanabe e Ortega (2011): “Os serviços ecossistêmicos estão ligados aos ciclos do carbono, da água e do nitrogênio, e sua adequada valoração é fundamental para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e para a adaptação à mudança do clima, considerando-se a regulação climática do planeta associada ao equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos globais”.

Como evidenciado, embora tenha havido diversas propostas conceituais, não há até o momento um consenso definitivo em torno de um significado explícito e consistente para o termo serviços ecossistêmicos (De Groot et al., 2002; Fisher et al., 2007). Nesse sentido, percebe-se, por meio da análise das definições conceituais apresentadas, que, embora haja certa centralidade na ideia geral sobre os serviços ecossistêmicos, algumas importantes diferenças podem ser destacadas.

Em Costanza et al. (1997), De Groot et al. (2002) e Daily e Farley (2004), a ênfase é dada à ideia de que os serviços ecossistêmicos constituem bens e serviços derivados explicitamente de funções ecossistêmicas capazes de serem utilizados em benefício da humanidade. Em Daily (1997), os serviços ecossistêmicos são equiparados às condições e processos provenientes dos ecossistemas naturais, deixando apenas de modo implícito a ideia de funções ecossistêmicas associadas. Por sua vez, a definição apresentada pelo Millennium Ecosystem Assessment (2003) se utiliza de uma lógica mais simplista e direta estabelecendo que os serviços ecossistêmicos consistem nos benefícios providos de uma forma geral pelos ecossistemas. A definição fornecida pelos relatórios do *Ecological and Economic Foundations* (Sukhdev, 2008; Kumar, 2010) também segue essa lógica de atribuir aos serviços ecossistêmicos a ideia de contribuições diretas ou indiretas dos ecossistemas para o bem-estar humano. Em contradição a essas últimas concepções, as abordagens conceituais de Boyd e Banzhaf (2007), Fisher et al. (2007) e Farley (2012) argumentam que os serviços ecossistêmicos não são benefícios de forma geral e sim componentes da natureza, diretamente aproveitados, consumidos ou usufruídos para o bem-estar humano.

Diversos autores fazem referência indistinta aos termos serviços ambientais e serviços ecossistêmicos como sendo benefícios, direta ou indiretamente, advindos das funções dos ecossistemas (Costanza et al., 1997; De Groot et al., 2002; Daily; Farley, 2004; Nicholson et al., 2009). Díaz et al. (2006) mencionam que os serviços ambientais são os benefícios obtidos dos ecossistemas, que tornam a vida humana possível. Essa concepção se assemelha às encontradas para os serviços ecossistêmicos em Costanza et al. (1997), Daily (1997), Millennium Ecosystem Assessment (2005),

dentre outros. De acordo com Prado (2014), os conceitos assemelhados serviços ambientais e serviços ecossistêmicos são, como atestam diversos trabalhos, tratados na maioria das vezes como sinônimos. O termo serviços ambientais tem sido mais utilizado pela sociedade em geral na América Latina e, especificamente, no Brasil. Por exemplo, nos meios que tratam das ações e políticas de compensação ambiental, é comum o uso da expressão pagamento por serviços ambientais (PSA), e não por serviços ecossistêmicos. Contudo, nos meios acadêmicos e científicos, seguindo a tendência internacional, o termo serviços ecossistêmicos figura com maior destaque.

### O que são as funções ecossistêmicas?

Do ponto de vista científico, as funções ecossistêmicas podem ser definidas como processos interativos entre os elementos estruturais, bióticos e abióticos, de um dado ecossistema, capazes de gerar serviços explicitamente definidos (Daily; Farley, 2004). Sob uma ótica termodinâmica, pode-se considerar que as funções ecossistêmicas se resumem em fluxos de matéria e energia que regulam e fazem funcionar os ecossistemas naturais. Tais fluxos de matéria e energia, segundo Andrade e Romeiro (2009), quando combinados com os demais tipos de capital (financeiro, mão de obra, etc.), produzem bens e serviços para o bem-estar humano. Como exemplos dessas funções ecossistêmicas, pode-se citar: a transferência de energia, ciclagem de nutrientes, regulação de gases atmosféricos, regulação climática, ciclo hidrológico, entre várias outras funções (Costanza et al., 1997; De Groot et al., 2002; Millennium Ecosystem Assessment, 2003; Daily; Farley, 2004).

De Groot et al. (2002) apresentam uma tipologia de classificação das funções ecossistêmicas, dividindo-as em quatro categorias: *funções de regulação*; *funções de produção*; *funções de habitat* e *funções de informação*, que, na sequência, serão abordadas separadamente.

#### Funções de regulação

As *funções de regulação* relacionam-se com a capacidade de autorregulação dos processos ecológicos essenciais ao funcionamento dos ecossistemas naturais ou antropizados. Mantêm, portanto, os ciclos biogeoquímicos e os processos físico-atmosféricos e climatológicos, de modo a garantir as condições biosféricas apropriadas para a reprodução e manutenção da vida em escala planetária.

### Funções de produção

As funções de produção dizem respeito à capacidade de produção biológica dos ecossistemas terrestres e aquáticos que se baseiam na produção primária e sucessiva conversão secundária por ação, respectivamente, dos organismos autotróficos e heterotróficos.

### Funções de habitat

As funções de habitat, segundo postulado por De Groot et al. (2002), se referem à própria estrutura dos ecossistemas naturais e, em menor medida, dos agroecossistemas, que proporcionam habitat de refúgio e reprodução para fauna e flora selvagens e, assim, contribuem para a conservação *in situ* da diversidade biológica, genética e sucessão ecológica, garantindo os processos evolutivos.

### Funções de informação

As funções de informação não são funções objetivas, físico-bióticas, em estrito senso, mas podem ser consideradas funções ecológicas na medida em que se considera o ser humano como parte intrínseca dos ecossistemas terrestres. O pressuposto repousa na convicção de que, apesar da vida artificializada, os seres humanos guardam uma memória genética de milhares de anos vivendo em contato íntimo com a natureza. Dessa forma, as funções de informação dos ecossistemas naturais ou seminaturais desempenham um papel relevante para as sociedades humanas, fornecendo oportunidade de experiências subjetivas cujos benefícios são o enriquecimento espiritual, o desenvolvimento cognitivo, a recreação, a inspiração cultural, estética e artística, além do fornecimento de informação histórica, cultural e científica (De Groot et al., 2002).

### Quais são as relações entre as funções e os serviços ecossistêmicos?

O conceito de funções ecossistêmicas torna-se relevante na medida em que elas provêm dos serviços ecossistêmicos. Assim, incorporando a noção de utilidade antropocêntrica, os serviços ecossistêmicos podem ser considerados funções específicas desempenhadas pelos ecossistemas que trazem benefícios explícitos na forma de bens e serviços para os seres humanos (Hueting et al., 1998; Andrade; Romeiro, 2009). Contudo, Prado (2014) destaca que as funções ecossistêmicas existem independentemente de seu uso, demanda ou valorização social, transformando-se em serviços ecossistêmicos somente quando beneficiam os seres humanos.

Uma função ecossistêmica pode gerar um determinado serviço ecossistêmico; no entanto, funções e serviços ecossistêmicos não apresentam necessariamente uma relação biunívoca, ou seja, quando uma determinada função corresponde a um único serviço. Assim, um único serviço ecossistêmico pode ser o produto de duas ou mais funções, e, reciprocamente, uma única função pode gerar mais do que um serviço ecossistêmico (Costanza et al., 1997; De Groot et al., 2002; Andrade; Romeiro, 2009).

Andrade e Romeiro (2009) enfatizam a complexidade analítica para se estabelecerem as relações entre os serviços e as funções ecossistêmicas. Visto que, devido à interdependência destas, faz-se necessário compreender as interconexões existentes entre os componentes do ecossistema antes que se possa realizar a correta análise dos serviços prestados.

Além disso, as funções e os serviços ecossistêmicos se caracterizam por serem processos dinâmicos e espacialmente heterogêneos. Portanto, são dependentes da escala de observação. Com essa noção, Fisher et al. (2007) salientam que a dinâmica espaço-temporal é uma característica que deve ser levada em conta na compreensão, análise e definição dos serviços ecossistêmicos. Com efeito, Fisher et al. (2007) mencionam particularidades dos serviços ecossistêmicos, explicitando que alguns processos ecossistêmicos oferecem serviços que são utilizados *in situ*, enquanto outros se caracterizam pela descontinuidade espaço-temporal entre a geração das funções e a utilização dos serviços relacionados. Como exemplo do primeiro caso, os autores citam que os processos pedogenéticos geram funções de manutenção da produtividade nas terras aráveis (serviços de suporte) e que, por seu turno, propiciam serviços de provisão que podem ser usados no mesmo local (agricultura). Exemplo ao contrário, a regulação das vazões de uma bacia hidrográfica por meio da cobertura vegetal pode se dar a montante do ponto de utilização do serviço de provisão hídrica alocado mais a jusante, ou seja, separado temporal e espacialmente.

Quais são os tipos de serviços ecossistêmicos?

De acordo com o Millennium Ecosystem Assessment (2003), os serviços ecossistêmicos são classificados da seguinte forma: *serviços de provisão ou serviços de abastecimento; serviços de regulação; serviços de suporte e serviços culturais.*

### Serviços de provisão

Os serviços de provisão ou de abastecimento se relacionam com a capacidade dos ecossistemas em fornecer produtos materiais para a manutenção das populações humanas. De acordo com a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment, 2003) os serviços de provisão dizem respeito à capacidade produtiva dos ecossistemas naturais ou seminaturais (agroecossistemas) em fornecer produtos tais como: alimentos, fibras e materiais biocombustíveis, além de produtos aromáticos, fármacos e medicinais. Apreende-se, desse modo, que os serviços de provisão de origem biótica são renováveis e fundamentam-se na capacidade de produção biológica, primária e secundária, dos ecossistemas.

Por sua vez, os recursos minerais, como os minérios, os combustíveis fósseis e a oferta de água, são considerados serviços de provisão ou de abastecimento de origem abiótica. São serviços ecossistêmicos que se baseiam na capacidade de provisão relacionada com os estoques de materiais de origem mineral encontrados na crosta terrestre.

A água destaca-se como um produto essencial à vida e insumo para todas as atividades econômicas. De modo diferente dos demais recursos minerais, a produção e a disponibilidade da água constituem um serviço intrinsecamente dependente das funções de regulação e estabilidade dos ciclos hidrológicos. Como recurso abiótico e renovável, a oferta d'água constitui um serviço ecossistêmico altamente vulnerável aos impactos decorrentes do uso inadequado dos solos e dos corpos hídricos.

### Serviços de regulação

Os serviços de regulação advêm das funções ecossistêmicas de regulação, intrinsecamente relacionadas com os diversos processos ecológicos que ocorrem na biosfera terrestre. As funções de regulação ocorrem por meio da interação de fatores bióticos e abióticos que mantêm a capacidade de autorregulação dos ecossistemas em suporte à vida na Terra. Como exemplos desses processos, pode-se citar: a transformação da energia da radiação solar em biomassa (produtividade primária); o armazenamento e transferência de minerais e energia na cadeia trófica (produtividade secundária); os ciclos biogeoquímicos (reciclagem de nutrientes e mineralização de matéria orgânica); a regulação climática, o ciclo hidroclimático e hidrológico, entre outros (De Groot et al., 2002).

## Serviços de suporte

Segundo a Avaliação Ecosistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment, 2003) os *serviços de suporte* são caracterizados como condições ecológicas, estruturais e funcionais que dão suporte para que outras funções ecossistêmicas e serviços derivados possam ocorrer. Nessa categoria, agregam-se processos, funções ou serviços que de certa forma se sobrepõem com as demais categorias de serviços ecossistêmicos da tipologia proposta pelo Millennium Ecosystem Assessment (2003); contudo, diferenciam-se das demais na medida em que seus impactos são indiretos ou ocorrem em longo termo (Prado, 2014).

Entre os exemplos mais citados de serviços de suporte, figuram a produção de oxigênio atmosférico fotossintetizado e a ciclagem biótica de nutrientes. Os processos pedogenéticos de formação de solos e a capacidade de retenção de nutrientes e água que esses sistemas oferecem também podem ser considerados como serviços de suporte. Os benefícios na forma de serviços estão relacionados com a manutenção da fertilidade dos solos que possibilita a prestação de serviços de provisão de gêneros alimentícios e matérias-primas. Destaca-se, ainda, que os recursos genéticos e a biodiversidade constituem serviços de suporte de origem biótica.

## Serviços culturais

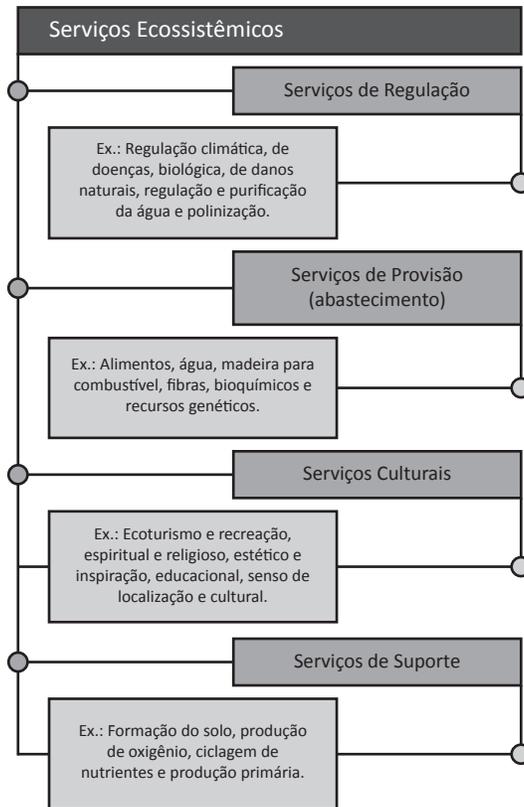
Os serviços culturais são derivados das funções de informação que dizem respeito à capacidade dos ecossistemas naturais ou seminaturais de contribuir para a manutenção do bem-estar psicológico do ser humano, conferindo-lhe a oportunidade de experiências subjetivas relacionadas à cognição, reflexão, espiritualidade, recreação e experiência estética.

Constitui uma categoria de serviços que se diferencia das demais pelo seu caráter subjetivo e, na medida em que são intrinsecamente ligadas aos valores humanos, podem variar conforme o contexto sociocultural vigente. Como salientam Andrade e Romeiro (2009), a percepção e a valoração desses serviços podem não ser as mesmas entre populações díspares, visto que dependem dos padrões culturais, valores e paradigmas que moldam as diferentes culturas humanas.

Andrade e Romeiro (2009) incluem nessa categoria de serviços o potencial intrínseco dos ecossistemas naturais ou antropizados em fornecer oportunidade para o desenvolvimento do ecoturismo ou agroturismo, da recreação, da inspiração estética, cultural e artística (paisagens culturais), além de informações históricas,

culturais e científicas que podem ser adquiridas por meio de experiências de imersão nesses ambientes. Esses autores ainda acrescentam que tais características dificultam não somente a definição conceitual como também a valoração desses serviços.

A Figura 1 apresenta um diagrama com as diferentes categorias de serviços ecossistêmicos.



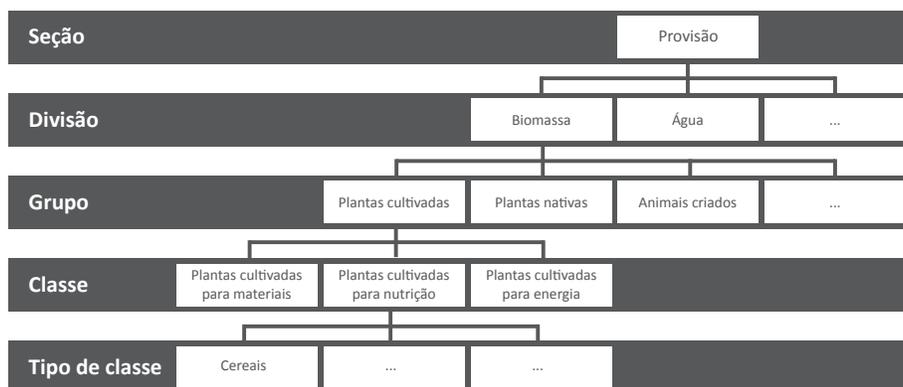
**Figura 1.** Diagrama ilustrativo das diferentes categorias de serviços ecossistêmicos.

Fonte: Adaptado de Millennium Ecosystem Assessment (2003).

Além do sistema de classificação proposto pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment, 2003), cabe mencionar que, a partir dos trabalhos sobre contabilidade ambiental realizados pela Agência Ambiental Europeia

(EEA), desde 2009, vem sendo elaborado um sistema de classificação internacional para os SE, chamado Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos (CICES), que está atualmente em sua versão 5.1 (Haines-Young; Potschin, 2018). Essa iniciativa, em contribuição direta com a revisão do Sistema de Contabilidade Econômica Ambiental (SEEA) da Divisão de Estatística das Nações Unidas (UNSD), objetivou estabelecer um sistema de classificação de SE que fosse internacionalmente padronizado. A ideia de se estabelecer uma classificação internacional se deve à necessidade de se padronizar a descrição dos SE de modo a possibilitar o estabelecimento de métodos de contabilidade ambiental, de mapeamento e de avaliação de SE que possam ser reproduzíveis e comparáveis. A classificação CICES tomou como ponto de partida a tipologia sugerida pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) da qual, com a exceção da categoria serviços de suporte, considerou, em seus níveis mais elevados, as outras três categorias de serviços: provisão, regulação e cultural. A categoria serviços de suporte foi excluída deliberadamente, pois, sendo um serviço intermediário, as relações entre o ecossistema e a contabilidade ambiental, nesse caso, não são explícitas. Sendo assim, o CICES, adotando uma visão pragmática, optou por dar ênfase às saídas finais dos processos que efetivamente beneficiam e têm valor direto e explícito para as pessoas (Haines-Young; Potschin, 2018). Contudo, como os próprios autores advertem, os serviços intermediários e de suporte não devem ser ignorados ou negligenciados.

Abaixo desse nível, chamado de seções, a metodologia propõe uma hierarquia de classes como: divisões, grupos e classes. A estrutura hierárquica de CICES foi proposta como uma maneira de lidar com alguns dos desafios que possam surgir em relação às diferentes temáticas e escalas espaciais utilizadas em aplicações diversas. Para efeitos de comparação, as classes categóricas podem ser agregadas ou generalizadas. Assim, a estrutura hierárquica de classificação permite aos usuários tanto descer para o nível mais adequado de detalhamento conforme sua aplicação quanto agrupar ou combinar resultados fazendo comparações mais amplas ou generalizadas. No sistema CICES, as sucessivas classes (seção, divisão, grupo e classe) permitem, progressivamente, uma descrição mais específica e detalhada de cada SE. Sendo assim, pode abrigar muitos tipos de serviços dentro das categorias mais amplas. Ademais, a estrutura hierárquica foi proposta para acomodar as diferentes aplicações temáticas e sistemas de contabilidade ambiental considerando as diferentes escalas espaciais (Haines-Young; Potschin, 2018). A Figura 2 apresenta um exemplo do sistema CICES.



**Figura 2.** Ilustração da estrutura hierárquica de CICES v 5.1, destacando um exemplo de provisão de alimentos (cereais).

Fonte: Adaptado de Haines-Young e Potschin (2018).

Finalmente, o sistema de classificação do CICES foi estabelecido para facilitar a integração entre os processos ecológicos, os serviços derivados e a valoração destes. Dessa forma, constitui-se em um sistema de classificação útil para os processos de tomada de decisão e proposição de políticas públicas (Haines-Young; Potschin, 2018).

Dentre as várias proposições conceituais, merece atenção, também, o conceito de contribuições da natureza para as pessoas (CNP). Essa nova proposta conceitual não constitui, no entanto, uma mudança radical do entendimento dos Serviços Ecológicos do modo como é tratado no Millennium Ecosystem Assessment (2005). É, na verdade, uma decorrência da evolução e amadurecimento do pensamento científico interdisciplinar, calcado, principalmente, na crescente contribuição da Antropologia e das Ciências Sociais nesse debate.

### Desserviços ecológicos, conflitos (*trade-offs*) e sinergia entre os serviços ecológicos

Outros conceitos importantes que permeiam o debate sobre serviços ecológicos e que não se pode deixar de mencionar são o que tem sido chamado de: *desserviços ecológicos*, os conflitos (*trade-offs*) e as *sinergias*.

O conceito de *desserviços ecológicos* estabelece uma contraposição aos serviços ecológicos, enquanto estes estabelecem a noção de processos benéficos, os primeiros indicam a ocorrência de processos prejudiciais, danosos ou nocivos. Apesar de ser uma divisão conceitual um tanto quanto reducionista e antropocêntrica, do

ponto de vista prático, elucida com clareza as inter-relações de causa e efeito entre os processos naturais e as ações antrópicas sobre o meio ambiente. Desse modo, de acordo com Power (2010), tanto os impactos negativos da atividade agrícola sobre os processos ecossistêmicos como os efeitos desses impactos nos sistemas de produção são considerados desserviços ecossistêmicos. Assim, os processos que depreciam a produção agrícola podem ser considerados desserviços da natureza para a agricultura, como, por exemplo, a concorrência por luz, água e nutrientes por parte das ervas invasoras, os danos causados pelas pragas e fitomoléstias, parasitismo em animais domésticos, eventos climáticos e meteorológicos adversos, etc. (Zhang et al., 2007). Por outro lado, as práticas agrícolas também causam desserviços na medida em que impactam diversos processos ecológicos, como, por exemplo, a contaminação ambiental pelo uso indiscriminado de pesticidas e a perda da biodiversidade causada pela supressão da vegetação nativa para a implantação de sistemas de produção, entre vários outros processos.

Outra perspectiva conceitual bastante utilizada para se avaliar o grau de harmonia e interação entre os diferentes serviços ecossistêmicos de uma dada situação ambiental consiste na determinação dos conflitos (*trade-offs*) e sinergias que ocorrem entre eles. Ou seja, ocorrem conflitos quando a prestação de um determinado serviço concorre para o comprometimento ou redução da prestação de outros serviços ecossistêmicos importantes para outros setores ou a sociedade em geral. Por exemplo, o aumento da produção de alimentos (serviço de provisão de alimentos), envolve geralmente o decréscimo da cobertura florestal e a intensificação do uso da água, fertilizantes e pesticidas que podem levar à redução da qualidade e quantidade de água (serviço de provisão de água), conflitando com diversos outros usos dos recursos hídricos (Andrade; Romeiro, 2009). Estabelecem-se, assim, conflitos entre os vários beneficiários dos serviços ecossistêmicos e/ou usuários dos recursos naturais. Por outro lado, pode ocorrer também sinergia entre os diferentes serviços ecossistêmicos. Tomando o mesmo exemplo, caso o dado sistema de produção fosse conduzido de acordo com os preceitos de conservação da água e solo, por meio de práticas de controle da erosão, favorecimento da infiltração da água no solo, proteção das nascentes e recarga dos aquíferos, teríamos um caso de sinergia entre a prestação de serviços, visto que a própria atividade produtiva que estaria prestando o serviço de provisão de alimentos também estaria prestando o serviço de provisão de água limpa, beneficiando diversos outros usuários.

Consoantes a essa abordagem conceitual, existem na literatura diversos métodos disponíveis de avaliação dos serviços ecosistêmicos a partir do cotejo entre os *conflitos* e as *sinergias* (Power, 2010; Turkelboom, 2016). Esse tipo de abordagem tem demonstrado ser bastante prático e útil para subsidiar o direcionamento de políticas públicas e/ou os processos de tomada de decisão de gestão ambiental.

### Multifuncionalidade e pacotes de serviços ecosistêmicos (*Bundles*)

A *multifuncionalidade* pode ser definida, segundo Berry et al. (2016), como a propriedade intrínseca dos ecossistemas em executar, simultaneamente, múltiplas funções, que podem gerar um único e específico serviço ou um conjunto de serviços ecosistêmicos (*Bundles*). Por sua vez, de acordo com Raudsepp-Hearne et al. (2010) e Berry et al. (2016), *pacotes de serviços (Bundles)* consistem em conjuntos de serviços ecosistêmicos que ocorrem simultaneamente em uma mesma localidade. García-Nieto et al. (2013) estendem a ideia para as relações entre a oferta e a demanda de pacotes de SE. Destacam os autores que, em um ecossistema ou paisagem, diferentes conjuntos de serviços podem ser exigidos por diferentes grupos de interessados. Por exemplo, em Sierra Nevada (Espanha), Iniesta-Arandia et al. (2014) observaram que diferentes perfis de beneficiários demandam diferentes conjuntos de serviços. Enquanto os agricultores tradicionais da região demandam serviços relacionados à fertilidade do solo, ao controle da erosão e à provisão de água, os turistas destacam a importância dos serviços de purificação do ar, manutenção da biodiversidade e valores estéticos. O primeiro conjunto de SE está mais relacionado aos agroecossistemas, e o segundo, mais relacionado às florestas, embora ambos ocorram na mesma paisagem multifuncional.

### Considerações finais

- Este capítulo apresentou uma breve discussão conceitual sobre o importante tema serviços ecosistêmicos. Dessa maneira, espera-se que o leitor, não afeito ao tema, possa ter uma visão geral sobre o que são os serviços ecosistêmicos, quais são as principais relações entre as funções e os serviços e quais são os diferentes tipos de serviços ecosistêmicos, hoje aceitos pela maioria das organizações internacionais e estudiosos no assunto.
- Cabe enfatizar, no entanto, que tal discussão conceitual, evidentemente, não se esgota em poucas linhas, devido às diversas abordagens, abrangência e profundidade em que se pode tratar a temática em destaque. Para aqueles que desejam se aprofundar no tema, sugere-se, dentre outras, a leitura das referências apresentadas na sequência.

- Contudo, o objetivo precípua do presente documento, na modalidade de um *marco referencial*, foi situar o leitor sobre o tema dos serviços ecossistêmicos e explicitar os principais posicionamentos conceituais sob os quais, no cumprimento da sua missão, a Embrapa baliza a sua atuação na temática apresentada.
- Assim, considerando os consensos internacionais, o valor prático e a pertinência conceitual, no contexto do *Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos*, adotam-se as seguintes premissas:
- Por tratar-se de uma designação de caráter científico adotado internacionalmente, optou-se por dar prevalência ao termo Serviços Ecossistêmicos, considerando, como sinônimo, o termo Serviços Ambientais.
- Por sentido prático e coerência conceitual, adota-se as seguintes categorias de serviços ecossistêmicos: de provisão, regulação, suporte e culturais, conforme proposto pelo Millennium Ecosystem Assessment (2003).
- E propõe-se a seguinte conceitualização: serviços ecossistêmicos são benefícios advindos de processos naturais dos ecossistemas, que por meio de funções ecossistêmicas geram, direta ou indiretamente, bens, serviços e produtos que beneficiam a sociedade humana. Compreendem, ainda, aspectos de caráter subjetivo relacionados ao bem-estar psicológico e espiritual. Podem ser potencializados pelo uso e manejo adequado dos recursos naturais, constituindo-se em capital natural para a sustentabilidade das atividades antrópicas.

## Referências

- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. **Texto para Discussão**, n. 155, fev. 2009. Disponível em: <<http://www.avesmarinhas.com.br/Servi%C3%A7os%20ecossist%C3%Aamicos%20e%20sua%20import%C3%A2ncia%20econ%C3%B4mica.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2019.
- BERRY, P.; TURKELBOOM, F.; VERHEYDEN, W.; MARTÍN-LÓPEZ, B. Ecosystem services bundles. In: POTSCHIN, M.; JAX, K. (Ed.). **OpenNESS Ecosystem Services Reference Book**. 2016. Disponível em: <[http://www.openness-project.eu/sites/default/files/SP\\_Ecosystem-service-bundles.pdf](http://www.openness-project.eu/sites/default/files/SP_Ecosystem-service-bundles.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2019.
- BOYD, J.; BANZHAF, S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. **Ecological Economics**, v. 63, n. 2/3, p. 616-626, Aug. 2007. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.01.002.
- COSTANZA, R.; DALY, H. E. Natural capital and sustainable development. **Conservation Biology**, v. 6, n. 1, p. 37-46, 1992. DOI: 10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R. S.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, May 1997. DOI: 10.1038/387253a0.

- DAILY, G. C. (Ed.). **Nature's services**: societal dependence on natural ecosystems. Washington, DC: Island Press, 1997. 412 p.
- DALY, H. E.; FARLEY, J. **Ecological economics**: principles and practice. Washington, DC: Island Press, 2004. 454 p.
- DE GROOT, R. S. Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. **Environmentalist**, v. 7, n. 2, p. 105-109, Jun. 1987. DOI: 10.1007/BF02240292.
- DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 3, p. 393-408, Jun. 2002. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7.
- DÍAZ, S.; FARGIONE, J.; CHAPIN III, F. S.; TILMAN, D. Biodiversity loss threatens human well-being. **PLoS Biology**, v. 4, n. 8, article e277, Aug. 2006. DOI: 10.1371/journal.pbio.0040277.
- FAO. **The state of food and agriculture**: paying farmers for environmental services. Rome, 2007. 222 p. (FAO agriculture series, n. 38). Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-a1200e.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2019.
- FARLEY, J. Ecosystem services: the economics debate. **Ecosystem Services**, v. 1, n. 1, p. 40-49, Jul. 2012. DOI: 10.1016/j.ecoser.2012.07.002.
- FISHER, B.; COSTANZA, R.; TURNER, R. K.; MORLING, P. **Defining and classifying ecosystem services for decision making**. Norwich: University of East Anglia, The Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, 2007. (CSERGE Working Paper EDM, n. 07-04). Disponível em: <<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/80264/1/571829937.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2019.
- GARCÍA-NIETO, A. P.; GARCÍA-LLORENTE, M.; INIESTA-ARANDIA, I.; MARTÍN-LÓPEZ, B. Mapping forest ecosystem services: from providing units to beneficiaries. **Ecosystem Services**, v. 4, p. 126-138, Jun. 2013. DOI: 10.1016/j.ecoser.2013.03.003.
- HAINES-YOUNG, R.; POTSCHEIN, M. B. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1**: guidance on the application of the revised structure. Nottingham: Fabis Consulting, 2017. Disponível em: <[https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/lg23\\_cices\\_v5.1\\_final\\_revised\\_guidance\\_03-10-2017.pdf](https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/lg23_cices_v5.1_final_revised_guidance_03-10-2017.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2019.
- HAINES-YOUNG, R.; POTSCHEIN, M. B. Revision of the Common International Classification for Ecosystem Services (CICES V5.1): a policy brief. **One Ecosystem 3**, article e27108, 2018. DOI: 10.3897/oneeco.3.e27108.
- HUETING, R.; REIJNDERS, L.; DE BOER, B.; LAMBOOY, J.; JANSEN, H. The concept of environmental function and its valuation. **Ecological Economics**, v. 25, n. 1, p. 31-35, Apr. 1998. DOI: 10.1016/S0921-8009(98)00011-1.
- INIESTA-ARANDIA, I.; GARCÍA-LLORENTE, M.; AGUILERA, P. A.; MONTES, C.; MARTÍN-LÓPEZ, B. Socio-cultural valuation of ecosystem services: uncovering the links between values, drivers of change and human well-being. **Ecological Economics**, v. 108, p. 36-48, Dec. 2014. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2014.09.028.

JANSSON, A. M.; HAMMER, M.; FOLKE, C.; COSTANZA, R. (Ed.). **Investing in natural capital: the ecological economics approach to sustainability**. Washington, DC: Island Press, 1994. 520 p.

KUMAR, P. (Ed.). **The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations**. London: Earthscan, 2010. 410 p. DOI: 10.4324/9781849775489.

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](http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf)>. Acesso em 27 maio 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.

MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL, U.; KOSOY, N.; MAY, P. H. Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1202-1208, Apr. 2010. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2009.11.006.

NICHOLSON, E.; MACE, G. M.; ARMSWORTH, P. R.; ATKINSON, G.; BUCKLE, S.; CLEMENTS, T.; EWERS, R. M.; FA, J. E.; GARDNER, T. A.; GIBBONS, J.; GRENYER, R.; METCALFE, R.; MOURATO, S.; MUÛLS, M.; OSBORN, D.; REUMAN, D. C.; WATSON, C.; MILNER-GULLAND, E. J. Priority research areas for ecosystem services in a changing world. **Journal of Applied Ecology**, v. 46, n. 6, p. 1139-1144, Dec. 2009. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2009.01716.x.

ODUM, H. T.; ODUM, E. P. The energetic basis for valuation of ecosystem services. **Ecosystems**, v. 3, n. 1, p. 21-23, Jan./Feb. 2000. DOI: 10.1007/s100210000005.

PADGURSCHI, M.; PRADO, R. B. Serviços ecossistêmicos & contribuições da natureza para as pessoas. In: **DIAGNÓSTICO brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos**. 2018. No prelo.

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. Serviços ecossistêmicos e ambientais na agricultura. In: PALHARES, J. C. P.; GEBLER, L. (Ed.). **Gestão ambiental na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2, cap. 11, p. 413-456. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129800/1/Servicos-sistemicos-cap-11.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2019.

RAUDSEPP-HEARNE, C.; PETERSON, G. D.; BENNETT, E. M. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 11, p. 5242-5247, Mar. 2010. DOI: 10.1073/pnas.0907284107.

SANTOS, R. F. **O contexto histórico da definição conceitual de serviços ecossistêmicos**. São Paulo: FAPESP, 2014. Disponível em: <[http://www.fapesp.br/eventos/2014/02/biota/Rozely\\_Ferreira.pdf](http://www.fapesp.br/eventos/2014/02/biota/Rozely_Ferreira.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2018.

SUKHDEV, P. (Ed.). **The economics of ecosystem and biodiversity**: an interim report. Cambridge: Banson, 2008. Disponível em: <[http://www.teebweb.org/media/2008/05/TEEB-Interim-Report\\_English.pdf](http://www.teebweb.org/media/2008/05/TEEB-Interim-Report_English.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2019.

SUKHDEV, P.; WITTMER, H.; SCHRÖTER-SCHLAACK, C.; NESSHÖVER, C.; BISHOP, J.; BRINK, P. ten; GUNDIMEDA, H.; KUMAR, P.; SIMMONS, B. **Mainstreaming the economics of nature**: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. London: Earthscan, 2010. Disponível em: <<http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/TEEB%20Synthesis%20Report%202010.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2019.

TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C. Landscape 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 service trade-offs and synergies. In: POTSCHIN, M.; JAX, K. (Ed.). **OpenNESS Ecosystem Services Reference Book**. 2016. Disponível em: <<http://www.openness-project.eu/sites/default/files/SP-Trade-offs-and-synergies.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2019.

WATANABE, M. D. B.; ORTEGA, E. Ecosystem services and biogeochemical cycles on a global scale: valuation of water, carbon and nitrogen processes. **Environmental Science & Policy**, v. 14, n. 6, p. 594-604, Oct. 2011. DOI: 10.1016/j.envsci.2011.05.013.



## Capítulo 2

# Serviços ecossistêmicos: histórico e evolução

Mônica Matoso Campanha

Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo

Lucília Maria Parron

Rachel Bardy Prado

Ivan Bergier Tavares de Lima

Joyce Maria Guimarães Monteiro

Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz

Ana Paula Dias Turetta

Rafael Gonçalves Tonucci

Gustavo Bayma Siqueira da Silva

Luciano Mansor de Mattos

Margareth Gonçalves Simões

Ricardo Trippia dos Guimarães Peixoto

## Introdução

O Capítulo 2 apresenta um breve histórico da evolução conceitual sobre o tema serviços ecossistêmicos (SE), incluindo referências a autores de destaque, marcos conceituais, redes de pesquisa, plataformas, agências e institutos com foco em SE.

O capítulo discorre ainda sobre a estratégia de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), que trouxe o aspecto econômico ao tema, e sobre a evolução de programas de PSA no Brasil. Um resumo sobre as pesquisas científicas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) no tema serviços ecossistêmicos voltados para à sustentabilidade da agricultura brasileira, seguida das considerações finais, encerra esta parte.

### Como surgiram os serviços ecossistêmicos?

Nas últimas décadas, os problemas socioambientais têm sido cada vez mais abordados por meio da perspectiva dos Serviços Ecosistêmicos. Permeando os diversos setores da sociedade, a abordagem ecossistêmica sob a ótica dos serviços está cada vez mais sendo incorporada nas agendas políticas, nos planejamentos setoriais e nos debates da sociedade civil organizada. O aumento do interesse e da repercussão dessa área do conhecimento surge da melhor compreensão de que a humanidade e a natureza são intimamente conectadas e interdependentes (Potschin; Haines-Young, 2017).

O entendimento de que a sociedade se beneficia direta e indiretamente dos recursos naturais de muitas maneiras não é novo. Embora o desenvolvimento conceitual e a discussão em torno da ideia de que os ecossistemas são imprescindíveis para o suporte e manutenção da sociedade humana tenha se iniciado no final da década de 1960, segundo Hermann et al. (2011), foi apenas em 1977 que a ideia de "serviços" surgiu, denominada de "Serviços da Natureza", quando Westman (1977) sugeriu que o valor social dos benefícios que os ecossistemas fornecem poderia potencialmente ser avaliado para que a sociedade pudesse tomar decisões mais apropriadas no tocante à gestão ambiental. Em 1981, o termo serviços ecossistêmicos foi apresentado por Ehrlich e Ehrlich (1981) da Universidade de Stanford. O objetivo dessa abordagem era o de estimular o interesse público e privado pela conservação da biodiversidade (Gómez-Baggethun et al., 2010). Outros autores (Ehrlich; Mooney, 1983; De Groot, 1987) utilizaram a mesma abordagem com o intuito de demonstrar que a redução da biodiversidade poderia afetar as funções

dos ecossistemas com reflexos negativos nos SE, comprometendo o bem-estar humano (De Groot et al., 2017).

Nas décadas seguintes, os ecologistas elaboraram ainda mais a noção dos ecossistemas como sistemas de apoio à vida, provedores de serviços e bens econômicos (Ehrlich; Mooney 1983; Folke, 1991; Pearce; Warford, 1993; Costanza et al., 1997; Daily, 1997; Daily et al., 2000). Diversos trabalhos vêm estabelecendo as relações entre os processos naturais e a sociedade humana, enfatizando notadamente a dependência dos sistemas econômicos vigentes ao capital natural. O conceito de "capital natural" também surgiu na década de 1970, considerado o estoque natural que gera um fluxo de bens e serviços úteis ou rentáveis ao homem, ao longo do tempo (De Groot, 1987; Costanza; Daily 1992; Dasgupta; Mäler, 1994; Jansson et al., 1994). Para Gómez-Baggethun e De Groot (2007), a partir de uma perspectiva ecológica, o capital natural não pode ser concebido apenas como um estoque ou agregação de elementos naturais, mas engloba todos os processos e interações dos ecossistemas, que regulam e determinam sua integridade e equilíbrio ecológico (considera seu funcionamento). O capital natural não depende da construção humana para sua existência (Costanza et al., 2017).

Originalmente, foi criado o conceito de "função dos ecossistemas" que se referia ao conjunto de processos ecossistêmicos operando em um sistema ecológico. As funções do ecossistema são as bases para a prestação de um serviço. O termo serviços ecossistêmicos foi então utilizado para conceituar as "coisas úteis" que os ecossistemas "fazem" para as pessoas, fornecendo tanto benefícios diretos como indiretos (De Groot et al., 2017). O conceito de SE destacou os benefícios intangíveis dos serviços ecossistêmicos, isto é, não facilmente reconhecido pelas pessoas, como a produção de oxigênio, regulação térmica e de água. Estes, quando devidamente considerados, promovem maior motivação para a conservação dos recursos naturais dos ecossistemas, os quais são fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico e são intimamente ligados à geração de produtos e serviços tangíveis, como alimentos, fibras e energia (Waltner-Toews et al., 2008; Power, 2010; Heydinger, 2016).

O conceito de serviços ecossistêmicos passou a fazer parte dos debates, de modo mais efetivo, a partir do final da década de 1990, impulsionado pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, a Rio-92, quando diversos autores adotaram esse conceito publicando trabalhos que se tornaram referências em nível internacional (De Groot et al., 2002; Lele et al., 2013).

Dentre essas publicações, destacam-se o livro “Nature’s Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems” (Daily, 1997), que reuniu textos de diversos especialistas em SE, e o artigo de Costanza et al. (1997), “The values of the world’s ecosystem services and natural capital”, mostrando o valor econômico global dos serviços ecossistêmicos. Este trabalho, recentemente atualizado (Costanza et al., 2017) serviu de base para subsidiar outros estudos sobre a importância de valorar os SE.

Daily (1997) foi um dos primeiros autores a abordar o conceito de serviços ecossistêmicos como “os serviços prestados pelos ecossistemas naturais e as espécies que os compõem, na sustentação e preenchimento das condições para a permanência da vida humana na Terra”. Essa abordagem veio então a ser adotada de forma similar pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio – MEA (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Essa Avaliação contribuiu de forma definitiva para que a abordagem dos SE fosse inserida nas agendas políticas nacionais das nações (Gómez-Baggethun et al., 2010; De Groot et al., 2017). As conferências da MEA foram realizadas entre 2001 e 2005 com foco nas consequências das mudanças dos ecossistemas para o bem-estar humano. As publicações que se seguiram a essas conferências estabeleceram as bases científicas que subsidiam as ações necessárias para induzir e fomentar a conservação e o uso sustentável dos ecossistemas e garantir o bem-estar humano. A MEA envolveu mais de 2 mil autores e revisores de 95 países e cunhou a definição mais aceita ultimamente de SE: “os serviços do ecossistema são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas”. Nesta avaliação, para facilitar o seu entendimento, os SE foram classificados em quatro categorias: suporte, regulação, provisão e culturais (ver detalhamento no Capítulo 1).

O relatório da conferência aborda de forma abrangente o conceito de serviços ecossistêmicos. A partir de sua divulgação, a literatura sobre SE vem crescendo exponencialmente (Waltner-Toews et al., 2008; Fisher et al., 2009; Power, 2010; Costanza et al., 2017). Atualmente, mais amplo e consolidado, o termo e a definição de SE se tornaram a base de estudos que medem, avaliam e valoram os diversos aspectos relacionados à dependência da sociedade dos processos ecológicos da natureza (Odum; Odum, 2000; Costanza et al., 2017).

Nestas últimas décadas, também foram organizados fóruns nacionais e internacionais e criadas redes de pesquisas, plataformas, agências e institutos com foco na abordagem dos SE. Esses eventos e organizações agregam diferentes instituições e países. Como exemplos, destacam-se:

1. A Avaliação Ecológica do Milênio (MEA), iniciativa da ONU, executada por um conjunto de cientistas de várias nações, com o objetivo de avaliar as consequências da mudança do ecossistema para o bem-estar humano e a base científica das ações necessárias para melhorar a conservação e o uso sustentável desses sistemas ([www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org)).
2. A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade (TEEB), iniciativa global cujo objetivo é integrar os valores da biodiversidade e dos SE para interessados e tomadores de decisão ([www.teebweb.org/](http://www.teebweb.org/)).
3. A Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços de Ecossistemas (IPBES), criada em 2012, para avaliar o estado da biodiversidade do planeta, seus ecossistemas e os serviços que estes fornecem para a sociedade, bem como as ferramentas e métodos para proteger e usar de forma sustentável esses recursos naturais vitais (Díaz et al., 2015) ([www.ipbes.net/](http://www.ipbes.net/)). A Embrapa participa da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços de Ecossistemas (BPBES) ([www.bpb.es.net.br](http://www.bpb.es.net.br)).
4. A Ecosystem Service Partnership (ESP), rede mundial de especialistas para melhorar a ciência e a aplicação prática de SE (Burkhard et al., 2010) ([www.es-partnership.org](http://www.es-partnership.org)), onde a Embrapa participa e atualmente coordena a rede nacional (Brazil ESP).
5. O Mapeamento e Avaliação de Ecossistemas e seus Serviços (MAES), estratégia da União Europeia para reunir informação para orientar as decisões sobre questões públicas complexas em conformidade com a avaliação dos ecossistemas do milênio (EMA). ([www.biodiversity.europa.eu/maes](http://www.biodiversity.europa.eu/maes)).
6. A Classificação Internacional Comum de Serviços de Ecossistemas (CICES), criada com o objetivo de propor uma classificação comum para os SE (Potschin; Haines-Young, 2017) ([www.cices.eu](http://www.cices.eu)).
7. O Projeto de Capital Natural, parceria entre a Universidade de Stanford, a Universidade de Minnesota, The Nature Conservancy e o World Wildlife Fund, com o objetivo de integrar o valor que a natureza fornece à sociedade nas decisões importantes, de modo a melhorar o bem-estar de todas as pessoas e da natureza (<https://www.naturalcapitalproject.org/>).
8. O Biodiversity Observation Network (GEO BON), que consiste em um sistema global para o monitoramento das alterações nos serviços ecossistêmicos (Tallis et al., 2012) ([www.earthobservations.org/](http://www.earthobservations.org/)).

Diversos marcos conceituais foram elaborados para facilitar o intercâmbio e entendimento desses termos entre os cientistas e os tomadores de decisão, que atuam em áreas correlatas como ecologia, sociologia, economia, biologia, engenharia florestal e outras (De Groot, 1987; De Groot et al., 2002; Wallace, 2007; Fisher et al., 2009; Dominati et al., 2010). Contudo, concordâncias e críticas ainda permeiam o conceito de SE em publicações científicas internacionais.

Lima et al. (2015) mostraram que o número de artigos sobre SE saltou de 100 em 2004 para 1.600 em 2014. A maior parte desses trabalhos foi produzida nos EUA. Com base em mais de 41 mil artigos acadêmicos, Balvanera et al. (2012) evidenciaram o maior peso conferido aos SE ligados aos ciclos da água e do carbono. Os autores mencionaram, ainda, que o sucesso da abordagem SE na América Latina dependerá em grande parte da sua capacidade de conferir eficácia aos objetivos de conservação e de desenvolvimento sustentável. A literatura científica sobre os SE é vasta e apresenta discussões acerca de: aspectos conceituais (Wallace, 2007; Fisher et al., 2009; Dick et al., 2018); quantificação (Fearnside, 2008; Alipaz, 2010); aspectos relacionados à sua avaliação e valoração econômica (Gómez-Baggethun et al., 2010; Lele et al., 2013; Heydinger, 2016; Murray, 2016; Kubiszewski et al., 2017); funções ecológicas da biodiversidade (Lele et al., 2013; Schneiders; Müller, 2017); aplicação de modelos sobre a dinâmica espaço-temporal na sua avaliação e monitoramento (Bürgi et al., 2015; Heydinger, 2016; Silva et al., 2017), entre outros. Um histórico de 20 anos dos debates, das pesquisas geradas, das lições aprendidas e novas recomendações sobre SE foi resumido por Costanza et al. (2017).

## Gerando valor para os serviços ecossistêmicos

O termo "economia ecológica" começou a ser difundido na década de 1990, especialmente após Costanza et al. (1997) mostrarem que era possível estimar um valor para os serviços dos ecossistemas. O relatório da Avaliação Ecossistêmica do Milênio também foi considerado um marco importante na avaliação econômica dos serviços ecossistêmicos, pois, embora não tenha abordado a valoração, serviu de suporte da tomada de decisão em relação à conservação dos ecossistemas e de seus serviços (Heydinger, 2016).

Em 2010, o estudo "A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade" (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity – TEEB*, 2010) acrescentou uma clara conotação econômica. Esse estudo surgiu a partir da decisão dos ministros de meio ambiente dos governos dos países G8+5 (Canadá, França, Alemanha, Itália, Japão, Rússia, Reino Unido e Estados Unidos, mais as cinco principais economias emergentes – África do Sul, Brasil, China, Índia e México), reunidos em 2007. A finalidade do TEEB foi de "analisar os benefícios econômicos globais da diversidade biológica, os custos da perda da biodiversidade e as falhas das medidas de proteção versus os custos da sua efetiva conservação". Dessa forma, o interesse dos tomadores de decisão voltou-se para a concepção de instrumentos de mercado que criassem incentivos

econômicos para a conservação de processos da natureza. Em apenas duas décadas, um número cada vez maior de funções do ecossistema foi caracterizado como serviço, avaliado em termos monetários e, em menor medida, incorporado a mercados e mecanismos de pagamento (De Groot et al., 2017). Inicialmente, os estudos foram centrados em SE individuais ou em avaliações econômicas de SE específicos, os quais foram paulatinamente ampliando em escala e grau de complexidade (inter-relacionamento de diferentes SE). Recentemente, tem sido verificada a importância de considerar os aspectos interdisciplinares e transdisciplinares, além da dimensão social ou cultural nos estudos, projetos e programas sobre SE (Costanza et al., 2017).

O uso da valoração fundamentalmente permitiu que os ecossistemas fossem considerados em decisões que envolvam compensações (*trade-offs*) em avaliações implícita ou explícita. A valoração explícita permite que as unidades de todos os elementos sejam expressas no mesmo denominador, possibilitando a comparação direta de compensações. Essas comparações, utilizando métodos de valoração econômica, são usualmente realizadas em unidades monetárias, mas outras unidades como tempo, energia ou área de terra também são possíveis (Kubiszewski et al., 2017). Segundo Costanza et al. (2014), a valoração econômica não significa privatização ou "comodificação" dos SE, uma vez que eles são tratados como bens públicos ou comuns. Ao contrário, trata-se de ferramenta importante para nortear agências públicas, na priorização de investimentos em ações de preservação, conservação, recuperação e manutenção dos SE. Além da esfera política, setores sem fins lucrativos, privados e financeiros também assimilaram o conceito de SE e passaram a integrá-lo em suas tomadas de decisão (Gómez-Baggethun et al., 2010).

Uma política de SE não obrigatoriamente pressupõe a necessidade de pagamento por prestação de serviços ambientais<sup>(1)</sup> (Mattos et al., 2011). No entanto, este mecanismo vem sendo utilizado como mais uma entre as ferramentas disponíveis que auxilia na conservação de processos ecológicos.

O termo PSA é entendido de forma ampla como um instrumento econômico para a conservação ambiental. De uma forma mais restrita, PSA se refere a um instrumento baseado no mercado para financiar a conservação e que considera os princípios do

---

<sup>1</sup> Por tratar-se de uma designação de caráter científico adotado internacionalmente, optou-se por adotar o termo serviços ecossistêmicos, considerando, como sinônimo, o termo serviços ambientais (vide Capítulo 1).

usuário-pagador e provedor-recebedor, pelos quais, por meio de uma transação voluntária, aqueles que se beneficiam dos serviços ambientais podem pagar por eles, e aqueles que contribuem para a geração desses serviços devem ser compensados por proporcioná-los (Pagiola et al., 2013). O PSA estabelece modelos de incentivos à conservação, geralmente financeiros. Em linhas gerais, os programas de PSA representam uma mudança de paradigma, visando conectar aqueles que se beneficiam dos SE aos que mantêm a produção desses serviços, por meio de transações voluntárias (Coudel et al., 2015). Também valoriza os proprietários rurais que promovem a conservação e uso sustentável da terra, visando à provisão de SE. Com esse mecanismo de conservação, uma ampla gama de modelos de PSA vem sendo utilizados.

Nos últimos anos, têm surgido grandes avanços com relação aos instrumentos econômicos para a gestão ambiental no mundo e no Brasil. Esses instrumentos buscam atender às metas ambientais, contornando a rigidez das políticas públicas, que geralmente priorizam a regulação direta da utilização dos recursos naturais. A abordagem do PSA foi adicionada recentemente a esse conjunto de instrumentos, mas avança pelo País (Pagiola et al., 2013; Young; Bakker, 2015).

### Evolução das iniciativas de Pagamento por Serviços Ambientais no Brasil

No Brasil, a evolução das iniciativas de PSA é crescente (Pagiola et al., 2013). A preocupação com os temas ambientais de setores, como o setor agropecuário e o florestal, fomentou diversos estudos e projetos visando à avaliação, monitoramento e mapeamento dos recursos naturais. Esses esforços foram realizados por diferentes instituições brasileiras de pesquisa, universidades bem como órgãos governamentais e não governamentais, organizando e disponibilizando informações sobre os recursos naturais brasileiros (Trivedi et al., 2012; Prado, 2014). Os mecanismos de PSA vêm sendo desenhados e aperfeiçoados. Iniciativas de PSA têm ganhado a atenção da sociedade e dos gestores públicos como instrumento que pode contribuir para a melhoria da qualidade ambiental em várias regiões do País (Ahrens; Ahrens, 2015; Mattos, 2015; Parron et al., 2015).

Segundo Coudel et al. (2015), o desenvolvimento dos PSA no Brasil teve início a partir dos anos 2000 por meio de Organizações não governamentais (ONGs) e governos locais, os quais criaram oportunidades de experimentação e compartilhamento de experiências por todo o País. As etapas iniciais levaram em consideração agendas como:

- Avaliação de práticas agroambientais;
- REDD+ dedicado a florestas;
- Gestão da água; e
- Transferência de renda para os mais pobres.

Diferentes modelos de PSA têm sido sugeridos e promoveram experiências práticas importantes, bem como estimularam a criação de marcos legais e de fundos específicos de apoio à implementação de programas de PSA em vários níveis de governança.

A partir de 2006, os programas de PSA apresentaram expressivo crescimento, em sintonia aos esforços de aprovar leis envolvendo PSA nas esferas federal, estadual e municipal. Desde então, realizou-se uma variedade de experiências exitosas, com a aplicação de PSA em diferentes escalas espaciais, abrangendo desde áreas remotas de fronteiras florestais até áreas periurbanas de megacidades como São Paulo. Também foram utilizadas diversas abordagens como: i) pagamento direto por usuários; ii) venda a mercados de carbono regulados e voluntários; iii) financiamento governamental; iv) compensação ambiental; v) isenção de tributos, além de várias combinações possíveis entre essas abordagens (Pagiola et al., 2013; Mattos, 2015).

No Brasil, os programas de PSA com vistas à produção e conservação de água foram os mais difundidos. Em Minas Gerais, os municípios de Extrema e Montes Claros foram precursores com os programas locais de PSA em 2006, sendo seguidos por outros estados da federação com o apoio de ONGs (Pagiola et al., 2013). O Programa Conservador das Águas, em Extrema, MG, é o mais conhecido por ser a primeira iniciativa municipal a realizar PSA para proprietários rurais em troca da garantia do fornecimento de SE ligados aos recursos hídricos (Jardim; Bursztyn, 2015). A Agência Nacional de Águas (ANA), também em 2006, criou o Programa Produtor de Água, com a proteção hídrica rural como principal foco, sendo dirigido prioritariamente às bacias hidrográficas de importância estratégica para o País (Fidalgo et al., 2017). O número de programas de PSA hídricos aumentou de 42 em 2011 para 52 em 2014 (Fidalgo et al., 2017). Essa expansão ocorreu inicialmente no bioma Mata Atlântica, e posteriormente em outros biomas, principalmente no Cerrado (Prado et al., 2015a). A maioria dos programas que focam ações de conservação dos SE ligados aos recursos hídricos se restringem principalmente ao Sul do

País, enquanto os projetos de sequestro de carbono são amplamente distribuídos (Pagiola et al., 2013).

Uma visão geral das legislações, políticas e iniciativas voltadas à provisão e manutenção dos serviços ecossistêmicos no Brasil é tratado com maior profundidade no Capítulo 3.

### Serviços ecossistêmicos para a sustentabilidade da agricultura, na pesquisa da Embrapa

A Embrapa tem por missão viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, de modo a fortalecer a agricultura familiar e o agronegócio. A busca por indicadores de sustentabilidade dos agroecossistemas tem sido realizada por meio de pesquisas de ganhos em produtividade vegetal e animal, bem como na manutenção da produção de serviços ecossistêmicos, em diferentes escalas espaciais e abrangendo os diversos biomas que compõem o território brasileiro (Prado et al., 2015b).

A organização do tema dentro da Embrapa se iniciou em 2011, com a identificação dos projetos de pesquisa sendo executados, que tratavam diretamente sobre serviços ambientais. Apesar de ser um tema novo à época, os 12 projetos identificados abrangeram as regiões Norte, Nordeste, Sul e Sudeste. Essa busca possibilitou a realização de uma primeira Oficina de Pesquisa em Serviços Ambientais na Embrapa, que buscou integrar os diferentes grupos de pesquisa no tema, assim como nivelar conceitos básicos, avaliar demandas da sociedade, mapear desafios e oportunidades, definir estratégias e mecanismos eficientes para viabilizar formas de cooperação e de integração entres os grupos de pesquisa no tema, dentro da Empresa (Embrapa, 2012a, 2012b). O grupo optou pelo uso do termo serviços ambientais, como sinônimo de serviços ecossistêmicos, utilizando a conceituação e classificação proposta na Avaliação de Ecossistemas do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), e as funções ecossistêmicas, de acordo com De Groot et al. (2002).

Após o evento, acordada a necessidade de troca de conhecimentos e experiências sobre o tema serviços ambientais, foi formada uma Rede de Pesquisa em Serviços Ambientais na Embrapa (Rede PSAE). Essa rede, composta inicialmente pelos integrantes daquela oficina, se expandiu para os grupos de pesquisa da Embrapa nas diferentes regiões do Brasil. A realização da oficina e a constituição da Rede PSAE sinalizaram e fomentaram o tema dentro da Empresa, possibilitando a abertura de

novos espaços e oportunidades para projetos e trocas de conhecimento, bem como fortalecendo o desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação no tema "serviços ambientais" dentro da Embrapa (Embrapa, 2012a, 2012b).

Posteriormente, os diversos grupos de pesquisa da Embrapa, em todos os biomas brasileiros e com foco em serviços ecossistêmicos, foram identificados para o estabelecimento de uma rede de pesquisa interunidades intitulada "Serviços Ambientais na Paisagem Rural". Essa rede, que conta também com parceiros externos, públicos e privados, engloba diversos projetos de pesquisa e desenvolvimento e tem o objetivo de identificar e tornar públicos os avanços no conhecimento, as tecnologias e as ferramentas para subsidiar ações e políticas públicas de restauração, manutenção e ampliação da produção de serviços ambientais em agroecossistemas, bem como fomentar iniciativas de sistemas de produção de base sustentável adaptados aos diferentes biomas e particularidades regionais. Esse trabalho em rede é de suma importância para criar novas soluções e oportunidades para as diferentes demandas da sociedade brasileira, gerando subsídios à conservação, recuperação e valorização dos serviços ambientais em agroecossistemas, bem como a preservação de ecossistemas naturais nos biomas brasileiros.

Essa rede de pesquisa foi estruturada em três macroeixos:

1. Avaliação e análise integrada como suporte à decisão, que inclui indicadores de SA, análise da paisagem e políticas públicas.
2. Desenvolvimento e adaptação de métodos e ferramentas, que inclui metodologias para avaliação, monitoramento, valoração e análise espacial de SA.
3. Organização da informação e transferência/comunicação.

Essa rede de Pesquisa em SA reúne uma carteira de projetos que atuam em diversas linhas de pesquisa, tais como: Análise e avaliação de políticas públicas em SE; Avaliação, monitoramento e modelagem em SE; Capacitação e troca de experiências em SE; Ferramentas para sistematização e padronização de métodos e organização da informação em SE; Geotecnologias aplicadas à análise de SE; Seleção, validação e aplicação de indicadores em SE; Suporte à compensação e valoração de SE; Tecnologias, práticas, recomendações e alternativas conservacionistas para provisão de SE aos agroecossistemas, entre outros. Espera-se que os seguintes benefícios ocorram com a divulgação dos resultados de pesquisa dessa

Rede SE: sensibilização da sociedade sobre a importância dos serviços ambientais; determinação de conexões entre as mudanças nos ecossistemas e os impactos sobre os serviços ecossistêmicos e ambientais; espacialização do status dos serviços ambientais nas diferentes regiões brasileiras identificando áreas potenciais, críticas e vulneráveis; fornecimento de dados capazes de uso em modelos preditivos de impactos ambientais; subsídio a ações mitigadoras fomentadas pelos PSAs; promoção de intercâmbio entre pesquisadores dos diferentes biomas brasileiros e entre os diferentes atores e tomadores de decisão, capazes de mitigar impactos negativos e promover aumento dos serviços ecossistêmicos e ambientais (Prado et al., 2015b).

### Considerações finais

- O conceito de serviços ecossistêmicos, elaborado há mais de 3 décadas, tem definitivamente se estabelecido na esfera mundial, ancorado inicialmente pelas publicações científicas da "Avaliação Ecossistêmica do Milênio", em 2005.
- O conceito evoluiu da avaliação das alterações nos ecossistemas com relação à permanência e a continuidade da vida na terra, para incluir também aspectos socioeconômicos ao componente ambiental apontando indicadores de sustentabilidade ao processo produtivo, fomentado por programas como o PSA.
- A valoração dos serviços ecossistêmicos permitiu que a provisão e manutenção dos serviços ecossistêmicos fosse fomentada e incentivada por instrumentos econômicos que surgiram no cenário, como as iniciativas de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA);
- Apesar de ainda prevalecer uma visão reducionista, baseada na avaliação individual de cada SE, abordagens sistêmicas e interdisciplinares, onde são avaliados múltiplos SE e suas interações, vêm se consolidando.
- Diferentes redes de pesquisa e experiências práticas fortalecem o tema e ampliam a discussão nos governos e na sociedade de diferentes países, contribuindo ainda mais para ampliar os aspectos legais que envolvem a temática.
- O Brasil vem desenvolvendo, nas últimas décadas, um vasto conhecimento, técnicas de avaliação, monitoramento e valoração de SE, além de políticas nacionais que favorecem a conservação de SE. A abordagem de PSA, como parte de um conjunto de ferramentas econômicas, tem proporcionado avanços importantes nos níveis estadual e municipal, mas ainda com algumas lacunas a serem melhoradas, especialmente a regulamentação de mecanismos que favoreçam a atribuição financeira aos recursos e processos naturais dos ecossistemas.

- A Embrapa, como instituição de pesquisa nacional, incorporou o tema em sua agenda de atuação e fomentou uma rede de pesquisa para avançar no conhecimento, na geração de tecnologias e de ferramentas para subsidiar ações e políticas públicas de restauração, manutenção e ampliação da produção de serviços ambientais nos agroecossistemas dos diferentes biomas brasileiros.

## Referências

AHRENS, S.; AHRENS, C. A previsão normativa para o pagamento por serviços ambientais no Código Florestal Brasileiro. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 31, p. 349-356. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130041/1/AHRENS-LivroServicosAmbientais-Cap31.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

ALIPAZ, S. M. F. **Quantificação e valoração econômica dos serviços ambientais redutores de sedimentação na bacia do Ribeirão Pipiripau**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/7560/1/2010\\_SuzanaMariaFernandesAlipaz.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/7560/1/2010_SuzanaMariaFernandesAlipaz.pdf)>. Acesso em: 8 dez. 2017.

BALVANERA, P.; URIARTE, M.; ALMEIDA-LENERO, L.; ALTESOR, A.; DECLERCK, F.; GARDNER, T.; HALL, J.; LARA, L.; LATERRA, P.; PENA-CLAROS, M.; MATOS, D. M. S.; VOGL, A. L.; ROMERO-DUQUE, L. P.; ARREOLA, L. F.; CARO-BORRERO, A. P.; GALLEGOS, F.; JAIN, M.; LITTLE, C.; XAVIER, R. de O.; PARUELO, J. M.; PEINADO, J. E.; POORTER, L.; ASCARRUNZ, N.; CORREA, F.; CUNHA-SANTINO, M. B.; HERNANDEZ-SANCHEZ, A. P.; VALLEJOS, M. Ecosystem services research in Latin America: the state of the art. **Ecosystem Services**, v. 2, p. 56-70, Dec. 2012. DOI: 10.1016/j.ecoser.2012.09.006.

BÜRGI, M.; SILBERNAGEL, J.; WU, J.; KIENAST, F. Linking ecosystem services with landscape history. **Landscape Ecology**, v. 30, n. 1, p. 11-20, Jan. 2015. DOI: 10.1007/s10980-014-0102-3.

BURKHARD, B.; PETROSILLO, I.; COSTANZA, R. Ecosystem services: bridging ecology, economy and social sciences. **Ecological Complexity**, v. 7, n. 3, p. 257-259, 2010. DOI: 10.1016/j.ecocom.2010.07.001.

COSTANZA, R.; DALY, H. Natural capital and sustainable development. **Conservation Biology**, v. 6, n. 1, p. 37-46, Mar. 1992. DOI: 10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The values of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, May 1997. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/387253a0.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, pt. A, p. 1-16, Dec. 2017. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.09.008.

- COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; SUTTON, P.; VAN DER PLOEG, S.; ANDERSON, S. J.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, p. 152-158, May 2014. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.
- COUDEL, E.; FERREIRA, J. N.; AMAZONAS, M. de C.; ELOY, L.; HERCOWITZ, M.; MATTOS, L. M.; MAY, P.; MURADIAN, R.; PIKETTY, M.-G.; TONI, F. The rise of PES in Brazil: from pilot projects to public policies. In: MARTINEZ-ALIER, J.; MURADIAN, R. (Ed.). **Handbook of ecological economics**. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2015. cap. 18, p. 450-472. DOI: 10.4337/9781783471416.00022.
- DAILY, G. C. (Ed.). **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Washington, DC: Island Press, 1997. ISBN: 9781559634762.
- DAILY, G. C.; SÖDERQVIST, T.; ANIYAR, S.; ARROW, K.; DASGUPTA, P.; EHRILCH, P. R.; FOLKE, C.; JANSSON, A.; JANSSON, B.-O.; KAUTSKY, N.; LEVIN, S.; LUBCHENCO, J.; MÄLER, K.-G.; SIMPSON, D.; STARRETT, D.; TILMAN, D.; WALKER, B. The value of nature and the nature of value. **Science**, v. 289, n. 5478, p. 395-396, Jul. 2000. DOI: 10.1126/science.289.5478.395.
- DASGUPTA, P.; MÄLER, K.-G. **Poverty, institutions, and the environmental-resource base**. Washington, DC: World Bank, 1994. (World Bank environment paper, n. 9). Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/pt/326201468765006410/pdf/multi-page.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.
- DE GROOT, R. S.; BRAAT, L.; COSTANZA, R. A short history of the ecosystem services concept. In: BURKHARD, B.; MAES, J. (Ed.). **Mapping ecosystem services**. Sofia: Pensoft Publishers, 2017. cap. 2.1, p. 31-34. Disponível em: <<https://ab.pensoft.net/article/12837/>>. Acesso em: 8 dez. 2017.
- DE GROOT, R. S. Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. **Environmentalist**, v. 7, n. 2, p. 105-109, Jun. 1987. DOI: 10.1007/BF02240292.
- DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 3, p. 393-408, Jun. 2002. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7.
- DÍAZ, S.; DEMISSEW, S.; CARABIAS, J.; JOLY, C.; LONSDALE, M.; ASH, N.; LARIGAUDERIE, A.; ADHIKARI, J. R.; ARICO, S.; BÁLDI, A.; BARTUSKA, A.; BASTE, I. A.; BILGIN, A.; BRONDIZIO, E.; CHAN, K. M.; FIGUEROA, V. E.; DURAIAPPAH, A.; FISCHER, M.; HILL, R.; KOETZ, T.; LEADLEY, P.; LYVER, P.; MACE, G. M.; MARTIN-LOPEZ, B.; OKUMURA, M.; PACHECO, D.; PASCUAL, U.; PÉREZ, E. S.; REYERS, B. The IPBES conceptual framework: connecting nature and people. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 14, p. 1-16, Jun. 2015. DOI: 10.1016/j.cosust.2014.11.002.
- DICK, J.; TURKELBOOM, F.; WOODS, H.; INIESTA-ARANDIA, I.; PRIMMER, E. Stakeholders' perspectives on the operationalisation of the ecosystem service concept: results from 27 case studies. **Ecosystem Services**, v. 29, part C, p. 552-565, Feb. 2018. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.09.015.
- 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.

EHRlich, P. R.; EHRlich, A. H. **Extinction**: the causes and consequences of the disappearance of species. New York: Random House, 1981. ISBN: 0394513126.

EHRlich, P. R.; MOONEY, H. A. Extinction, substitution, and ecosystem services. **BioScience**, v. 33, n. 4, p. 248-254, Apr. 1983. DOI: 10.2307/1309037.

EMBRAPA. **Oficina de “Pesquisa em Serviços Ambientais na Embrapa”**: documento síntese. Brasília, DF, 2012a.

EMBRAPA. **“Pesquisa em Serviços Ambientais na Embrapa”**: memória da oficina. Brasília, DF, 2012b.

FEARNSIDE, P. M. Quantificação do serviço ambiental do carbono nas florestas amazônicas brasileiras. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 743-756, 2008. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/download/5761/4349>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; SCHULER, A. E. (Ed.). **Manual para pagamento por serviços ambientais hídricos**: seleção de áreas e monitoramento. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 78 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160960/1/Manual-PSA-hidricos-2017.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

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.

FOLKE, C. Socio-economic dependence on the life-supporting environment. In: FOLKE, C.; KABERGER, T. (Ed.). **Linking the natural environment and the economy**: essays from the Eco-Eco Group. Dordrecht: Springer, 1991. p. 77-94. DOI: 10.1007/978-94-017-6406-3\_5.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; DE GROOT, R. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. **Ecosistemas**, v. 16, n. 3, p. 4-14, Sept. 2007. Disponível em: <<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/88/85>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; DE GROOT, R.; LOMAS, P. L.; MONTES, C. The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1209-1218, Apr. 2010. DOI: 10.4103/0972-4923.125752.

HERMANN, A.; SCHLEIFER, S.; WRBKA, T. The concept of ecosystem services regarding landscape research: a review. **Living Reviews in Landscape Research**, v. 5, p. 1-37, 2011. DOI: 10.12942/lrlr-2011-1.

HEYDINGER, J. M. Reinforcing the ecosystem service perspective. **Ecosystems**, v. 19, n. 4, p. 661-673, Jun. 2016. DOI: 10.1007/s10021-016-9959-0.

JANSSON, A. M.; HAMMER, M.; FOLKE, C.; COSTANZA, R. (Ed.). **Investing in natural capital**: the ecological economics approach to sustainability. Washington, DC: Island Press, 1994. ISBN: 9781610912815.

JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 353-360, jul./set. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n3/1413-4152-esa-20-03-00353.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

KUBISZEWSKI, I.; COSTANZA, R.; ANDERSON, S.; SUTTON, P. The future value of ecosystem services: global scenarios and national implications. **Ecosystem Services**, v. 26, part A, p. 289-301, Aug. 2017. DOI: 10.1016/j.ecoser.2017.05.004.

LELE, S.; SPRINGATE-BAGINSKI, O.; LAKERVELD, R.; DEB, D.; DASH, P. Ecosystem services: origins, contributions, pitfalls, and alternatives. **Conservation and Society**, v. 11, n. 4, p. 343-358, 2013. DOI: 10.4103/0972-4923.125752.

LIMA, R. A.; PEDREIRA, B. C. C. G.; CLEMENTE, E. P.; PRADO, R. B. El avance del conocimiento en el área de servicios ambientales (2004-2014). In: CONGRESO INTERNACIONAL DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LOS NEOTRÓPICOS, 4., 2015, Mar del Plata. **De la investigación a la acción**: libro de resúmenes. Mar del Plata: GEAP, 2015. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131580/1/2015-059.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

MATTOS, L. M. de. Base teórica e pontos fundamentais para concepção de políticas públicas de serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 32, p. 357-364. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/189235/1/capitulo-luciano-apagar.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

MATTOS, L. M. de; ROMEIRO, A. R.; HERCOWITZ, M. Economia do meio ambiente. In: MATTOS, L. M. de; HERCOWITZ, M. (Ed.). **Economia do meio ambiente e serviços ambientais**: estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. cap. 3, p. 51-100.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being**: synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005. 137 p. Disponível em: <<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

MURRAY, B. C. Ecosystem service concepts in practice. **Canadian Public Policy**, v. 42, n. S1, p. S24-S31, 2016. DOI: 10.3138/cpp.2015-022.

ODUM, H. T.; ODUM, E. P. The energetic basis for valuation of ecosystem services. **Ecosystems**, v. 3, n. 1, p. 21-23, Jan. 2000. DOI: 10.1007/s100210000005.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. (Org.). **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo: SMA/CBRN, 2013. 336 p. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/548371468021548454/pdf/864940WPOP088000PO RTUGUESE0PSAlivro.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 372 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131969/1/Livro-Servicos-Ambientais-Embrapa.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

PEARCE, D. W.; WARFORD, J. J. **World without end: economics, environment, and sustainable development**. New York: Oxford University Press, 1993. 451 p. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/716131468764410726/pdf/multi0page.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

POTSCHIN, M.; HAINES-YOUNG, R. From nature to society. In: BURKHARD, B.; MAES, J. (Ed.). **Mapping ecosystem services**. Sofia: Pensoft Publishers, 2017. cap 2.3, p. 36-43. Disponível em: <<https://ab.pensoft.net/article/12837/>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

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, 2010. DOI: 10.1098/rstb.2010.0143.

PRADO, R. B.; COSTA, M.; LIMA, A. P. M.; SCHULER, A. E.; GUIMARÃES, J.; FIDALGO, E. C. C.; TURETTA, A. P. D.; PEDREIRA, B. C. C. G.; COUTINHO, H. L. C.; MONTEIRO, J. M.; CLEMENTE, E.; MARTINS, A. L.; OLIVEIRA, A. P. Payment for ecosystem water services (PES) in Brazil (2011 to 2014): main opportunities and challenges. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LOS NEOTRÓPICOS, 4., 2015, Mar del Plata. **De la investigación a la acción: libro de resúmenes**. Mar del Plata: Geap, 2015a. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131594/1/2015-061.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2017.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; FERREIRA, J. N.; CAMPANHA, M. M.; PARRON, L. M.; MATTOS, L. M. de; PEDREIRA, B. da C. C. G.; MONTEIRO, J. M. G.; TURETTA, A. P. D.; MARTINS, A. L. da S.; DONAGEMMA, G. K. COUTINHO, H. L. da C. Pesquisas em serviços ecossistêmicos e ambientais na paisagem rural do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 610-622, 2015b. Número especial do IV SMUD. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137495/1/2015-139.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

PRADO, R. B. Serviços ecossistêmicos e ambientais na agricultura. In: PALHARES, J. C. P.; GEBLER, L. (Ed.). **Gestão ambiental na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 2, cap. 11, p. 413-456. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129800/1/Servicos-sistemicos-cap-11.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

SCHNEIDERS, A.; MÜLLER, F. A natural base for ecosystem services. In: BURKHARD, B.; MAES, J. (Ed.). **Mapping ecosystem services**. Sofia: Pensoft Publishers, 2017. cap. 2.2, p. 35-40. Disponível em: <<https://ab.pensoft.net/article/12837/>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

SILVA, G. B. S. da; BERGIER, I.; PRADO, R. B.; FERRAZ, R. P. D. **Diagnóstico dos serviços ambientais florestais nos biomas brasileiros de 2001 a 2011**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2017. 17 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado técnico, 105). 17 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171863/1/COT-lvan-final.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

TALLIS, H.; RICKETTS, T.; GUERRY, A.; WOOD, S.; SHARP, R. (Ed.). **InVEST 2.3.0 user's guide: integrated valuation of environmental services and tradeoffs**. 2012. Disponível em: <<http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html>>. Acesso em: 27 nov. 2012.

TEEB. **A economia dos ecossistemas e da biodiversidade: integrando a economia da natureza**. Uma síntese da abordagem, conclusões e recomendações do TEEB. 2010. 49 p. Disponível em: <[http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/TEEB\\_Sintese-Portugues.pdf](http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/TEEB_Sintese-Portugues.pdf)>. Acesso em: 8 dez. 2017.

TRIVEDI, M.; COSTA, D.; MENESES-FILHO, L.; OAKES, N.; MITCHELL, A.; STRASSBURG, B.; ORTIZ, R.; SEROA DA MOTTA, R.; GUEDES PINTO, L. F.; HALL, A.; OMETTO, J. P. **Think PINC**: securing Brazil's food, water and energy with Proactive Investment in Natural Capital. Oxford: Global Canopy Programme, 2012. 37 p. Disponível em: <[https://www.globalcanopy.org/sites/default/files/documents/resources/THINK\\_PINC.pdf](https://www.globalcanopy.org/sites/default/files/documents/resources/THINK_PINC.pdf)>. Acesso em: 8 dez. 2017.

WALLACE, K. J. Classification of ecosystem services: problems and solution. **Biological Conservation**, v. 139, n. 3/4, p. 235-246, Oct. 2007. DOI: 10.1016/j.biocon.2007.07.015.

WALTNER-TOEWS, D.; KAY, J. J.; LISTER, N.-M. E. **The ecosystem approach**: complexity, uncertainty, and managing for sustainability. New York: Columbia University Press, 2008. 408 p.

WESTMAN, W. How much are nature's services worth? **Science**, v. 197, n. 4307, p. 960-964, Sept. 1977. DOI: 10.1126/science.197.4307.960.

YOUNG, C. E. F.; BAKKER, L. B. de. Instrumentos econômicos e pagamentos por serviços ambientais no Brasil. In: INCENTIVOS econômicos para serviços ecossistêmicos no Brasil. Rio de Janeiro: Forest Trends, 2015. p. 33-56. Disponível em: <[http://brazil.forest-trends.org/documentos/matriz\\_book.pdf](http://brazil.forest-trends.org/documentos/matriz_book.pdf)>. Acesso em: 8 dez. 2017.







### Capítulo 3

## Serviços ecossistêmicos: instrumentos legais e políticos no Brasil

Rachel Bardy Prado

Joice Nunes Ferreira

Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira

Gustavo Bayma Siqueira da Silva

Ivan Bergier Tavares de Lima

Joyce Maria Guimarães Monteiro

Rafael Gonçalves Tonucci

Lucília Maria Parron

Mônica Matoso Campanha

Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz

Lilian Terezinha Winckler

Débora Pignatari Drucker

Adriana Reatto dos Santos Braga

Sérgio Ahrens

Margareth Gonçalves Simões

Luiz Fernando Duarte de Moraes

## Introdução

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) alertou o mundo para a dependência humana do Capital Natural e identificou que os serviços ecossistêmicos (SE) em várias partes do mundo têm sido degradados mais rápida e profundamente nos últimos 50 anos do que em qualquer outro período análogo da história da humanidade. A avaliação indica declínios acentuados de SE para as próximas décadas, dadas as perspectivas de crescimento populacional, da lenta adaptação para uma econômica circular e as alterações climáticas globais.

Desde então, diversos estudos vêm sendo conduzidos mundialmente para a avaliação, o monitoramento, a modelagem e a valoração econômica dos SE. Também no âmbito dos tomadores de decisão, instrumentos e políticas públicas têm buscado incentivar e estimular a conservação ambiental e a promoção de ações para a mitigação da emissão de gases de efeito estufa e para a adaptação às mudanças climáticas. O histórico desses estudos e iniciativas foi apresentado no Capítulo 2.

A implementação desses instrumentos e políticas requer regulações em seus diferentes níveis. Com isso, arcabouços jurídicos têm sido elaborados e colocados em prática no mundo; portanto, no Brasil, não poderia ser diferente.

De maneira geral, dentre os instrumentos existentes, o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) vem ocupando cada vez mais espaço na agenda ambiental brasileira. Destaca-se que, em termos de instrumentos jurídicos, eles têm sido criados principalmente nos níveis estadual e municipal, visto que o País ainda não possui uma legislação ou política específica para regular os PSAs no território nacional.

Há atualmente extensa literatura acerca dos instrumentos legais e políticos em estados e municípios do Brasil, os quais estabelecem diretrizes específicas sobre SE para diversos setores da sociedade (Riva et al., 2007; Novion; Valle, 2009; Mattos; Hercowitz, 2011; Eloy et al., 2013; Pagiola et al., 2013; Ahrens; Ahrens, 2015; Incentivos..., 2015; Guia..., 2017; Leite; Anguita, 2017 e outras).

Contudo, são ainda necessárias novas abordagens baseadas nos aprendizados das iniciativas de PSA em andamento, tornando-as mais efetivas ambientalmente e justas socialmente. Inovações nesse sentido poderiam subsidiar a regulamentação das legislações existentes e, sobretudo, contribuir para o avanço da tramitação e sucesso de projetos de Lei Federal de PSA no Congresso Nacional (Leite; Anguita, 2017).

O presente capítulo tem por finalidade descrever e analisar alguns instrumentos legais e políticos nacionais de maior relevância e mais atuais, apontando-se aspectos positivos e limitações para assegurar a manutenção e a provisão de SE em sinergia com iniciativas e plataformas globais. Um item específico resume o estado da arte de instrumentos legais e políticos estaduais e municipais. O capítulo também aborda como a pesquisa da Embrapa e seus parceiros pode contribuir para tornar as ações no âmbito desses instrumentos legais e políticos mais efetivas e robustas.

### Como ocorre a abordagem dos serviços ecossistêmicos nos instrumentos legais e políticos brasileiros?

Há no Brasil diversas leis e políticas para assegurar a provisão e a manutenção dos SE no longo prazo.

Avanços na legislação e políticas ambientais ocorreram nos últimos 20 anos. A Tabela 1 apresenta os principais instrumentos legais e políticos com suas principais características.

**Tabela 1.** Principais instrumentos legais e políticos ambientais em vigor nos últimos anos.

Instrumentos legais e políticos	Nome	Criação	Objetivo
Lei nº 9.433	Política Nacional de Recursos Hídricos	1997	Estabelecer instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal (aqueles que atravessam mais de um estado ou fazem fronteira) e criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).
Lei nº 9.605	Lei de Crimes Ambientais	1998	Dispor sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dar outras providências.
Lei nº 9.985	Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)	2000	Potencializar o papel das Unidades de Conservação (UCs), de modo que sejam planejadas e administradas de forma integrada, assegurando que amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas estejam adequadamente representadas no território nacional e nas águas jurisdicionais.

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Instrumentos legais e políticos	Nome	Criação	Objetivo
Decreto nº 4.339	Política Nacional de Biodiversidade	2002	Implementar as obrigações assumidas na Convenção de Biodiversidade (CDB) e promover, de forma integrada, a conservação da biodiversidade e a utilização sustentável de seus componentes, com a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos, de componentes do patrimônio genético e dos conhecimentos tradicionais associados a esses recursos.
Lei nº 10.650	Lei sobre Dados e Informações do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama)	2003	Realizar a gestão ambiental no Brasil, sendo o sistema formado pelos órgãos e entidades da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios responsáveis pela proteção, melhoria e recuperação da qualidade ambiental no Brasil.
Lei nº 11.428	Lei da Mata Atlântica	2006	Promover a conservação, a proteção, a regeneração e a utilização do Bioma Mata Atlântica, patrimônio nacional.
Lei nº 11.284	Lei de Gestão de Florestas Públicas	2006	Realizar a gestão de florestas públicas para produção sustentável, instituir o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, e criar o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF).
Decreto nº 5.902/ Portaria MMA nº 09	Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade	2004/2007	Executar o Quinquagésimo Oitavo Protocolo Adicional ao Acordo de Complementação Econômica no 18, entre os Governos da República Federativa do Brasil, da República da Argentina, da República do Paraguai e da República Oriental do Uruguai.
Decreto nº 7.747	Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas	2012	Garantir e promover a proteção, a recuperação, a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais das terras e territórios indígenas, assegurando a integridade do patrimônio indígena, a melhoria da qualidade de vida e as condições plenas de reprodução física e cultural das atuais e futuras gerações dos povos indígenas, respeitando sua autonomia sociocultural, nos termos da legislação vigente.

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

<b>Instrumentos legais e políticos</b>	<b>Nome</b>	<b>Criação</b>	<b>Objetivo</b>
Decreto nº 8.505	Programa de Áreas Protegidas da Amazônia	2015	Apoiar a criação e a consolidação de unidades de conservação federais e estaduais de proteção integral e de uso sustentável na região amazônica que integram o Programa; auxiliar a manutenção dessas unidades, conforme seus manuais e normas; propor mecanismos que garantam a sustentação financeira em longo prazo; e promover a conservação da biodiversidade na região e contribuir para o seu desenvolvimento sustentável de forma descentralizada e participativa.

Ao longo das últimas décadas no Brasil, os mecanismos do princípio poluidor-pagador, que visavam punir os responsáveis pela degradação ambiental vêm sendo substituídos ou complementados por instrumentos de incentivos econômicos ou financeiros fundados no princípio do protetor-recebedor.

Segundo Veiga Neto (2008), o princípio central da compensação por SE consiste no reconhecimento daqueles que proveem o serviço e, portanto, devem ser recompensados por isso, e daqueles que se beneficiam do serviço (a sociedade local, regional ou global) e que devem realizar compensação pela geração dos SE. O princípio protetor-recebedor possibilita a participação de vários atores sociais interessados na gestão pública e privada ambiental, de forma democrática e valorizando o papel do conservador, ou seja, daqueles que adotam práticas conservacionistas em suas atividades.

O Programa Bolsa Floresta na Amazônia; o Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC); a Lei Chico Mendes na Amazônia, que proporciona subsídios ao extrativismo da borracha; o Programa de Desenvolvimento Socioambiental da Produção Familiar Rural (Proambiente), relacionado às práticas sustentáveis exercidas pelos agricultores familiares, são exemplos de mecanismos de compensação financeira e outros incentivos à preservação ambiental adotados no Brasil. O Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC), criado em 2010, é uma iniciativa governamental destinada à concessão de crédito a juros baixos para agricultores que adotam práticas agrícolas sustentáveis em suas propriedades (Brasil, 2010).

A partir de 2001, iniciativas de Pagamento por Serviços ambientais (PSA) começaram a surgir e se multiplicar no País, bem como os marcos regulatórios relacionados ao tema (Coudel et al., 2015). Idealizados como instrumentos de mercado na literatura científica, na prática os PSAs combinam mecanismos de mercado com regulamentação governamental e subsídios aos agricultores (Eloy et al., 2013). Guedes e Seehusen (2011) e Pagiola et al. (2013) apresentam um panorama das iniciativas de PSA no Brasil, focados no carbono, na biodiversidade e na água.

Segundo a “Pesquisa de Informações Básicas Municipais”, do IBGE (2012), receberam recursos para PSA 131 dos 449 municípios da região Norte (29%), 111 dos 1.794 do Nordeste (6%), 405 dos 1.668 do Sudeste (24%), 225 dos 1.188 do Sul (19%), e 105 dos 466 do Centro-Oeste (22%). O IBGE classificou as iniciativas de PSA em cinco modalidades: 1) promoção à conservação e melhoramento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos; 2) conservação e preservação da vegetação nativa e da vida silvestre; 3) conservação, recuperação ou preservação do ambiente natural nas áreas de Unidades de Conservação; 4) recuperação e conservação dos solos e recomposição da cobertura vegetal de áreas degradadas; e 5) conservação de remanescentes vegetais em áreas urbanas (IBGE, 2012). De forma geral, os maiores valores para ações e iniciativas no País estão concentrados na modalidade 1. A exceção ocorre na região Sul, onde a maioria das ações e iniciativas centram-se na modalidade 4.

### Quais são os principais instrumentos legais e políticos relacionados aos serviços ecossistêmicos no Brasil?

Os instrumentos legais e políticos nacionais selecionados como mais relevantes e de maior abrangência no País, que utilizam explicitamente a abordagem dos SE são descritos e analisados a seguir.

#### Política Nacional sobre Mudança do Clima e Plano Agricultura de Baixo Carbono

Durante a 15ª Conferência das Partes (COP-15), o Governo Brasileiro divulgou o seu compromisso voluntário de redução entre 36,1% e 38,9% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) até 2020. Esses compromissos estão ratificados na Lei nº 12.187/2009, que estabelece a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC) para vigorar no território nacional, com ênfase na Amazônia e no Cerrado (Brasil, 2009a).

O Decreto Regulamentador da PNMC (Decreto nº 7.390/ 2010) propôs a criação do Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) (Brasil, 2010). O Plano ABC estabelece metas para a redução de emissões na agricultura entre 134 a 163 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub> eq.) até 2020. Essa redução seria alcançada pela adoção de tecnologias, a saber: a) Recuperação de Pastagens Degradadas; b) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF); c) Sistema Plantio Direto (SPD); d) Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN); e) Plantio de Florestas; e f) Tratamento de Dejetos Animais (Brasil, 2012b).

As tecnologias conservacionistas previstas no Plano ABC estão vinculadas à “economia de baixo de carbono”, promovendo a mitigação da emissão dos gases do efeito estufa na agricultura por meio da redução do desmatamento e da adoção de sistemas produtivos mais eficientes e capazes de estocar carbono no solo e nas florestas plantadas.

Portanto, o Plano ABC fomenta a capacidade adaptativa do setor agropecuário frente aos desafios impostos da mudança do clima, exercendo impactos positivos na manutenção da provisão de serviços ecossistêmicos (Cuadra et al., 2018). As tecnologias conservacionistas previstas no Plano ABC podem contribuir para a redução das taxas de erosão do solo, incrementar o estoque de matéria orgânica e de carbono do solo e maximizar a disponibilidade e os fluxos de nutrientes, auxiliando na melhoria da fertilidade do solo, da eficiência da produtividade agrícola e da conservação da biodiversidade.

O Plano ABC conta com uma linha de crédito, o Programa ABC, que concede recursos a baixas taxas aos produtores rurais para financiar a adoção das tecnologias ABC. O Programa ABC foi lançado na safra de 2010/2011, e, até a de safra 2016/2017, já foram disponibilizados cerca de R\$ 25,4 bilhões de crédito aos agricultores (Observatório ABC, 2018). Além do plano ABC nacional, vários estados brasileiros estruturaram seus planos ABC estaduais. Alguns desses planos estaduais citam diretamente como estratégia de implantação o pagamento por serviços ambientais, como, por exemplo, os dos estados do Espírito Santo e de Minas Gerais.

O Plano ABC criou uma estrutura de governança que incentiva os produtores rurais a adotar tecnologias conservacionistas, oportunizando a internalização do tema no cenário nacional, promovendo campanhas publicitárias e de divulgação, a capacitação de técnicos e produtores rurais, a transferência de tecnologia e o crédito rural.

Apesar de o plano não citar diretamente o pagamento por serviços ambientais, essa política pública incentiva o desenvolvimento de boas práticas no setor agropecuário e são capazes de estimular e alavancar a intensificação sustentável do setor agrícola no cenário nacional.

#### Política Nacional de Biodiversidade

Os compromissos assumidos pelos membros da CDB (Convenção sobre Diversidade Biológica), assinada por 192 países e a União Europeia durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – Rio 92, consolidam as estratégias, políticas, planos e programas nacionais de biodiversidade.

A CDB define diversidade biológica como:

a variabilidade de organismos vivos de qualquer origem, compreendendo, entre outros, ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos, e os complexos ecológicos de que fazem parte; isto inclui a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas. (Convention on Biological Diversity, 2018, tradução nossa).

Assim, o termo “biodiversidade” refere-se tanto à riqueza de espécies quanto à sua variabilidade e complementaridade biológica entre ecossistemas, ressaltando a importância estratégica dos serviços ecossistêmicos e dos benefícios imprescindíveis da natureza para a humanidade.

Ao adotar o Plano Estratégico da CDB, os países signatários se comprometeram a alcançar, até 2010, uma redução significativa na taxa de perda de diversidade biológica nos níveis mundial, regional e nacional. Porém, a meta acordada pelos governos do mundo em 2002 de “atingir até 2010 uma redução significativa da taxa atual de perda de biodiversidade ao nível global, regional e nacional, como uma contribuição para a diminuição da pobreza e para o benefício de toda a vida na Terra” não foi alcançada (Convention on Biological Diversity, 2018). Para reverter esse quadro, a 10ª Conferência das Partes da CDB, realizada em outubro de 2010, em Nagoya, no Japão, aprovou o seu Plano Estratégico para o período 2011 a 2020. O Plano Estratégico relacionou a biodiversidade ao bem-estar humano, aos Objetivos do Milênio e à redução da pobreza, e vai além de 2020, definindo a situação desejada para 2050. O Plano Estratégico da CDB apresenta 20 metas,

chamadas de “Metas de Aichi de Biodiversidade”, que tem como visão: “Em 2050, a biodiversidade será valorizada, conservada, restaurada e utilizada com sabedoria, mantendo os serviços ecossistêmicos, sustentando um planeta saudável e provendo benefícios essenciais para todas as pessoas” (Convention on Biological Diversity, 2018). Dessa forma, fica explícita a importância crescente atribuída aos serviços ecossistêmicos.

A CDB foi Ratificada pelo Brasil em 1994 (Decreto nº 2/1994) e promulgada pelo Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998 (Brasil, 1994, 1998). O compromisso de instituir uma Política Nacional de Biodiversidade (PNB) foi concretizado em 2002 (Brasil, 2002b). A PNB tem por objetivo a promoção da conservação integrada da biodiversidade e da utilização sustentável de seus componentes. Justifica-se pela necessidade de maior integração dos atores sociais envolvidos no tema, em função dos distintos níveis de comprometimento dos agentes públicos e privados nos esforços de conservação, uso sustentável e repartição de benefícios decorrentes do uso da biodiversidade dos biomas brasileiros. É formada por sete componentes, a saber:

1. *Conhecimento da Biodiversidade*: congrega diretrizes voltadas à geração de informações que apoiem a gestão da biodiversidade e a realização de pesquisas.
2. *Conservação da Biodiversidade*: engloba diretrizes destinadas à conservação *in situ* e *ex situ* de ecossistemas, incluindo os serviços ecossistêmicos, e de espécies vulneráveis, ameaçadas de extinção e com potencial econômico.
3. *Utilização Sustentável dos Componentes da Biodiversidade*: reúne diretrizes para a utilização sustentável da biodiversidade e da biotecnologia, para o estabelecimento de mecanismos e instrumentos econômicos e práticas e negócios sustentáveis que garantam a manutenção e a funcionalidade dos ecossistemas, considerando não apenas o valor econômico, mas também os valores sociais e culturais da biodiversidade.
4. *Monitoramento, avaliação e mitigação de impactos sobre a biodiversidade*: engloba diretrizes para fortalecer os sistemas de monitoramento, avaliação e mitigação de impactos sobre a biodiversidade, bem como promover a recuperação de ecossistemas degradados.
5. *Acesso aos recursos genéticos e aos conhecimentos tradicionais associados e repartição de benefícios*: alinha diretrizes que promovam o acesso e a distribuição dos benefícios gerados pelo uso dos recursos genéticos e dos conhecimentos tradicionais associados.

6. *Informação, sensibilização pública e educação*: define diretrizes e especifica os objetivos destinados a divulgar as informações sobre biodiversidade e a promover a participação da sociedade; e
7. *Fortalecimento Institucional*: agrega as diretrizes que viabilizem a implementação da política por meio do fortalecimento da infraestrutura, da formação de recursos humanos, da cooperação interinstitucional e intersetorial, de mecanismos de financiamento, de atos internacionais e de cooperação internacional.

Na PNB, está explícita a importância da promoção de pesquisas ecológicas e estudos sobre o papel dos seres vivos na funcionalidade dos ecossistemas. Uma das ações para o cumprimento dos dispositivos da CDB e em conformidade com as Diretrizes da PNB foi a instituição o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) (Portaria MCT nº 268/2004) (Brasil, 2004), com o principal objetivo de promover o desenvolvimento de pesquisa, a formação e a capacitação de recursos humanos e o fortalecimento institucional na área da Pesquisa & Desenvolvimento da diversidade biológica, em conformidade com as diretrizes da PNB (Magnusson, 2013). A Embrapa contribui em inúmeras atividades de pesquisa do PPBio em todo o território brasileiro.

#### Código Florestal e Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa

A Lei nº 12.651/2012, denominada de Código Florestal, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa brasileira, oferece uma oportunidade de construir um modelo de desenvolvimento rural que favoreça uma melhor provisão de serviços ecossistêmicos, no que diz respeito a uma melhor conservação da biodiversidade (e benefícios associados, como polinização, obtenção de renda alternativa, etc.), uma melhor conservação do solo e um ambiente com melhor provisão e regulação hídrica (Brasil, 2012a).

No seu artigo 41, atribui ao poder executivo federal o estabelecimento de um programa de apoio e fomento à conservação do meio ambiente, por meio do PSA como retribuição às atividades que geram os SE, como o sequestro de carbono, a conservação da beleza cênica, da biodiversidade e dos recursos hídricos, além da regulação do clima (Leite; Anguita, 2017).

Vários instrumentos são mencionados nessa lei, que se somam aos já existentes, como é o caso da Cota de Reserva Ambiental (CRA), que permitirá a compensação de reserva legal de imóveis em locais distintos ao que se obriga recompor, abrindo, assim, um novo leque de possibilidades de recomposição e conservação da vegetação

nativa, inclusive com a possibilidade de apoiar a regularização de unidades de conservação públicas.

Além disso, com a instituição do Cadastro Ambiental Rural (CAR), que se tornou obrigatório por essa mesma lei, há a possibilidade de surgirem novos mecanismos de cooperação/interação produtores-consumidores, já que o CAR facilitará o acompanhamento, o monitoramento e a rastreabilidade da produção rural, expondo-a às exigências do consumo responsável. Numa análise sobre as implicações do Código Florestal brasileiro sobre os serviços ecossistêmicos, Ahrens e Ahrens (2015) consideram que houve um avanço na previsão normativa para o pagamento por serviços ambientais, embora o disposto no art. 41 ainda necessite de regulamentação para que seja possível dar-lhe plena efetividade. Se aplicado com rigor, o Código Florestal poderia prevenir uma perda líquida de 53,4 milhões de hectares de floresta e vegetação nativa até 2050, dos quais 43,1 Mha (81%) estão na Amazônia; a aplicação do Código Florestal poderia contribuir com até 1,03 PgCO<sub>2</sub> e para a ambiciosa meta de redução de emissões de GEE estabelecida pelo Brasil para 2030 (Soterroni et al., 2018).

Atividades relativas à manutenção de Áreas de Proteção Permanente (APPs) e Reserva Legal (RL) são elegíveis para recebimento de PSA, priorizando-se, todavia, os agricultores familiares com menor renda. Antes da vigência dessa lei, a conservação da vegetação que integrasse tais espaços protegidos constituía o cumprimento de uma limitação administrativa e, por esse motivo, não permitia qualquer espécie de compensação monetária, impedimento que foi superado com a edição de nova ordem normativa.

Embora não contemple de forma explícita o PSA, o Decreto nº 8.972/2017 institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg) (Brasil, 2017) e tem como objetivo articular, integrar e promover políticas, programas e ações que impulsionem a recuperação de florestas e demais formas de vegetação nativa. Também visa impulsionar a regularização ambiental de, no mínimo, 12 milhões de hectares das propriedades rurais brasileiras até 31 de dezembro de 2030. É complemento necessário, no âmbito das políticas públicas ambientais, para viabilizar diferentes políticas setoriais e transeitoriais, como as de combate à fome e à miséria, mudanças climáticas, agricultura sustentável, recursos hídricos e energia, para mencionar os mais relevantes.

Essa política tem como principal instrumento o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg). Seu principal objetivo é ampliar e fortalecer políticas públicas, incentivos financeiros, mercados e boas práticas agrícolas para a recuperação, principalmente de APP e RL, além de áreas degradadas e de baixa produtividade. Para tal, baseia-se em ações de sensibilização, de promoção da recuperação da cadeia produtiva, de desenvolvimento de mercados e de geração de receitas, da extensão rural e de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação para reduzir custos e melhorar a eficiência de ações de recuperação da vegetação nativa. Deverá se integrar ao Sistema de Cadastro Ambiental Rural (CAR), ao Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (Sicar), ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) e às linhas de ação de apoio e incentivo à conservação ambiental autorizadas pelo já mencionado art. 41 da Lei nº 12.651/2012.

Ainda, no âmbito do Proveg, foi instituída a Comissão Nacional para Recuperação Nativa (Conaveg). O Conaveg é um colegiado que possui como atribuição buscar, monitorar e avaliar a implementação do Planaveg e Proveg. Conta com representante de estados, municípios, sociedade civil organizada e academia, entre outros.

#### Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais – Projetos de Lei

Ainda não existe no Brasil uma lei ou política que regulamente o PSA, embora diversos projetos de lei (PL) federais estejam em tramitação no Congresso Nacional. Esses PLs têm por objeto estabelecer uma Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA). Podem-se citar: o PL nº 792/2007, que dispõe sobre a definição de Serviços Ambientais e outras providências; o PL nº 5.487/2009, que institui a Política Nacional dos Serviços Ambientais; o PL nº 1.274/2011, que institui o Programa Nacional de Compensação por Serviços Ambientais e o Fundo Federal de Pagamento por Serviços Ambientais; o PL nº 276/2013, que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e o PL nº 312/2015, que reeditou o PL nº 1274/2011, que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), entre outros PLs apensados.

Uma PNPSA tem por objetivo disciplinar a atuação do Poder Público em prol da manutenção e melhoria dos serviços ecossistêmicos no território nacional, especialmente nas áreas prioritárias à conservação da biodiversidade. Objetiva também fomentar o desenvolvimento sustentável e a promoção de geração de trabalho e renda para populações mais vulneráveis sob o aspecto socioeconômico e recompensar

financeiramente o produtor rural que desenvolver iniciativas de preservação ou recuperação ambiental em sua propriedade (Brasil, 2009b).

O conjunto de iniciativas legislativas em prol da criação de uma Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, com o auxílio de instrumentos como o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais, o Fundo Federal de Pagamento por Serviços Ambientais e o Cadastro Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, aponta para uma tendência de valorização dos serviços ecossistêmicos visando adotar novas estratégias de conservação e recuperação do meio ambiente no Brasil. Tais iniciativas reconhecem a relevância da atuação humana para a manutenção, recuperação ou melhoramento desses serviços, além da possibilidade de se estabelecer uma contraprestação, pecuniária ou não, decorrente dessa atuação. Contemplam também a necessidade de promover alternativas para a geração de renda das populações em situação de vulnerabilidade socioeconômica (Guerra, 2016).

As diretrizes do PNPSA contemplam: o atendimento aos princípios do provedor-recebedor, do poluidor-pagador e do usuário-pagador; o reconhecimento de que a conservação, a recuperação ou a melhoria dos SA contribuem para a manutenção da qualidade de vida da população; o PSA como instrumento de promoção do desenvolvimento social, ambiental, econômico e cultural das populações tradicionais, dos povos indígenas e dos agricultores familiares; a integração e a coordenação das políticas setoriais, de meio ambiente, agricultura, energia, pesca, aquicultura e desenvolvimento urbano, voltadas para a manutenção, recuperação ou melhoria dos SE; a complementaridade do PSA em relação aos instrumentos de comando e controle da Política Nacional do Meio Ambiente; a articulação entre programas e projetos de PSA implementados pela União, pelos estados, municípios e pelo Distrito Federal; entre outros aspectos (Brasil, 2009b).

O PL para a PNPSA do Senado Federal vem tramitando nas diferentes comissões, sendo que, em maio de 2018, seguiu para a Comissão de Assuntos Econômicos. Elaborado com o objetivo de “classificar, inventariar, cadastrar, avaliar e valorar os bens e serviços ecossistêmicos e seus provedores”, este PL foi associado principalmente à promulgação da Lei nº 12.651, em 2012 (Lei de Proteção da Vegetação Nativa). O “Código Florestal” estipulou a criação de um programa de apoio e incentivo à conservação do meio ambiente, em seu Artigo 41, para proporcionar o “pagamento ou incentivo a serviços ambientais como retribuição, monetária ou não, às atividades de conservação e melhoria dos ecossistemas e que gerem servi-

ços ambientais”. Assim, criou-se uma demanda explícita para regulamentação do pagamento pelos serviços ecossistêmicos. O PL propõe, por exemplo, o registro dos bens e serviços ecossistêmicos no meio rural por meio do Cadastro Ambiental Rural (CAR). Além disso, propõe que a Política Nacional de Meio Ambiente contemple o Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) como colegiado responsável por avaliar metodologias de inventários, avaliação, mensuração e valoração de bens e serviços ambientais. O PL propõe ainda novos mecanismos para alimentar o fundo para pagamento por serviços ambientais, como recursos do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima e das multas por infrações ambientais.

#### Programa Produtor de Água

No Brasil, os PSAs hídricos com foco na conservação de água tiveram início em 2005, com a criação do Programa Produtor de Água da Agência Nacional de Águas (ANA). Sua implantação pioneira foi no município de Extrema, em Minas Gerais, em 2006.. O programa Produtor de Água atua principalmente com foco no controle da poluição rural em áreas prioritárias de bacias hidrográficas de relevância estratégica para o País. Fundamenta-se no compromisso voluntário dos participantes e promove o desenvolvimento de iniciativas de PSA de proteção hídrica, ou seja, cujo objetivo seja a melhoria da qualidade e quantidade de águas, a regularização da vazão fluvial e ampliação da oferta hídrica (Agência Nacional de Águas, 2012; Fidalgo et al., 2017).

O programa prevê o apoio técnico e financeiro à execução de ações de conservação da água e do solo, como, por exemplo, a construção de terraços e bacias de infiltração, a readequação de estradas vicinais, a recuperação e proteção de nascentes, o reflorestamento de áreas de proteção permanente e reserva legal, o saneamento ambiental, entre outros. Prevê também o pagamento de incentivos (compensação financeira) aos produtores rurais que comprovadamente contribuam para a proteção e recuperação de mananciais, gerando benefícios para a bacia e a população (Santos et al., 2010). O programa possui um manual de operação disponível na página eletrônica da Agência Nacional de Águas (2012).

A partir da experiência no município de Extrema, outras iniciativas se desenvolveram no Brasil inicialmente no bioma Mata Atlântica, seguido do Cerrado e dos demais (Fidalgo et al., 2017). Guedes e Seehusen (2011) e Pagiola et al. (2013) registraram e descreveram o estágio em que se encontram as principais iniciativas de PSA hídrico do País.

Atualmente, a TNC classifica quatro categorias de fontes de pagamento dos PSAs hídricos. Na primeira categoria, os Comitês de Bacias Hidrográficas destinam recursos que vêm da cobrança pelo uso da água. Na segunda categoria, os estados e municípios criam uma legislação que permite o uso de recursos públicos para o pagamento. Na terceira categoria, o setor privado se convence da importância da água para sua produção, como é o caso das indústrias de bebidas, e resolve pagar para ter água de qualidade. A quarta categoria envolve as empresas de abastecimento de água, que pagam incentivando boas práticas ambientais para melhorar a qualidade da água e reduzir os custos de tratamento.

Embora seja crescente o número de iniciativas de PSA no Brasil, persistem ainda algumas dificuldades e lacunas a respeito da metodologia adotada para se obter um valor de pagamento justo e adequado à conservação de recursos naturais; monitoramento de SE nas iniciativas de PSA; divulgação dos impactos positivos na provisão de SE; continuidade da fonte dos recursos para pagamento, entre outros. A questão fundiária é também um problema porque as informações sobre a posse da terra são deficientes, o que dificulta a identificação do proprietário e, conseqüentemente, do provedor do SE (Wunder et al., 2009; Guedes; Seehusen, 2011). A restrição legal às agências do governo de realizarem pagamentos diretos aos proprietários de terras (Pagiola et al., 2013) também constitui impedimento a estas iniciativas. Ressalta-se, ainda, que a maioria das iniciativas brasileiras de PSA possui elevada burocracia e dependem de planos técnicos elaborados por especialistas, o que pode resultar em planos de conservação de alta qualidade. Mas, por outro lado, são dispendiosos e exigem um grande número de pessoal qualificado para executá-los.

Diversas publicações têm centrado esforços em organizar informação, sanar dúvidas e repassar experiências adquiridas para minimizar os desafios da implantação e condução de iniciativas de PSA. Entre elas, citam-se as mais atuais e disponíveis gratuitamente na internet para download: “Guia para a formulação de políticas públicas estaduais e municipais de pagamento por serviços ambientais” (Guia..., 2017) e “Manual para pagamento por serviços ambientais hídricos: seleção de áreas e monitoramento” (Fidalgo et al., 2017).

A Tabela 2 apresenta, por fim, os aspectos positivos, limitações, alinhamento com iniciativas e plataformas globais e o potencial da pesquisa da Embrapa em contribuir para tornar as ações mais efetivas e robustas no âmbito dos instrumentos legais e políticos nacionais relacionados aos SE.

**Tabela 2.** Aspectos positivos, limitações, alinhamento com iniciativas e plataformas globais e potencial da Embrapa e parceiros para contribuir com os instrumentos legais e políticos voltados à provisão e manutenção dos serviços ecossistêmicos (SE).

Lei/política/iniciativa	Pontos positivos	Limitações	Alinhamento global	Potencial de contribuição da Embrapa e parceiros
Política Nacional sobre Mudança do Clima – Lei nº 12.187/2009 e Plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC)	<p>Prevê condições para o produtor rural realizar os investimentos necessários à incorporação de alternativas tecnológicas de baixa emissão de carbono no processo produtivo e a intensificação sustentável.</p> <p>O programa ABC é uma linha de crédito para o financiamento das metas do Plano ABC e está incluído nos Planos Agrícolas e Pecuaríos (PAP) como uma linha de investimento.</p>	<p>Falta a contabilização dos resultados da implantação do Programa ABC a fim de verificar o cumprimento das metas internacionais brasileiras. A fiscalização das ações e monitoramento do seu impacto nos SE não estão bem definidos.</p> <p>Os produtores enfrentam problemas no acesso ao crédito por não atenderem a todas as exigências estabelecidas.</p> <p>A questão da adaptação às mudanças climáticas não está muito bem explicitada e nem sendo diretamente abordada.</p>	<p>Relaciona-se diretamente ao ODS 13: Ação contra a mudança global do clima, e indiretamente com os ODS 2, 12 e outros.</p> <p>Durante a 15ª Conferência das Partes (COP-15), o Governo Brasileiro divulgou o seu compromisso voluntário de redução entre 36,1% e 38,9% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) projetadas para 2020.</p> <p>O Programa ABC está associado ao cumprimento das metas assumidas pelo Brasil no Acordo de Paris, previsto na Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) Brasileira.</p>	<p>Implementação e avaliação dessa política e do Plano ABC, monitoramento dos impactos das práticas conservacionistas dos sistemas de produção agrícola nos SE e bem-estar dos atores envolvidos, proposição de adequações e correções de rumos (se necessário), organização da informação gerada, disseminação e orientação em relação às tecnologias propostas, entre outros.</p>

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Lei/política/ iniciativa	Pontos positivos	Limitações	Alinhamento global	Potencial de contribuição da Empresa e parceiros
Política Nacional de Biodiversidade – Decreto nº 4.339/2002	Prevê a promoção da conservação de forma integrada da biodiversidade, incluindo explicitamente a conservação dos serviços ecossistêmicos.	Estabelecida inicialmente como a estratégia nacional para a biodiversidade, sobrepõe-se a diversas outras leis e políticas sob a responsabilidade de implementação pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), também instituídas como compromisso do Brasil perante a CDB. O resultado são ações setorizadas e difusas, ao invés de uma estratégia integrada.	Relaciona-se diretamente aos ODS 14: Vida na água, e ODS 15: Vida terrestre, e de forma indireta com os ODS 6, 8, 11, 12 e outros.  Definida como a estratégia nacional para biodiversidade perante a Convenção da Diversidade Biológica, assinada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada na cidade do Rio de Janeiro, no período de 5 a 14 de junho de 1992 ( <a href="http://www.mma.gov.br/biodiversidade/convencao-da-diversidade-biologica">http://www.mma.gov.br/biodiversidade/convencao-da-diversidade-biologica</a> ).	Geração de informações que apoiem a gestão da biodiversidade e geração de SE ao se relacionar com a agricultura; o estabelecimento de mecanismos e instrumentos econômicos, de práticas e negócios sustentáveis que garantam a manutenção e a funcionalidade dos ecossistemas; o monitoramento, avaliação e mitigação de impactos sobre a biodiversidade; a informação, sensibilização pública e educação, visto que lida com públicos diversos; modelos e métodos de produção agrícola e aproveitamento sustentável dos SE que assegurem a multifuncionalidade e maior permeabilidade da paisagem.

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Lei/política/ iniciativa	Pontos positivos	Limitações	Alinhamento global	Potencial de contribuição da Embrapa e parceiros
Lei nº 12.651/2012 e Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg)	Denominada por Código Florestal, prevê a proteção de vegetação nativa em áreas de extrema relevância como as APPs, implicando provisão de diversos SE, com destaque para a água e a manutenção da biodiversidade. Traz a possibilidade de uso econômico durante o período de recomposição da Reserva Legal, o que pode estimular os proprietários a recompor sua RL. Ainda quanto ao aspecto econômico, vale lembrar que o manejo agroflorestal é permitido para a recomposição de APP e RL, principalmente para pequenas propriedades, o que oferece uma nova possibilidade de uso sustentável do solo.	O custo da restauração é elevado. Os esforços mais recentes nas pesquisas vêm buscando justamente reduzir os custos da restauração, como indicam os estudos que investigam o potencial de regeneração natural em áreas que precisam ser restauradas, o que poderia reduzir significativamente os custos. Outras limitações dizem respeito à dificuldade de incorporação do elemento arbóreo na paisagem, por representar – de acordo com o entendimento consolidado do produtor – perda de área produtiva e restrições legais. Nesse segundo aspecto, o entendimento do produtor é justificado, pois os órgãos ambientais ainda não conseguiram definir o que é passível de autorização e em que situação (como o caso da geração de renda pela exploração de madeira nativa).	Relaciona-se diretamente aos ODS 14: Vida na água, ODS 15: Vida terrestre, ODS 6: Água potável e saneamento, e de forma indireta com os ODS 8, 11, 12, 13 e outros. A Lei Federal nº 12.651/2012, no que diz respeito principalmente à exigência de recomposição APP e RL, tem forte alinhamento com outros compromissos dos quais o Brasil é signatário, como o Bonn Challenge, a Iniciativa 20 x 20 e a	Geração de informações, métodos e novos modelos que apoiem a restauração florestal, tornando-a mais eficiente e com retorno de renda ao produtor rural, reduzindo custos e atendendo às demandas e especificidades de cada bioma brasileiro. Também deve buscar respostas a respeito da interação e fluxos da floresta-água-solo-clima e sua relação com as práticas agrícolas sustentáveis.
A lei apresenta ainda o conceito de Área de Uso Restrito (AUR), antes consideradas APP; de acordo com a lei, somente boas práticas conservacionistas do solo serão aceitas nessas áreas, favorecendo a provisão de SE.	O CAR está organizando uma base de dados em escala de propriedade que será importante para a adequação ambiental, assim como nortear planejamento agropecuário das propriedades visando à sustentabilidade.	Além disso, a Embrapa pode contribuir capacitando técnicos, extensionistas, agricultores e tomadores de decisão (em todos os níveis federativos) sobre os conceitos, técnicas e estratégias associados à restauração de áreas degradadas e à adequação ambiental das propriedades rurais.	Além disso, a Embrapa pode contribuir capacitando técnicos, extensionistas, agricultores e tomadores de decisão (em todos os níveis federativos) sobre os conceitos, técnicas e estratégias associados à restauração de áreas degradadas e à adequação ambiental das propriedades rurais.	Além disso, a Embrapa pode contribuir capacitando técnicos, extensionistas, agricultores e tomadores de decisão (em todos os níveis federativos) sobre os conceitos, técnicas e estratégias associados à restauração de áreas degradadas e à adequação ambiental das propriedades rurais.

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Lei/política/ iniciativa	Pontos positivos	Limitações	Alinhamento global	Potencial de contribuição da Embrapa e parceiros
Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (Projetos de Lei Federais: PL nº 312/2015 (reeditou o PL nº 1274/2011), PL nº 276/2013, PL nº 5.487/2009 e PL nº 792/2007)	<p>Considera todos os tipos de Serviços Ambientais.</p> <p>Contempla diversos aspectos necessários à implementação e execução da PNPSA.</p> <p>Há uma preferência dada aos agricultores familiares.</p> <p>Os objetivos, diretrizes e ações previstos no PL 312/2015 constituem um instrumento com potencial para promover impactos positivos e relevantes nos diferentes aspectos: social, cultural, econômico e ambiental, devido ao seu escopo de sustentabilidade e abrangência espacial.</p>	<p>Apesar de existir grande número de PLs de âmbito nacional sobre PSA, elas apresentam conteúdo muito semelhante e ainda não foram aprovados e/ou implementados por conflitos de interesses e divergências entre ambientalistas e ruralistas.</p> <p>Falta também clareza sobre quem poderá receber a compensação e como ela será feita (beneficiários).</p> <p>Não são especificados com detalhes os aspectos necessários (monitoramento, fiscalização, planejamento técnico e institucional) para orientar a implementação de uma política pública complexa como é o caso dos PSAs.</p> <p>Há dúvidas em relação à origem dos recursos para o PSA.</p>	<p>Os objetivos e diretrizes do PL 312/2015 apresentam forte alinhamento aos ODS 6: Água potável e saneamento, ODS 12: Consumo e produção responsáveis, ODS 13: Ação contra a mudança global do clima, ODS 14: Vida na água, e ODS 15: Vida terrestre, além de ter alinhamentos indiretos com os ODS 2, 3, 8, 17 e outros.</p> <p>Muitos países possuem uma Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, o que tem implicado em impactos positivos nos SE, como é o caso da Costa Rica e do México.</p> <p>Bastante alinhada a esta política é a Plataforma Internacional de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES), de que o Brasil faz parte, visando à aproximação de ciência e política em prol dos SE (<a href="https://www.ipbes.net/">https://www.ipbes.net/</a>).</p>	<p>O desafio de se implementar uma política nacional de PSA é grande e exige esforço conjunto de diversos instituições e atores relacionados. Nesse sentido, a Embrapa e seus parceiros têm competências suficientes para contribuir de forma expressiva, no âmbito nacional, estadual e municipal, nos seguintes aspectos: análise dos PL, apontando lacunas e melhorias; desenvolvimento de ferramentas que possam apoiar os PSAs em seus desafios tais como redução de custos do monitoramento, no ganho de escala e abrangência, na valoração de SE; no desenvolvimento de novos modelos e diretrizes para tornar a PNPSA e os PSA mais robustos e eficazes no País.</p>

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Lei/política/ iniciativa	Pontos positivos	Limitações	Alinhamento global	Potencial de contribuição da Empresa e parceiros
Programa Produtor de Águas da Agência Nacional de Águas – 2005	<p>Iniciativa voluntária. Mobilização de instituições e comunidades rurais em prol da conservação da água no meio rural.</p> <p>Modelo livre (não há necessidade de seguir um único modelo).</p> <p>Diferentes arranjos institucionais e fontes de recursos e parcerias.</p> <p>Aumento da renda pelo PSA e por outras alternativas de agregação de renda ao produtor pela presença do PSA, como o turismo rural ou agroturismo, sistemas agroflorestais e outros.</p> <p>Apoio técnico para a implementação das práticas conservacionistas.</p> <p>Em alguns casos, tem atraído a atenção de diversas empresas privadas que acabam investindo em infraestrutura.</p> <p>Aumento da percepção dos envolvidos sobre a importância dos SE.</p> <p>Valorização do importante papel que o produtor rural possui para a conservação e sustentabilidade na produção agrícola.</p> <p>Contribui para o processo de restauração ou de proteção de APPS (Código Florestal).</p>	<p>Há lacunas no monitoramento e comprovação dos impactos dos PSAs hídricos nos SE.</p> <p>O custo da restauração é elevado.</p> <p>A escala de atuação local precisa avançar em termos de ganho de escala.</p> <p>O fator adicionalidade (compensar para restaurar o que já é obrigação por lei, como é o caso das APPs) é uma crítica por parte dos ambientalistas.</p> <p>Não há regulamentação por parte de uma PNPSA.</p> <p>Há necessidade de padronização de métodos e orientações e de organização das informações relacionadas aos PSAs hídricos.</p>	<p>Relaciona-se diretamente aos ODS 6: Água potável e saneamento, ODS 14: Vida na água, e ODS 12: Consumo e produção responsáveis, e indiretamente aos ODS 1, 2, 3, 8, 11, 17 e outros.</p> <p>Alguns PSAs hídricos brasileiros fazem parte da Aliança de Fundos de Águas da América Latina (<a href="http://fundosdeagua.org/esp/">http://fundosdeagua.org/esp/</a>).</p>	<p>Geração de informações, métodos e novos modelos que apoiem a restauração florestal, tornando-a mais eficiente e com retorno de renda ao produtor rural, reduzindo custos e atendendo às demandas e especificidades de cada bioma brasileiro; análise dos PSAs hídricos, apontando lacunas e melhorias; desenvolvimento de ferramentas que possam apoiar os PSAs em seus desafios tais como redução de custos do monitoramento, no ganho de escala e abrangência, na valoração de SE; no desenvolvimento de novos modelos e diretrizes para tornar a PNPSA e os PSA mais robustos e eficazes no País; contribuição para soluções de organização e disponibilização dos dados relativos aos PSAs hídricos.</p>

## Instrumentos legais e políticos estaduais e municipais relacionados aos SE

Os instrumentos legais e políticos estaduais e municipais muito têm avançado em prol dos serviços ecossistêmicos, trazendo soluções regionais e locais.

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é um exemplo de instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentado pelo Decreto nº 4.297/2002 (Brasil, 2002a), que tem sido utilizado pelo poder público em projetos de diversas escalas e territórios nacionais. Municípios, estados da federação e órgãos federais têm executado ZEEs e avançado na conexão entre os produtos gerados e os instrumentos de políticas públicas, com o objetivo de efetivar ações de planejamento ambiental territorial.

Em termos de recursos hídricos, por exemplo, os estados elaboram seus planos estaduais de bacias hidrográficas, visando subsidiar o planejamento e ações focadas nas demandas estaduais, as quais são executadas por meio dos comitês e agências de bacias. Já o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) Verde ou Ecológico é um mecanismo que possibilita o acesso dos municípios aos recursos financeiros arrecadados pelos estados da federação, para compensar áreas ambientalmente protegidas e condições adequadas de saneamento básico.

Em termos de conservação e restauração florestal e manutenção da biodiversidade, diversos são os instrumentos legais e políticos. No bioma Amazônia, tem-se o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), que foi criado em 2004 e tem como objetivos reduzir de forma contínua e consistente o desmatamento e criar as condições para estabelecer modelos de desenvolvimento sustentável na Amazônia Legal. Um dos principais desafios iniciais foi integrar o combate ao desmatamento nas políticas brasileiras, partindo-se do princípio de que o combate às causas do desmatamento não poderia mais ser conduzido de forma isolada pelos órgãos ambientais.

O programa estadual Bolsa Floresta na Amazônia foi um dos PSAs precursores criado em 2007. Segundo Pagiola et al. (2013), esse programa foi concebido ao longo do processo de implementação do Programa Zona Franca Verde, após a criação da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS) do estado do Amazonas, baseado nas emissões evitadas de GEE pela conservação da floresta amazônica. O Programa Bolsa Floresta prevê uma compensação financeira para os serviços prestados pelas populações tradicionais do Amazonas. Esse modelo tem

sido aplicado nas reservas extrativistas marinhas, em moldes semelhantes ao da floresta.

A Lei nº 11.428/2006 que dispõe sobre a conservação, a proteção, a regeneração e a utilização do Bioma Mata Atlântica (Brasil, 2006). Há também o Pacto de Restauração da Mata Atlântica, que surgiu em 2006 com o objetivo de articular instituições públicas e privadas, governos, empresas, comunidade científica e proprietários de terras para integrar seus esforços e recursos na geração de resultados em restauração e conservação da biodiversidade nos 17 estados do bioma. A meta do pacto é viabilizar a recuperação de 15 milhões de hectares até o ano de 2050, mas com metas e monitoramento dos resultados anuais. Ressalta-se que foi nesse bioma que se iniciaram os PSAs hídricos, mencionados no item 3.5 (Guedes; Seehusen, 2011; Pagiola et al., 2013; Fidalgo et al., 2017). A primeira iniciativa de PSA hídrico, denominada Conservador das Águas, teve como parceira a Prefeitura Municipal de Extrema, The Nature Conservancy (TNC) e o Instituto Estadual de Florestas do estado de Minas Gerais (IEF/MG), contando com recursos do Comitê de Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Jundiá e Capivari (PCJ) (Altmann et al., 2015). Esse PSA hídrico está relacionado ao Programa Produtor de Águas da ANA, mas outras iniciativas se encontram em curso nesse bioma, com diferentes arranjos institucionais.

Para a Caatinga, único bioma exclusivamente brasileiro, existe uma série de políticas que abordam em seu texto a questão dos serviços ecossistêmicos. Merecem destaque: o PL 222/2016 (Brasil, 2016a), que institui a Política de Desenvolvimento Sustentável da Caatinga, visando implementar programas de PSA prestados nas propriedades rurais e criar linhas de créditos especiais e incentivos fiscais para o pagamento por serviços ambientais; e o PL 6391/2016 (Brasil, 2016b), que dispõe sobre o estabelecimento do Fundo Caatinga pelo Banco do Nordeste (BNB), autorizando o BNB a destinar recursos de diferentes fontes para a realização de aplicações não reembolsáveis em ações de prevenção, monitoramento e combate ao desmatamento e de promoção da conservação e do uso sustentável no bioma Caatinga em diferentes áreas.

No Ceará, por exemplo, um projeto de lei sobre PSA está tramitando na câmara estadual e tem por objetivo instituir a Política Estadual sobre Serviços Ambientais e Ecossistêmicos, com o objetivo geral de promover, incentivar e fomentar os serviços ambientais e ecossistêmicos do estado, além de estruturar e fortalecer a atuação do Poder Público no apoio e incentivo aos setores produtivos e de prestação de

serviços no estado do Ceará voltados à economia regional de baixa emissão de gases de efeito estufa e conservação e proteção aos ecossistemas. O projeto visa ainda criar instrumentos de incentivos econômicos e fiscais capazes de estimular a preservação e a conservação. Existe também a Lei Complementar 175/2017 (Ceará, 2017), que dispõe sobre a prevenção e o combate a incêndio florestal, e o Programa Hora de Plantar, política pública estadual que subsidia a compra de sementes para os produtores que utilizam técnicas conservacionistas reconhecidamente prestadoras de serviços ambientais.

O Cerrado detém 5% da biodiversidade do planeta, sendo considerado a savana mais rica do mundo, e mesmo assim é um dos biomas mais ameaçados do País. Para fazer frente a esse problema, o MMA lançou, em setembro de 2009, a versão para consulta pública do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado), contendo iniciativas próprias ou das suas instituições vinculadas: Ibama; Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio); ANA e Serviço Florestal Brasileiro (SFB).

O Pantanal é o bioma brasileiro mais preservado devido à pecuária tradicional extensiva adaptada ao pulso anual de inundação nas planícies. Atividades de intensificação pecuária são possíveis dentro de limites sustentáveis, conservando a integridade e os serviços dos ecossistemas inundáveis (Abreu et al., 2018). A questão ambiental prioritária no Pantanal trata do assoreamento acelerado de leitos de rios na planície em razão do uso não sustentável de solos agricultáveis nas cabeceiras dos rios formadores do Pantanal, localizadas no Cerrado do planalto circundante (Galdino et al., 2005).

Contudo, a ausência de medidas tangíveis de governo e a manutenção do uso não sustentável dos solos pela agricultura nos planaltos, aliadas à perspectiva do aumento da frequência de eventos extremos de chuva de verão pela mudança do clima, representam ameaças concretas para a manutenção da pecuária tradicional nas planícies pantaneiras no médio e longo prazos (Bergier et al., 2018).

Dessa forma, é de suma importância que sejam rapidamente consolidadas políticas públicas que viabilizem: 1) mecanismos temporários de PSA para pecuaristas no Pantanal impossibilitados de realizar sua atividade produtiva, mas prestando o serviço de acomodação dos sedimentos em suas propriedades; e 2) mecanismos permanentes de PSA para produtores nos planaltos circundantes que garantam o serviço sustentável de retenção de água e de sedimentos em sistemas integrados

de lavoura, pecuária (bovina, suína e outras) e floresta de produção de alimentos (Bergier, 2013). No Senado Federal, tramita o Projeto de Lei do Pantanal (PL nº 750/2011) (Brasil, 2011b). As audiências públicas desse projeto têm ressaltado a necessidade de mecanismos de PSA como alternativa viável para uso sustentável do Pantanal e entorno.

No bioma Pampa, no estado do Rio Grande do Sul, o Projeto de Lei nº 449/2007 (Brasil, 2007) foi apresentado para instituir a política estadual de serviços ambientais, sendo arquivado em 23/12/2010. Em 2011, foi instituída a comissão especial para pagamento por serviços ambientais a fim de colher subsídios junto à sociedade sobre o tema, concluindo a importância do estabelecimento de políticas de pagamento por serviços ambientais como forma de incentivo à conservação. O PL nº 26/2011 (Brasil, 2011a) foi apresentado e arquivado em 2013, enquanto o PL nº 11/2012 aguarda parecer (Brasil, 2012c). A fonte de recursos é um dos maiores entraves para a aprovação desse projeto (Comissão Especial sobre o Pagamento por Serviços Ambientais, 2012).

Alguns municípios têm instituído programas de pagamento por serviços ambientais no estado do Rio Grande do Sul, sendo a manutenção dos pagamentos o maior desafio. É o caso do município de Três Passos, que instituiu a Lei Municipal nº 4.346/2010 para “Pagamento aos produtores para recuperação de nascentes”, tendo como fonte de recursos um valor recebido pelo Instituto Sadia de sustentabilidade. Entretanto, os pagamentos não tiveram continuidade, o que consiste em um dos principais gargalos dos PSAs no Brasil (Werle, 2013). Já o município de Vera Cruz conta com um programa de pagamento por serviços ambientais conhecido como Protetor das Águas, que iniciou em 2011. Ele tem sido financiado pela Fundación Altadis da Espanha, com o apoio da prefeitura municipal, associação dos fumicultores do Brasil (Afubra), sindicato das indústrias do Tabaco (SindiTabaco) e do comitê de bacia hidrográfica do Rio Pardo (Moraes, 2012), sendo assegurado pela Lei municipal nº 4.264/2015 (Vera Cruz, 2015), que instituiu a Política Pública, o Programa Municipal e o Fundo Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais. A continuidade do programa tem sido financiada pela Philip Morris Brasil, e recentemente o município obteve apoio da Agência Nacional de Águas para um projeto de conservação de solos. Aqui se evidencia a necessidade de obtenção de pagamentos pelo setor público, considerados mais acessíveis hoje no Brasil (Fernandes; Botelho, 2016); contudo, quando os recursos são públicos, pode haver descontinuidade no pagamento, por diversos motivos.

Young e Bakker (2015) apresentam diversas possibilidades de fundos estaduais e municipais que poderiam ser utilizados como incentivos econômicos à conservação, mas é preciso estabelecer instrumentos legais para a sua viabilização. Por exemplo, o estado do Rio de Janeiro regulamentou o PSA hídrico como instrumento de gestão de recursos hídricos, por meio de um subprograma do Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos (PROHIDRO), contando com recursos da cobrança pelo uso da água, por meio dos comitês de bacia hidrográfica. Sendo assim, quando se trata de recursos financeiros provindos da cobrança pelo uso da água, tem-se maior segurança na continuidade do pagamento, pois a cobrança ocorre continuamente, independentemente de governos.

Como a questão legal e de regulamentação dos PSAs é uma das principais lacunas encontradas nessas iniciativas, na literatura são encontradas diversas publicações focadas em orientar os estados e municípios, como o “Guia para a formulação de políticas públicas estaduais e municipais de pagamento por serviços ambientais” (Guia..., 2017), que tem como objetivo fornecer conceitos e exemplos práticos, além de apresentar os elementos e aspectos principais a serem tratados na normatização legal de políticas públicas de PSA, oferecendo, principalmente aos formuladores dessas políticas, uma orientação para a normatização legal pretendida.

## Considerações finais

- No Brasil há um conjunto de estudos científicos e instrumentos legais e políticos voltados à provisão e manutenção dos SE. Esse aspecto tem sido muito importante para a continuidade das ações, principalmente nos níveis estaduais e municipais. Contudo, programas de fiscalização e de monitoramento das ações e dos impactos das políticas e programas têm sido ineficientes, criando uma grande lacuna.
- Muitas dessas políticas se sobrepõem e carecem de instrumentos governamentais que permitam a sua atuação conjunta ou complementação com a sinergia de comunicação e utilização de recursos humanos e financeiros.
- No caso das iniciativas que contemplam a compensação pelos SE na forma de pagamento, o valor ainda é inexpressivo e muitos produtores rurais não conseguem atender às exigências dos editais. Em muitos casos, a fonte do recurso não é segura e contínua, como, por exemplo, em PSAs ligados à conservação de recursos hídricos.
- Há especificidades regionais e dos ecossistemas/biomas que precisam ser levadas em conta tanto na proposição de leis e políticas, quanto em iniciativas de PSA.

- Quase todas as categorias de SE são contempladas nos instrumentos legais e políticos avaliados, como provisão (água, alimentos), regulação (estoque de carbono, controle à erosão, qualidade do solo, climática, purificação da água, etc.) e de suporte (habitat e manutenção da biodiversidade).
- O aspecto social e os serviços ecossistêmicos culturais como o turismo, a recreação, a beleza cênica, etc. muitas vezes não são transparentes e evidentes nos instrumentos legais e políticos e tampouco têm sido levados em conta e avaliados.
- É necessária e desejável uma maior interação da pesquisa da Embrapa e seus parceiros com formuladores de políticas públicas e agentes da iniciativa privada, no sentido de inovar e buscar soluções sistêmicas para problemas regionais complexos em relação à provisão e manutenção dos SE no meio rural, com vistas à sustentabilidade e a segurança alimentar e socioeconômica do País.

## Referências

ABREU, U. G. P. de; BERGIER, I.; COSTA, F. P.; OLIVEIRA, L. O. F. de; NOGUEIRA, E.; SILVA, J. C. B.; SCHIAVI, D.; SILVA JUNIOR, C. **Sistema intensivo de produção na região tropical brasileira: o caso do pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2018. 28 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 155). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174991/1/DOC-155-Urbano.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Manual operativo do Programa Produtor de Água**. 2. ed. Brasília, DF, 2012. 84 p. Disponível em: <[http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/Manual%20Operativo%20Vers%C3%A3o%202012%202001\\_10\\_12.pdf](http://produtordeagua.ana.gov.br/Portals/0/DocsDNN6/documentos/Manual%20Operativo%20Vers%C3%A3o%202012%202001_10_12.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

AHRENS, S.; AHRENS, C. A previsão normativa para o pagamento por serviços ambientais no Código Florestal Brasileiro. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 31, p. 349-356. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130041/1/AHRENS-LivroServicosAmbientais-Cap31.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

ALTMANN, A.; SOUZA, L. F. de; STANTON, M. S. **Manual de apoio à atuação do Ministério Público: pagamento por serviços ambientais**. Porto Alegre: Andrefc.com Assessoria e Consultoria em Projetos, 2015. Disponível em: <[http://www.mpam.mp.br/attachments/article/8521/Manual\\_Pagamentos\\_por\\_Servicos\\_Ambientais.pdf](http://www.mpam.mp.br/attachments/article/8521/Manual_Pagamentos_por_Servicos_Ambientais.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

BERGIER, I.; ASSINE, M. L.; MCGLUE, M. M.; ALHO, C. J. R.; SILVA, A.; GUERREIRO, R. L.; CARVALHO, J. C. Amazon rainforest modulation of water security in the Pantanal wetland. **Science of the Total Environment**, v. 619/620, p. 1116-1125, Apr. 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.163.

BERGIER, I. Effects of highland land-use over lowlands of the Brazilian Pantanal. **Science of the Total Environment**, v. 463/464, p. 1060-1066, Oct. 2013. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.06.036.

BRASIL. Congresso. **Decreto Legislativo nº 2, de 1994**. Aprova o texto do Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na Cidade do Rio de Janeiro, no período de 5 a 14 de junho de 1992. Brasília, DF, 3 fev. 1994. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decleg/1994/decretolegislativo-2-3-fevereiro-1994-358280-publicacaooriginal-1-pl.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998**. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. Brasília, DF, 16 mar. 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D2519.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2519.htm)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002**. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. Brasília, DF, 10 jul. 2002a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/D4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm)>. Acesso em: 4 fev. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002**. Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade. Brasília, DF, 22 ago. 2002b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/D4339.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4339.htm)>. Acesso em: 4 fev. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010**. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. Brasília, DF, 9 dez. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017**. Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. Brasília, DF, 23 jan. 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/D8972.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D8972.htm)>. Acesso em 28 fev. 2018.

BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília, DF, 22 dez. 2006. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm)>. Acesso em: 4 fev. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, DF, 29 dez. 2009a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25, de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 25 maio 2012a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, DF: MAPA/ACS, 2012b. 173 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Portaria nº 268, de 18 de junho de 2004**. Institui o Programa de Pesquisa em Biodiversidade. Brasília, DF, 18 jun. 2004. Disponível em: <[http://ppbio.museu-goeldi.br/sites/default/files/PortariaMCT\\_268-2004\\_Criacao\\_do\\_PPBio.pdf](http://ppbio.museu-goeldi.br/sites/default/files/PortariaMCT_268-2004_Criacao_do_PPBio.pdf)>. Acesso em: 4 fev. 2019.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 11, de 2012**. Institui a Política Estadual dos Serviços Ambientais e o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais, e dá outras providências. Brasília, DF, 2012c. Disponível em: <<http://proweb.procergs.com.br/Diario/DA20150211-01-100000/EX20150211-01-100000-PL-11-2012.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2019.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 222, de 2016**. Institui a Política de Desenvolvimento Sustentável da Caatinga, com vistas à preservação do meio ambiente, à erradicação da pobreza e à redução das desigualdades sociais no território desse bioma. Brasília, DF, 2016a. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/125968>>. Acesso em: 4 fev. 2019.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 26, de 2011**. Dispõe sobre a Política Estadual de Serviços Ambientais. Brasília, DF, 2011a. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/legislativo/OrdemdoDia.aspx>>. Acesso em: 4 fev. 2019.

BRASIL. **Projeto de Lei no 449, de novembro de 2007**. Institui a Política Estadual de Serviços Ambientais do Estado do Rio Grande do Sul. Brasília, DF, 2007. Disponível em: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi46vve3qLgAhVwplkKHfKwBlwQFjABegQICBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.planetaverde.org%2Fmudancasclimaticas%2Fdown.php%3Farq%3D080609-040749PL%2520449\\_RS.pdf%26pasta%3Dlegislacao\\_clima&usq=AOvVaw01S16YCuMnqQKyljSD9oqV](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi46vve3qLgAhVwplkKHfKwBlwQFjABegQICBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.planetaverde.org%2Fmudancasclimaticas%2Fdown.php%3Farq%3D080609-040749PL%2520449_RS.pdf%26pasta%3Dlegislacao_clima&usq=AOvVaw01S16YCuMnqQKyljSD9oqV)>. Acesso em: 4 fev. 2019.

BRASIL. **Projeto de Lei no 5.487, de 24 de junho de 2009**. Institui a Política Nacional dos Serviços Ambientais, o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais e dá outras providências. Brasília, DF, 2009b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Projetos/PL/2009/msg447-090605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Projetos/PL/2009/msg447-090605.htm)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

BRASIL. **Projeto de Lei no 6.391, de 2016**. Dispõe sobre o estabelecimento do Fundo Caatinga pelo Banco do Nordeste do Brasil - BNB e dá outras providências. Brasília, DF, 2016b. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2115296>>. Acesso em: 4 fev. 2019

BRASIL. **Projeto de Lei no 750, de 2011**. Dispõe sobre a Política de Gestão e Proteção do Bioma Pantanal e dá outras providências. Brasília, DF, 2011b. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/103831>>. Acesso em: 4 fev. 2019.

CEARÁ. **Lei Complementar no 175, de 12 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a prevenção e o combate a incêndio florestal; sobre a contratação temporária de brigadistas de incêndios florestais; proíbe a queima e disciplina o uso do fogo controlado. Fortaleza, 12 dez. 2017. Disponível em: <<http://imagens.seplag.ce.gov.br/PDF/20171213/do20171213p01.pdf#page=2>>. Acesso em 28 fev. 2018.

COMISSÃO ESPECIAL SOBRE O PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS. **Relatório final**. 2012. 218 p. Disponível em: <[http://www.al.rs.gov.br/download/ComEspPag\\_Serv\\_Ambientais/RF\\_PSA.PDF](http://www.al.rs.gov.br/download/ComEspPag_Serv_Ambientais/RF_PSA.PDF)>. Acesso em: 9 ago. 2018.

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. **CBD home**. Disponível em: <<https://www.cbd.int/>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

COUDEL, E.; FERREIRA, J. N.; AMAZONAS, M. de C.; ELOY, L.; HERCOWITZ, M.; MATTOS, L. M.; MAY, P.; MURADIAN, R.; PIKETTY, M.-G.; TONI, F. The rise of PES in Brazil: from pilot projects to public policies. In: MARTINEZ-ALIER, J.; MURADIAN, R. (Ed.). **Handbook of ecological economics**. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2015. cap. 18, p. 450-472. DOI: 10.4337/9781783471416.00022.

CUADRA, S. V.; HEINEMANN, A. B.; BARIONI, L. G.; MOZZER, G. B.; BERGIER, I. (Ed.). **Ação contra a mudança global do clima**: contribuições da Embrapa. Brasília, DF: Embrapa: 2018. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 13). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175715/1/13-a-o-contr-a-a-mudan-a-global-do-clima-contribui-es-.epub>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

ELOY, L.; COUDEL, E.; TONI, F. Dossiê pagamentos por serviços ambientais no Brasil. **Sustentabilidade em Debate**, v. 4, n. 1, p. 17-20, jan./jun. 2013. Disponível em: <[blob:http://periodicos.unb.br/d0e51904-bb46-429f-a126-521cf8719194](http://periodicos.unb.br/d0e51904-bb46-429f-a126-521cf8719194)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

FERNANDES, L. S.; BOTELHO, R. G. M. Methodological proposal for prioritization ranking of municipalities for implantation of payment for environmental services programs. **Ambiente e Sociedade**, v. 19, n. 4, p. 101-120, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n4/1809-4422-asoc-19-04-00101.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; SCHULER, A. E. (Ed.). **Manual para pagamento por serviços ambientais hídricos**: seleção de áreas e monitoramento. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 78 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160960/1/Manual-PSA-hidricos-2017.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

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.

GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. (Org.). **Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica**: lições aprendidas e desafios. Brasília, DF: MMA, 2011. 272 p. (Série Biodiversidade, 42). Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/202/\\_arquivos/psa\\_na\\_mata\\_atlantica\\_licoes\\_aprendidas\\_e\\_desafios\\_202.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/psa_na_mata_atlantica_licoes_aprendidas_e_desafios_202.pdf)>. Acesso em: 8 dez. 2017.

GUERRA, L. B. **Pagamentos por serviços ambientais**: justiça socioambiental e proteção jurídica no Brasil. 2016. 229 f. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental) – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus. Disponível em: <<http://tede.uea.edu.br/jspui/bitstream/tede/265/5/Lais%20Baptista.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

GUIA para a formulação de políticas públicas estaduais e municipais de pagamento por serviços ambientais. 2017. 77 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/143-economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade.html?download=1420:guia-para-a-formula%C3%A7%C3%A3o-de-pol%C3%ADticas-p%C3%BAblicas-estaduais-e-municipais-de-pagamento-por-servi%C3%A7os-ambientais>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

- IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros** - 2012. Pesquisa de informações básicas municipais. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=264638>>. Acesso em: 5 maio 2018.
- INCENTIVOS econômicos para serviços ecossistêmicos no Brasil. Rio de Janeiro: Forest Trends, 2015. Disponível em: <[http://brazil.forest-trends.org/documentos/matriz\\_book.pdf](http://brazil.forest-trends.org/documentos/matriz_book.pdf)>. Acesso em: 8 dez. 2017.
- LEITE, M. B.; ANGUITA, P. M. de. Classificação das políticas públicas relacionadas com os serviços ecossistêmicos no território brasileiro. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 37, n. 1, p. 106-121, jan./abr. 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/bgg/article/download/46246/22770>>. Acesso em: 28 fev. 2018.
- MAGNUSSON, W. (Org.). **Biodiversidade e monitoramento ambiental integrado = Biodiversity and integrated environmental monitoring**. Santo André, SP: Áttema Editorial, 2013. Disponível em: <[https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Biodiversidade\\_e\\_monitoramento\\_ambiental\\_integrado.pdf](https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Biodiversidade_e_monitoramento_ambiental_integrado.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2018.
- MATTOS, L. M. de; HERCOWITZ, M. (Ed.). **Economia do meio ambiente e serviços ambientais: estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 294 p. ISBN: 978-85-7383-529-8.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005. 137 p. Disponível em: <<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.
- MORAES, J. L. A. de. Pagamento por serviços ambientais (PSA) como instrumento de política de desenvolvimento sustentável dos territórios rurais: o projeto protetor das águas de Vera Cruz, RS. **Sustentabilidade em Debate**, v. 3, n. 1, p. 43-56, jan./jun. 2012. Disponível em: <[blob:http://periodicos.unb.br/223ff046-7d70-4489-88a5-00901076d63f](http://periodicos.unb.br/223ff046-7d70-4489-88a5-00901076d63f)>. Acesso em: 28 fev. 2018.
- NOVION, H. de; VALLE, R. do (Org.). **É pagando que se preserva?: subsídios para políticas de compensação por serviços ambientais**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009. 343 p. (ISA. Documentos, 10). Disponível em: <<https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/publications/T3L00018.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.
- OBSERVATÓRIO ABC. Disponível em: <<http://observatorioabc.com.br/>>. Acesso em: 28 fev. 2018.
- PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. (Org.). **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo: SMA/CBRN, 2013. 336 p. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/548371468021548454/pdf/864940WPOP088000PORTUGUESE0PSAivro.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.
- RIVA, A. L. M. da; FONSECA, L. F. L. da; HASENCLEVER, L. **Instrumentos econômicos e financeiros para a conservação ambiental no Brasil**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2007. 138 p. Disponível em: <[https://www.socioambiental.org/banco\\_imagens/pdfs/10295.pdf](https://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/10295.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2018.
- SANTOS, D. G.; DOMINGUES, A. F.; GISLER, C. V. T. Gestão de recursos hídricos na agricultura: o Programa Produtor de Água. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 353-376. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34008/1/livro-manejo.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

SOTERRONI, A. C.; MOSNIER, A.; CARVALHO, A. X. Y.; CÂMARA, G.; OBERSTEINER, M.; ANDRADE, P. R.; SOUZA, R.; BROCK, R.; PIRKER, J.; KRAXNER, F.; HAVLÍK, P.; KAPOS, V.; ERMGASSEM, E. K. H. J. zu; VALIN, H.; RAMOS, F. M. Future environmental and agricultural impacts of Brazil's Forest Code. *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 7, 2018. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaccbb/pdf>>. Acesso em: 8 ago 2018.

VEIGA NETO, F. C. da. **A construção dos mercados de serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável no Brasil**. 2008. 286 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. Disponível em: <[http://institucional.ufrrj.br/portalcpsda/files/2018/08/2008.tese\\_fernando\\_veiga\\_netto.pdf](http://institucional.ufrrj.br/portalcpsda/files/2018/08/2008.tese_fernando_veiga_netto.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

VERA CRUZ (RS). **Lei Municipal no 4.264, de 01 de dezembro de 2015**. Institui a Política Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais, cria o Programa Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais e o Fundo Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais e dá outras providências. Vera Cruz, 2015. Disponível em: <<https://veracruz.rs.gov.br/instarenv/assets/uploads/file/8eqejo4i.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2019.

WERLE, W. **Pagamento por prestação de serviços ambientais**: um estudo do programa municipal de recuperação de nascentes de Três Passos/RS. 2013. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Tecnólogo em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/87405/000908190.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

WUNDER, S.; BÖRNER, J.; TITO, M. R.; PEREIRA, L. (Coord.). **Pagamentos por serviços ambientais**: perspectivas para a Amazônia legal. 2. ed. rev. Brasília, DF: MMA, 2009. 144 p. (Série Estudos, 10). Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/168/\\_publicacao/168\\_publicacao17062009123349.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/168/_publicacao/168_publicacao17062009123349.pdf)>. Acesso em 4 fev. 2019.

YOUNG, C. E. F.; BAKKER, L. B. de. Instrumentos econômicos e pagamentos por serviços ambientais no Brasil. In: INCENTIVOS econômicos para serviços ecossistêmicos no Brasil. Rio de Janeiro: Forest Trends, 2015. p. 33-56. Disponível em: <[http://brazil.forest-trends.org/documentos/matriz\\_book.pdf](http://brazil.forest-trends.org/documentos/matriz_book.pdf)>. Acesso em: 8 dez. 2017.



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.

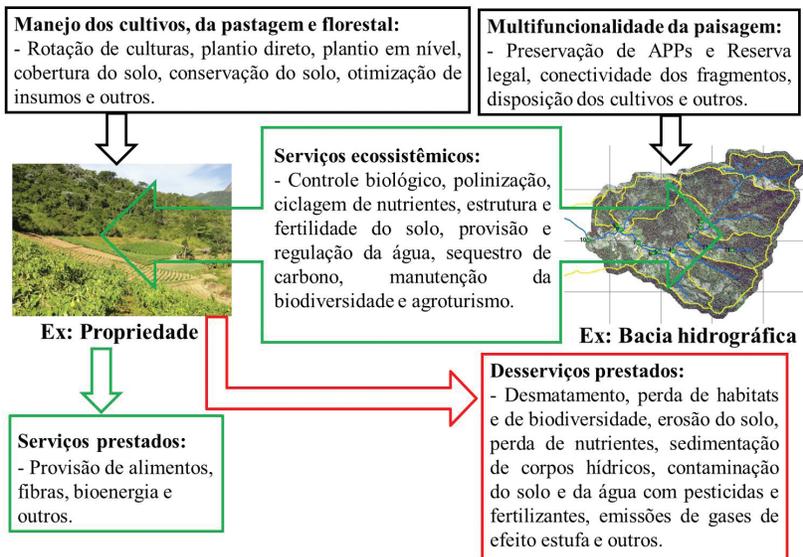
### Serviços ecossistêmicos da agricultura: além da provisão de alimentos

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<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e metano (CH<sub>4</sub>), 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 os 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](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](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.; STOBBELAAR, 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](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.





## CAPÍTULO 5

# Serviços ecossistêmicos: pesquisa, desenvolvimento e inovação

Lucília Maria Parron

Ana Paula Dias Turetta

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo

Adriana Reatto dos Santos Braga

Rachel Bardy Prado

Ivan Bergier Tavares de Lima

Mônica Matoso Campanha

Elenice Fritzsons

Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira

Enio Egon Sosinski Junior

Sandra Aparecida Santos

Aluisio Granato de Andrade

Leandro Bochi da Silva Volk

Carlos Roberto Martins

Débora Pignatari Drucker

Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz

## Introdução

Este capítulo apresenta uma visão geral sobre a pesquisa, desenvolvimento e inovação em serviços ecossistêmicos (SE) no âmbito da Embrapa e instituições parceiras. Neste sentido, apresenta a abordagem adotada em SE pela Embrapa em sua programação de PD&I, estratégias e linhas temáticas, discute como a Empresa deve atuar na transferência do conhecimento e tecnologias em SE e aponta diretrizes para o reconhecimento do valor da provisão dos SE no meio rural brasileiro. Também apresenta o alinhamento do tema SE aos documentos de visão da Embrapa (Sustentabilidade e Bioeconomia) e aos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), propostos na Agenda 2030 da ONU.

### Qual é a importância da pesquisa, desenvolvimento e inovação em serviços ecossistêmicos para o Brasil?

O Brasil tem desempenhado papel de destaque mundial na busca por uma produção agrícola integrada e sustentável e em modelos agroindustriais eficientes (Lopes; Contini, 2012). De um lado, a incorporação do conceito de sustentabilidade e da Economia Circular nos processos produtivos agropecuários, incluindo aspectos ambientais, sociais e econômicos de forma integrada, que resulte em crescimento com foco em benefícios para toda a sociedade (Stahel, 2016), tem se constituído em grande e permanente desafio. Por outro, sistemas de produção, alinhados aos Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) das Nações Unidas, estarão em boa medida alicerçados no avanço tecnológico, haja vista o aumento exponencial da taxa de inovação em cadeias de produtos e processos da 4ª Revolução Industrial (World Economic Forum, 2018).

No Brasil, será fundamental, portanto, fomentar os esforços de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) que se traduzam em ganhos econômicos e em mitigação dos hiatos socioambientais (Embrapa, 2003).

Nesse contexto, a promoção da inovação na agricultura familiar e na agroindústria será crucial para garantir aumentos na produtividade para reduzir as assimetrias ou imperfeições dos mercados interno e externo. A redução da defasagem científica e tecnológica que separa o Brasil das nações mais desenvolvidas, a ampliação das bases para o desenvolvimento sustentável, a expansão e consolidação da liderança brasileira na economia de baixo carbono e de conhecimento da natureza, a consolidação

da inserção internacional do Brasil e a superação da pobreza e a redução das desigualdades sociais e regionais, configuram-se em grandes desafios nacionais para a ciência, tecnologia e inovação (Brasil, 2016).

Um dos grandes e atuais desafios para o desenvolvimento econômico brasileiro é contribuir para o crescimento da produção mundial de alimentos (grandes commodities) e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos dessa produção sobre os recursos naturais (Sambuichi et al., 2012). Tendo em vista as gerações futuras, os recursos naturais devem ser geridos eficientemente visando ao não comprometimento da provisão de serviços ecossistêmicos (Power, 2010).

O setor agropecuário fornece serviços de provisão em abundância, mas apresenta um potencial pouco diversificado de serviços de regulação e de suporte por unidade de área, quando comparados aos ecossistemas naturais (Porter et al., 2009). No entanto, há uma grande oportunidade de aumentar a diversificação desses serviços, por meio da adoção de práticas conservacionistas de manejo agrícolas, tema em que a Embrapa tem muita competência. Por isso, lacunas do conhecimento e demandas nesse tema precisam ser supridas pela pesquisa científica e, conseqüentemente, pela transferência de tecnologias, visando alcançar a sustentabilidade nos setores agropecuário e florestal (Santos et al., 2012). É importante enfatizar que grande parte da agricultura brasileira, suas possibilidades tecnológicas e a geração de SE ocorrem nos ecossistemas tropicais (Crestana; Sousa, 2008).

A pesquisa básica e estratégica em SE, direcionada para as diferentes latitudes e realidades do Brasil, devem ser integradas às políticas públicas, com o objetivo de subsidiar os tomadores de decisões. Se planejadas e manejadas adequadamente, paisagens produtivas podem prover não só a produção de alimentos e fibras, mas também ampla variedade de SE, que em sua maioria não tem valor de mercado, como a conservação da biodiversidade, regulação da água, e regulação climática. Em função disso, instrumentos de incentivos à conservação e manutenção de múltiplos SE são de grande interesse para as políticas com foco conservacionista e de ordenamento territorial (Parron; Garcia, 2015). Portanto, é necessário desenvolver PD&I para que aconteça a inovação endógena, uma oportunidade única, que nos diferencia e justifica financiamento e existência de instituições de pesquisa voltadas à agricultura como a Embrapa e Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (OEPAs) (Crestana; Mori, 2015).

## Como se faz pesquisa, desenvolvimento e inovação em serviços ecossistêmicos?

A abordagem dos SE possui natureza multidisciplinar e transdisciplinar, envolvendo as ciências da vida, da terra, sociais e econômicas, uma vez que o tema envolve componentes múltiplos (bióticos e abióticos) que estão inseridos em contextos socioeconômicos.

Também leva em conta uma visão sistêmica e integrada, porque os SE não podem ser compreendidos de forma isolada, pois resultam de uma série de funções e fluxos, que compõe um sistema ecológico integrado. Aliado a isso, os SE resultam em bens e serviços que ocorrem em várias escalas espaciais, do local ao global, bem como em diversas escalas temporais, gerando benefícios que podem ser imediatos ou de médio e longo prazo. Deve-se considerar ainda que os SE podem integrar diversas regiões, uma vez que um serviço produzido em um local pode ser consumido em outro.

De forma geral, as ações de PD&I em SE são caracterizadas pela compreensão dos processos e funções ecossistêmicas que promovem os SE e as condições para sua manutenção. Também consideram a atribuição de valor econômico aos bens e serviços providos pelos ecossistemas. A organização e disponibilização de informações em banco de dados e o uso de ferramentas de análise integrada são muito importantes nos estudos em SE. Uma grande tendência dessa e das próximas décadas é o emprego de inteligência analítica voltada à Big Data, na coleta (automação e conectividade cada vez mais disponíveis), organização e deciframento dos bancos de dados, de modo a transformá-lo em conhecimento útil e apoio aos tomadores de decisão. Também são importantes a adoção de experimentos de longa duração (que sirvam também de vitrines tecnológicas), o intercâmbio de conhecimento e a cooperação interinstitucional (nacional e internacional). Pesquisas devem ser capazes de avaliar e dimensionar os impactos das ações antrópicas nos SE, propor métodos de avaliação e valoração desses serviços, assim como selecionar e validar indicadores qualitativos e quantitativos em diversas escalas, de forma que seus resultados sejam instrumentos na elaboração de políticas públicas.

## Quais são as linhas temáticas da PD&I em serviços ecossistêmicos na Embrapa?

A agenda de PD&I em SE na Embrapa parte de premissas definidas nas agendas e acordos internacionais de que o Brasil participa, e em instrumentos de política, como a Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD), Política Nacional sobre

Mudança do Clima, Código Florestal, Política Nacional de Biodiversidade, Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Tais premissas são abordadas no Capítulo 3. Também são norteadores das pesquisas em SE os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos para até 2030 pelas Nações Unidas e a Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES).

A agenda de PD&I em SE na Embrapa acompanha a abordagem definida pelo MEA (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), ampliando os esforços para o conhecimento e desenvolvimento de tecnologias que aumentem a provisão de SE. Essa agenda abrange diferentes escalas de atuação: local (ex.: atuação dos polinizadores, alterações microclimáticas e edáficas), de paisagem (ex.: estabilização dos ciclos hidro-sedimentológicos, benefício das florestas ciliares na biodiversidade e qualidade da água superficial, conservação dos corpos d'água), regional (ex.: emissões de gases de efeito estufa, controle das enchentes, manutenção do ciclo de inundação) e global (ex.: ciclos biogeoquímicos, mudanças climáticas, interferências na circulação atmosférica global). Os estudos focam nos principais impulsores das mudanças e seus impactos no clima, no uso da terra e na provisão de SE. Buscam ainda quantificar os limites críticos desses impactos, a resiliência e a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Para se atingir eficiência e sustentabilidade nos setores agropecuário e florestal, as principais demandas e lacunas na PD&I em SE onde devem ser concentradas as futuras pesquisas são:

- Desenvolvimento, validação e aplicação de indicadores, de métodos e de ferramentas para a avaliação e monitoramento dos SE.
- Definição de indicadores simplificados e de baixo custo para avaliar a sustentabilidade de paisagens rurais.
- Desenvolvimento de protocolos para análises integradas de SE em diferentes escalas (espacial e temporal).
- Desenvolvimento e aplicação de ferramentas para sistematização e padronização de métodos e organização da informação em SE.
- Análise espacial da paisagem rural, pela aplicação de geotecnologias e métricas para identificação de sua multifuncionalidade, áreas frágeis ou potenciais à prestação de SE.
- Modelagem e geração de cenários futuros de SE.
- Valoração econômica da provisão de SE em sistemas naturais e produtivos.

- Desenvolvimento, validação e aplicação de metodologias para avaliar a relação entre SE, funções ecossistêmicas e biodiversidade em diferentes escalas.
- Validação de critérios sócio-econômico-ecológicos para análise dos efeitos da perda de SE e biodiversidade.
- Geração de tecnologias, práticas, recomendações, diretrizes e alternativas conservacionistas para sistemas de produção.
- Ações de promoção e reconhecimento da importância dos SE como insumos para a intensificação sustentável da agricultura.
- Validação de processos de certificação ou compensação a sistemas de produção sustentáveis.
- Desenvolvimento de protocolos de avaliação de ciclo de vida, do balanço de massa e de energia em sistemas produtivos, associados à prestação de SE.
- Análise e avaliação de políticas públicas voltadas à provisão e pagamento de SE.
- Desenvolvimento de softwares ou aplicativos associados à quantificação e valoração de SE.
- Desenvolvimento de novos modelos e aplicação de modelos já desenvolvidos de restauração, sistemas agroflorestais e de produção integrada que promovam aumento da biodiversidade e impactos positivos nos SE, tenham baixo custo e promovam a sustentabilidade e agregação de valor ao sistema produtivo.

### Quais são as estratégias da Embrapa na programação de PD&I em serviços ecossistêmicos?

Frente às constantes transformações e suas implicações em CT&I para a agricultura, a Embrapa, desde 2012, tem aprofundado suas ações em inteligência estratégica antecipativa via Agropensa. Esse Sistema de Inteligência Estratégica é estruturado em dois pilares: monitoramento permanente do ambiente externo, focando na captação constante de sinais e tendências e na elaboração de cenários e visões de futuro para a agricultura brasileira, e produção de informações que deem base à elaboração de estratégias para os mais diferentes atores e agentes de todos os elos das cadeias produtivas agrícolas, em especial a própria Embrapa (Embrapa, 2018). No âmbito do Agropensa, a Embrapa lançou o Documento Visão 2014-2034 – O Futuro do Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Brasileira (Embrapa, 2014), que serviu de embasamento para a construção do VI Plano

Diretor da Embrapa (PDE) (Embrapa, 2015). Esse documento estabelece as grandes linhas de orientação para as atividades a serem desenvolvidas na Embrapa no período de 2014 a 2034, sendo um processo contínuo de construção, aferição, modulação e atualização de cenários, ou seja, diagnósticos em permanente revisão. É missão da Embrapa viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade da agricultura, em benefício da sociedade brasileira. Nesse sentido, entre os direcionamentos estratégicos estabelecidos pela Embrapa (2015) e que apresentam interface com os SE, se destacam:

- Desenvolver conhecimentos e tecnologias para o adequado manejo e aproveitamento sustentável dos biomas brasileiros.
- Desenvolver conhecimentos e tecnologias e viabilizar soluções para ampliar a resiliência e a plasticidade dos ecossistemas nativos e dos sistemas de produção agropecuários, bem como ampliar a capacidade de adaptação da agricultura diante das mudanças climáticas.
- Desenvolver, adaptar e disseminar conhecimentos e tecnologias em automação, agricultura de precisão e tecnologias da informação e da comunicação para ampliar a sustentabilidade dos sistemas produtivos e agregar valor a produtos e processos da agricultura.
- Desenvolver sistemas de produção inovadores capazes de aumentar a produtividade agrícola, florestal e aquícola, com sustentabilidade.
- Gerar ativos de inovação agrícola baseados no uso de biocomponentes, substâncias e rotas tecnológicas que contribuam para o desenvolvimento de novas bioindústrias com foco em energia renovável, química verde e novos materiais.
- Apoiar o aprimoramento e a formulação de estratégias e políticas públicas, a partir de análises e estudos alinhados às necessidades do mercado e do desenvolvimento rural.
- Gerar conhecimentos e tecnologias que promovam inovações gerenciais para tratar com eficiência, eficácia e efetividade a crescente complexidade e multifuncionalidade da agricultura.

Entretanto, o Documento Visão, explicitado acima, foi revisitado frente às novas estratégias em CT&I no desenvolvimento da agricultura e contribuição até 2030 para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pelas Nações Unidas (17 Objetivos..., 2015) no Documento Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira (Embrapa, 2018). Esse documento agrupou os sinais e tendências externas

consolidando-os em sete “megatendências”, quais sejam: mudanças socioeconômicas e espaciais na agricultura, intensificação e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícolas, riscos na agricultura, agregação de valor nas cadeias produtivas agrícolas, mudança do clima, riscos na agricultura, agregação de valor nas cadeias produtivas agrícolas, protagonismo dos consumidores e convergência tecnológica e de conhecimentos na agricultura. Os desafios apontados nesse documento em relação aos SE foram:

- Desenvolver indicadores e protocolos de certificação socioambientais de propriedades rurais, produtos e serviços.
- Implementar políticas públicas e programas que promovam a adoção de boas práticas agrícolas e o pagamento por SE.
- Remunerar os produtores rurais pelos SE prestados com foco na redução das emissões de gases de efeito estufa e oferta de água.
- Desenvolver novos sistemas de produção que considerem aspectos da multifuncionalidade do espaço rural, integrando a produção de alimentos, fibras e energia às atividades econômicas não agrícolas, tais como turismo rural e serviços ecológicos.

De acordo com as diretrizes atuais da Embrapa, a programação da pesquisa, desenvolvimento e inovação acompanha temas estratégicos da agricultura brasileira. As chamadas para projetos ocorrem com base em demandas e prioridades estabelecidas em portfólios (Embrapa, 2018). Os portfólios são organizados segundo uma visão temática e é um instrumento de apoio gerencial com a finalidade de direcionar, promover e acompanhar a programação de PD&I da Embrapa, definindo seu escopo de atuação em alinhamento aos objetivos estratégicos da empresa refletidos no Plano Diretor da Embrapa (PDE).

O que pode ser oferecido à sociedade como solução com base nas pesquisas: transferência do conhecimento e tecnologias em serviços ecológicos?

A forma como as sociedades e as nações produzem, absorvem e utilizam conhecimentos científicos e inovações tecnológicas impactam, em grande parte, o seu bem-estar e afetam o seu nível de desenvolvimento. O elemento tecnologia deve fazer parte do escopo da política ambiental, no que se refere às práticas e processos ambientalmente seguros, bem como à facilidade de acesso a eles. Propriedades

rurais necessitam do aporte de tecnologias para incorporar produtividade e obter ganhos na conservação dos recursos naturais.

As ações de transferência do conhecimento e tecnologias em SE devem ter como pauta, principalmente:

- Capacitação e troca de experiência em SE.
- Ferramentas de apoio às iniciativas de compensação e certificação aos produtores rurais que adotam práticas conservacionistas nos sistemas de produção.
- Instrumentos e metodologias de baixo custo para a implantação de leis, políticas públicas e outras iniciativas com foco na conservação e sustentabilidade.
- Promoção e reconhecimento dos SE como fatores essenciais à produção de alimentos, geração de energia, conservação da água, do solo e da biodiversidade.
- Promoção e valorização da agricultura sustentável e do produtor rural como provedores de SE e o reconhecimento da sociedade como beneficiária dos SE gerados.
- Divulgação dos SE como fundamentais à segurança alimentar, hídrica e energética.
- Divulgação do conhecimento sobre os impactos das tecnologias em SE desenvolvidas e validadas pela Embrapa.

As diretrizes da Embrapa na transferência de tecnologias envolvendo o conceito de SE devem buscar um entendimento integrado das atividades do setor agropecuário com as necessidades socioambientais, econômicas e culturais de cada dimensão espacial, seja local, regional ou global, como suporte para uma agricultura sustentável.

A PD&I na Embrapa em serviços ecossistêmicos e a adoção da Agenda 2030 e dos Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS): desafios atuais e visão de futuro

Os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) propostos pela ONU visam à busca de um equilíbrio entre o uso de recursos naturais para o desenvolvimento socioeconômico e a conservação dos serviços providos pelos ecossistemas. Esse equilíbrio é fundamental para o bem-estar e a sobrevivência da humanidade e conservação do meio ambiente. Por isso, é essencial a compreensão de como

a manutenção e restauração dos SE contribuem para atingir esses objetivos. Também, é importante ter a clareza de quem são os beneficiários e quem perde com as mudanças decorrentes das intervenções do desenvolvimento sustentável. Os ODS necessitam integrar os valores dos ecossistemas nos processos de planejamento, desenvolvimento e definição de estratégias para a redução da pobreza. A PD&I na Embrapa atua em todos os biomas brasileiros e contribuem com os ODS, especialmente as pesquisas relacionadas à redução da fome, melhoria da segurança alimentar, da nutrição, e da promoção da agricultura sustentável e do uso sustentável dos recursos naturais (Costa et al., 2018; Cuadra et al., 2018; Hammes et al., 2018; Medeiros et al., 2018; Palhares et al., 2018; Silva et al., 2018). A bioeconomia, economia baseada em sistemas biológicos e de baixo impacto, deve orientar os projetos de PD&I da Embrapa no futuro próximo. A partir do potencial ambiental do Brasil, esse direcionamento considera as possibilidades criadas a partir desse novo modelo econômico, onde a agricultura se conecta com uma multifuncionalidade, dedicada não apenas à produção de alimentos e fibras, mas também de energia, SE, biomassa e biomateriais, além da preocupação com a química verde, atendendo aos compromissos do país com a agenda mundial para o desenvolvimento sustentável. Nessa nova realidade, dispositivos móveis e plataformas conectam produtores aos grandes mercados. Análises geoespaciais a partir do uso de sensores e mecanismos sofisticados de coleta de dados, previsão e resposta a variações climáticas ajudam produtores a tomar decisões. Como consequência, o aumento da produção de alimentos, fibras e energia demanda mais insumos da natureza. Nesse contexto, estão os instrumentos de incentivos à conservação e manutenção de SE, tais como pagamento ou outro tipo de compensação por sua prestação, abordados anteriormente.

## Considerações finais

- A abordagem em SE busca induzir mudança de paradigmas no manejo de recursos naturais e contribuir para a tomada de decisão de gestores e formuladores de políticas, visando ao bem-estar da sociedade e à conservação da natureza.
- Existe um amplo conjunto de instrumentos e avanço no conhecimento que contribuem para a avaliação das relações entre o uso e cobertura das terras e o fluxo de SE, assim como existem lacunas de pesquisa a serem preenchidas. O desenvolvimento e a continuidade das linhas temáticas de PD&I identificadas neste documento, aliados à transferência da informação obtida em linguagem e formatos adequados, em muito auxiliarão os tomadores de decisão, para que possam identificar e aplicar claramente a abordagem em SE.

- Visando acompanhar as tendências mundiais no tema SE, é de extrema importância para o grupo de pesquisa da Embrapa a prospecção e mapeamento contínuo das demandas da sociedade por solução de seus problemas, bem como estabelecer parcerias estratégicas internas e externas, que ampliem a sua capacidade e agilidade na obtenção das soluções demandadas.
- É fundamental que as dimensões ecológica, econômica e social sejam incorporadas nas decisões dos agentes econômicos, particularmente naquelas que afetam o uso e a cobertura da terra. O uso de instrumentos de incentivos à conservação e manutenção de SE representam uma mudança de paradigma no manejo e gestão dos recursos naturais, o que é primordial para o desenvolvimento sustentável da agricultura brasileira e bem-estar das gerações presentes e futuras.

## Referências

- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação: 2016-2022: Ciência, Tecnologia e Inovação para o desenvolvimento econômico e social.** Brasília, DF, 2016. 132 p. Disponível em: <<https://portal.inpa.gov.br/images/documentos-oficiais/ENCTI-MCTIC-2016-2022.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.
- COSTA, P. da; COSTA, J. R. da; WANDELLI, E. V.; BIANCHINI, F.; TAVARES, E. D. (Ed.). **Erradicação da pobreza:** contribuições da Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 1). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/183311/1/ODS-1-Eradicacao-da-pobreza.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2018.
- CRESTANA, S.; MORI, C. de. Tecnologia e inovação no agro: algumas tendências, premissas e drivers de mudanças. In: BUAINAIN, A. M.; BONACELLI, M. B. M.; MENDES, C. I. C. (Org.). **Propriedade intelectual e inovações na agricultura.** Rio de Janeiro: INCT, 2015. p. 59-85.
- CRESTANA, S.; SOUSA, I. S. F. de. Agricultura tropical no Brasil. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p. 41-63. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88107/1/2790001.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2018.
- CUADRA, S. V.; HEINEMANN, A. B.; BARIONI, L. G.; MOZZER, G. B.; BERGIER, I. (Ed.). **Ação contra a mudança global do clima:** contribuições da Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 13). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/183492/1/ODS-13.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2018.
- 17 OBJETIVOS para transformar nosso mundo. Brasília, DF: ONU Brasil, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>. Acesso em: 6 jul. 2018.
- EMBRAPA. Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional. **VI Plano Diretor da Embrapa: 2014-2034.** Brasília, DF, 2015. 24 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130562/1/Plano-Diretor-da-Embrapa-2014-2034.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

EMBRAPA. Secretaria de Gestão e Estratégia. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro**: cenários 2002-2012. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 91 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/92478/1/inst-04.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

EMBRAPA. **Visão 2014-2034**: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2014. 194 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/108955/1/Documento-Visao-versao-completa.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

EMBRAPA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2018. 212 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175917/1/VISA7710-EMBRAPA-FINAL-2.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2018.

HAMMES, V. S.; LOPES, D. B.; SANTOS, A. C. C. dos; COSTA, J. R. da; OLIVEIRA, Y. M. M. de (Ed.). **Pesquisa e inovação agrícola na agenda 2030**: contribuições da Embrapa e parceiros. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 18). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/183498/1/ODS-18.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

LOPES, M. A.; CONTINI, E. Agricultura, sustentabilidade e tecnologia. **Agroanalysis**, v. 32, n. 2, p. 28-34, fev. 2012. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/download/24791/23560>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

MEDEIROS, C. A. B.; BUENO, Y. M.; SA, T. D. de A.; VIDAL, M. C.; ESPINDOLA, J. A. A. (Ed.). **Fome zero e agricultura sustentável**: contribuições da Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/183310/1/ODS-2-fome-zero-e-agricultura-sustentavel.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being**: global assessment reports. Washington, DC: Island Press, 2005.

PALHARES, J. C. P.; OLIVEIRA, V. B. V.; FREIRE JUNIOR, M.; CERDEIRA, A. L.; PRADO, H. A. do (Ed.). **Consumo e produção responsáveis**: contribuições da Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 12). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184241/1/ODS-12-Consumo-e-producao-responsaveis.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R. Serviços ambientais: conceitos, classificação, indicadores e aspectos correlatos. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 1, p. 29-35. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129911/1/Lucilia-LivroServicosAmbientais-Cap1.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

PORTER, J.; COSTANZA, R.; SANDHU, H.; SIGSGAARD, L.; WRATTEN, S. The value of producing food, energy, and ecosystem services within an agro-ecosystem. **AMBIO**, v. 38, n. 4, p. 186-193, 2009. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/pdf/10.1579/0044-7447-38.4.186>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

POWER, A. G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. **Philosophical**

**Transactions of the Royal Society B: biological sciences**, v. 365, p. 2959-2971, 2010. DOI:10.1098/rstb.2010.0143.

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M. A. C.; SILVA, A. P. M.; LUEDEMANN, G. A **sustentabilidade ambiental da agricultura brasileira: impactos, políticas públicas e desafios**. Rio de Janeiro, Ipea, 2012. 46 p. (IPEA. Texto para discussão, 1782). Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1050/1/TD\\_1782.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1050/1/TD_1782.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

SANTOS, P.; BRITO, B.; MASCHIETTO, F.; GUARANY, O.; MONZONI, M. (Org). **Marco regulatório sobre pagamento por serviços ambientais no Brasil**. Belém, PA: AMAZON; FGV. CVces, 2012. 76 p. Disponível em: <[http://imc.ac.gov.br/wp-content/uploads/2016/09/Marco\\_Regulatorio\\_sobre\\_PSA\\_no\\_Brasil.pdf](http://imc.ac.gov.br/wp-content/uploads/2016/09/Marco_Regulatorio_sobre_PSA_no_Brasil.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

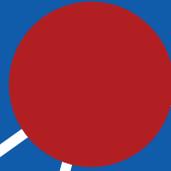
SILVA, M. S. L. da; MATTHIENSEN, A.; BRITO, L. T. de L.; LIMA, J. E. F. W.; CARVALHO, C. J. R. de (Ed.). **Água e saneamento: contribuições da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 6). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184235/1/ODS-6-agua-e-saneamento.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

STAHEL, W. R. The circular economy. **Nature**, v. 531, n. 7595, p. 435-438, 2016. Disponível em: <[https://www.nature.com/polopoly\\_fs/1.19594!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/531435a.pdf](https://www.nature.com/polopoly_fs/1.19594!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/531435a.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Driving the sustainability of production systems with fourth industrial revolution innovation**. Geneva, 2018. 57 p. White paper. Disponível em: <[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_39558\\_White\\_Paper\\_Driving\\_the\\_Sustainability\\_of\\_Production\\_Systems\\_4IR.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_39558_White_Paper_Driving_the_Sustainability_of_Production_Systems_4IR.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

15  
VIDA  
TERRESTRE



**Embrapa**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL