

## I Seminário Sobre Serviços Ambientais: Gestão de Bacias Hidrográficas



OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

15 VIDA  
TERRESTRE



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

**DOCUMENTOS 240**

**I Seminário Sobre Serviços Ambientais:  
Gestão de Bacias Hidrográficas**

*Mônica Matoso Campanha  
João Herbert Moreira Viana  
Thomaz Correa e Castro da Costa  
Walter José Rodrigues Matrangolo*

**Editores Técnicos**

**Esta publicação está disponível no endereço:**  
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

**Embrapa Milho e Sorgo**  
Rod. MG 424 Km 45  
Caixa Postal 151  
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG  
Fone: (31) 3027-1100  
Fax: (31) 3027-1188  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente  
*Sidney Netto Parentoni*

Secretário-Executivo  
*Elena Charlotte Landau*

Membros  
*Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria  
Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone,  
Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda  
de Castro*

Revisão de texto  
*Antonio Claudio da Silva Barros*

Normalização bibliográfica  
*Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)*

Tratamento das ilustrações  
*Tânia Mara Assunção Barbosa*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Tânia Mara Assunção Barbosa*

Foto da capa  
*Mônica Matoso Campanha*

**1ª edição**  
*Publicação digitalizada (2019)*

**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 Milho e Sorgo

---

Seminário sobre Serviços Ambientais: Gestão de Bacias Hidrográficas (1 :  
2019: Sete Lagoas).

Anais [do] I Seminário sobre Serviços Ambientais: Gestão de Bacias Hidro-  
gráficas, Sete Lagoas, 23 de maio de 2019 / editores técnicos Mônica Matoso  
Campanha ... [et al.]. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019.

47 p. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 240).

1. Ecossistema. 2. Recurso hídrico. 3. Meio ambiente. 4. Desenvolvimento  
sustentável. I. Campanha, Mônica Matoso. II. Viana, João Herbert Moreira. III.  
Costa, Thomaz Correa e Castro da. IV. Matrangolo, Walter José Rodrigues. V.  
Série.

CDD 577 (21. ed.)

## Autores

### **Mônica Matoso Campanha**

Eng.-Agrôn., Doutora em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo.

### **João Herbert Moreira Viana**

Eng.-Agrôn., Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

### **Thomaz Correa e Castro da Costa**

Eng.-Florestal, Doutor em Ciência Florestal, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

### **Walter José Rodrigues Matrangelo**

Eng.-Agrôn., Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

### **Manoel Ricardo de Albuquerque Filho**

Eng.-Agrôn., Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

### **Rachel Bardy Prado**

Bióloga, Doutora em Ciência da Engenharia Ambiental, pesquisadora da Embrapa Solos.

### **Élio Domingos Neto**

Geógrafo, Analista Ambiental da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa-FUNDEP.

### **Adriana Monteiro da Costa**

Geógrafa, Doutora em Ciência do Solo, professora associada do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.

### **Maíse Soares de Moura**

Eng.-Agrôn., doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais.

**Paula Karen Mota**

Eng.-Ambiental, doutoranda em geografia na Universidade Federal de Minas Gerais.

**Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro**

Químico, Mestre em Química, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

**Jaqueline Carolino Santos**

Estudante de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos.

**Colaborador****Marcos Aurélio dos Santos**

Tecnólogo em Gestão Ambiental, Técnico da Embrapa Milho e Sorgo.

## Apresentação

A busca pelo desenvolvimento sustentável é um consenso mundial, e diferentes setores têm incorporado este conceito em sua gestão. Neste sentido, a abordagem dos serviços ambientais vem ganhando relevância, na medida que os diferentes benefícios advindos destes serviços vêm sendo ameaçados e podem comprometer o bem-estar humano. Para o setor agropecuário, o desenvolvimento sustentável exige uma visão ecossistêmica que considera os aspectos ambientais e sociais tão importantes quanto as questões econômicas.

Neste contexto, destaca-se a relevância do espaço rural. Para além do olhar sobre os ambientes de produção agropecuária, a gestão da paisagem rural tornou-se importante ferramenta para planejamento e gestão do uso adequado da terra. As bacias e sub-bacias, enquanto espaços geográficos adequados para o planejamento integrado, são o ponto de referência para este gerenciamento.

O seminário e esta obra têm por objetivo a disseminação do conceito de serviços ambientais e da sua inserção no planejamento e na gestão de bacias hidrográficas. Promove-se assim o debate e a troca de experiências entre atores, e fomenta-se a aplicação desses conceitos importantes nos momentos atuais.

*Frederico Ozanan Machado Durães*  
Chefe-geral

## Sumário

Introdução .....	07
I Seminário sobre Serviços Ambientais: Gestão de Bacias Hidrográficas .....	08
Palestras .....	09
Serviços Ambientais: introdução ao tema .....	09
Indicadores de qualidade de sub-bacias hidrográficas que relacionam com a gestão de Bacias para prover e valorar serviços ambientais .....	14
Aperfeiçoamento do Pagamento por Serviços Ambientais Hídricos como instrumento de gestão de bacias hidrográficas rurais.....	21
Monitoramento de Programas de Pagamentos por Serviços Ambientais: uma abordagem sobre os indicadores ambientais.....	29
Comitê de Bacias e interface com Agroecologia .....	33
Promoção de serviços ambientais e gestão ambiental na Embrapa Milho e Sorgo - experiências: Programa de Reconstituição da Flora de APPs e Reserva Legal.....	42
Considerações Finais .....	46
Agradecimentos.....	47

## Introdução

A sociedade se beneficia da natureza de várias maneiras. O ar que respiramos, a terra que cultivamos, a água que bebemos, todos são frutos do meio ambiente. Direta ou indiretamente, os serviços ecossistêmicos (SE), aqui tratados também como serviços ambientais (SA), compõem um rol de benefícios – ambientais, sociais e econômicos – que sustentam a vida no planeta e cuja falta compromete o bem-estar humano (Daily, 1997; De Groot et al., 2017).

Os serviços ecossistêmicos são “os benefícios que as sociedades obtêm dos ecossistemas” (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), tais como a manutenção da qualidade e da quantidade de água; a capacidade dos ecossistemas de fornecer madeira e alimentos; a manutenção da fertilidade e da estrutura do solo; a polinização pelos animais e as paisagens naturais como atrativos de recreação e turismo, dentre outros.

A observação de que alguns destes benefícios vêm se reduzindo, comprometendo a qualidade de vida, direcionou a sociedade para uma maior gestão do processo de desenvolvimento, com um olhar sobre a maior responsabilidade nas ações deste progresso. Com isso, a abordagem dos serviços ambientais está cada vez mais sendo incorporada tanto na área acadêmica como na área política, nos planejamentos e debates da sociedade (Potschin; Haines-Young, 2017).

O conceito e métricas de SA também podem ser utilizados na gestão de bacias hidrográficas (BH), pois estas têm sido usadas como unidades de gestão integrada do meio ambiente, principalmente com relação à quantidade e qualidade de água. A água é considerada um bem de domínio público e de natureza vital, sendo que o serviço ambiental relacionado aos recursos hídricos precisa ser preservado e a discussão do tema se tornou urgente e necessária.

As bacias e sub-bacias hidrográficas são unidades espaciais onde se organizam os recursos hídricos superficiais em função das relações, principalmente entre relevo e clima, e vêm se consolidando como compartimentos geográficos coerentes para planejamento integrado do uso e ocupação dos espaços rurais e urbanos, tendo em vista o desenvolvimento sustentado no qual se compatibilizam atividades econômicas com qualidade ambiental (Fernandes, 2010).

Nas BH, componentes ambientais, como as rochas, o relevo, os solos, a água, a vegetação e o clima, interagem entre si e respondem tanto às interferências naturais como àquelas de natureza antrópica, comandadas pela ocupação da paisagem (Carvalho, 2014). Estes locais são, desta forma, apropriados como unidades de planejamento e gestão adequados para implantação de medidas integradas. E, neste sentido, os serviços ambientais têm o potencial de se tornar uma ferramenta importante para políticas e tomada de decisão em escalas globais, nacionais, regionais e locais (Burkhard; Maes, 2017).

O presente seminário buscou divulgar o conceito de serviços ambientais e promover a interlocução dele com a temática de gestão de bacias hidrográficas, permitindo o avanço do conhecimento e promovendo o debate acerca do tema. Foram apresentados conceito e categorização dos serviços ambientais e alguns indicadores para sua aferição; conceito de bacias hidrográficas e diferentes ferramentas e mecanismos de gestão das BH, como o uso sustentável do espaço rural, criação de unidades de conservação; importância dos Comitês de Bacia para a tomada de decisão e ferramentas de Pagamento de Serviços Ambientais.

O documento divulga o conceito de serviços ambientais e sua interlocução com a temática de gestão de bacias hidrográficas, permitindo o avanço do conhecimento e promovendo o debate acerca do

tema. São apresentados: conceito e categorização dos serviços ambientais e alguns indicadores para sua aferição; conceito de bacias hidrográficas e diferentes ferramentas e mecanismos de gestão das BH, como o uso sustentável do espaço rural e a criação de unidades de conservação; importância dos Comitês de Bacia para a tomada de decisão e ferramentas de Pagamento de Serviços Ambientais.

## I Seminário sobre Serviços Ambientais: Gestão de Bacias Hidrográficas

O I Seminário sobre Serviços Ambientais foi organizado pela Embrapa Milho e Sorgo e fez parte da programação da 12ª Semana de Integração Tecnológica (SIT), evento que há 12 anos promove o diálogo e a troca de experiências entre agricultores, consultores, assistentes técnicos de empresas públicas, pesquisadores, estudantes, professores e representantes de empresas privadas.

Objetivou-se divulgar e discutir a temática envolvendo Serviços Ambientais e a relação com a Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas. A programação, envolvendo palestras e debates, incluiu seguintes tópicos: Introdução ao conceito de serviços ambientais e sua importância; Aspectos hídricos de bacias hidrográficas e a importância do estabelecimento de Áreas de Proteção Ambiental para a gestão ambiental; Pagamento de Serviços Ambientais: conceito e experiências; Comitês de Bacia Hidrográfica para gestão participativa e integrada da água e sua interface com a Agroecologia; Experiências em recuperação/conservação de serviços ambientais e gestão ambiental na Embrapa Milho e Sorgo.

Palestrantes de diferentes instituições compuseram a programação do evento, conforme descrição abaixo:

- **Serviços Ambientais e indicadores: introdução ao tema**

*Palestrantes: Mônica Matoso Campanha, Thomaz Correa e Castro da Costa; João Herbert Moreira Viana – Embrapa Milho e Sorgo; Adriana Monteiro da Costa – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).*

- **Área de Proteção Ambiental (APA) e Gestão Hídrica de Bacias**

*Palestrante: Laudo Luiz Serrano – Prefeitura de Sete Lagoas, MG*

- **Pagamento de Serviços Ambientais (PSA)**

*Palestrante: Rachel Bardy Prado – Embrapa Solos*

- **Visita às áreas da Embrapa para apresentar na prática, a promoção de serviços ambientais e gestão ambiental na empresa**

*Palestrantes: Manoel Ricardo de Albuquerque Filho e João Herbert Moreira Viana - Embrapa Milho e Sorgo*

- **Comitê de Bacias e interface com Agroecologia**

*Palestrantes: Élio Domingo Neto – Analista Ambiental do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas / CBH Velhas; Walter José Rodrigues Matrangolo - Embrapa Milho e Sorgo*

Ao final das palestras, houve abertura para debates e perguntas, em interação com o público participante. Foram discutidos tanto aspectos locais, relacionados à Bacia Hidrográfica do Riberirão

Jequitibá, como discussões em um contexto macro, sobre gestão de bacias hidrográficas e serviços ambientais.

As especificidades do tema, tratadas nas palestras, estão resumidas nos capítulos.

## Palestras

### Serviços Ambientais: introdução ao tema

*Mônica Matoso Campanha, João Herbert Moreira Viana*

#### Conceito e Classificação

A compreensão de que o homem depende de processos da natureza não é nova. Mas com o desenvolvimento das sociedades e o crescimento da população, tem aumentado a necessidade de se produzir mais e com isso a exploração da natureza avançou em condições preocupantes para a limitação do uso dos recursos naturais.

O conceito de serviços ambientais (SA) ou serviços ecossistêmicos (SE), como “os benefícios que as pessoas obtêm da natureza, direta ou indiretamente, através dos ecossistemas” foi inicialmente definido pela “Avaliação Ecossistêmica do Milênio” (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Esta iniciativa, que reuniu a comunidade científica mundial entre 2001 e 2005, definiu os conceitos, dividiu os SA em quatro categorias e avaliou as consequências da mudança nos ecossistemas para o bem-estar humano.

Alguns autores separam o termo “serviços ecossistêmicos”, sendo aqueles serviços prestados pelos ecossistemas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), ou seja, a natureza trabalha (presta serviços) para a manutenção da vida e de seus processos, de “serviços ambientais”, quando a ação antrópica pode favorecer a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços prestados pelos ecossistemas (Muradian et al., 2010), como na condução de manejo conservacionista de solo e água, práticas de restauração florestal, entre outras. Entretanto, ambos os conceitos ajudaram a melhorar a discussão da relação homem-meio ambiente na medida que reconhece a contribuição da natureza e os seus serviços e identifica as interdependências entre os atores envolvidos, suas atividades e seus impactos no meio ambiente. O conceito de serviços ecossistêmicos (ES) se tornou importante, pois destaca as formas como as pessoas e a natureza estão conectadas (Potschin; Haines-Young, 2017).

As categorias dos SA estabelecidas pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio são: Suporte, Provisão, Regulação e Cultural (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; De Groot et al., 2017).

**Serviços de Provisão** - Essa categoria engloba todos os materiais providos pelos ecossistemas, sejam alimentos (frutos, raízes, animais, mel, vegetais); fibras, como algodão; matérias-primas para construção e combustível (madeira, biomassa); água potável; recursos genéticos e medicinais, ornamentais.

**Serviço de Regulação** - Relacionam-se às características regulatórias dos processos ecossistêmicos, como a manutenção da qualidade do ar, a regulação climática, o controle de erosão, a purificação e regulação do fluxo de água, a autodepuração da água (processo de degradação de nutrientes contidos nos corpos hídricos em função de fontes de poluição, geralmente esgotos), a regulação de pragas na agricultura, a polinização e a mitigação de danos naturais.

**Serviços Culturais** - Representam os benefícios não materiais que os ecossistemas oferecem, como as atividades de recreação, física ou mental, o turismo ecológico, os estudos sobre os processos naturais, a apreciação da natureza, e o enriquecimento espiritual.

**Serviços de Suporte** - Esses serviços ecossistêmicos são necessários para que os outros serviços existam; de maneira indireta e em longo prazo eles correspondem à formação de solo, ciclagem de nutrientes, produção de oxigênio, ciclo da água, e habitats para os seres vivos. Também englobam a variedade genética que é responsável pela biodiversidade de espécies em um local.

### **Serviços ambientais prestados pelas áreas naturais de florestas e pela agricultura**

A disposição da vegetação e a estrutura dos ecossistemas originais foram modificadas tanto pela agricultura (incluindo aqui atividades agrícola, pecuária e florestal) como pelo estabelecimento de áreas urbanas, que provocaram o redesenho de paisagens, posicionando remanescentes de ecossistemas naturais não manejados intercalados entre um mosaico de usos da terras, onde margeiam, principalmente, as terras agrícolas (Power, 2010). A conversão dos ecossistemas naturais para a agricultura impacta a capacidade dos sistemas naturais, como as florestas, de produzir importantes serviços ecossistêmicos, podendo afetar a qualidade e a quantidade de SE que estes ecossistemas podem fornecer (Stallman, 2011).

A agricultura depende, para seu desempenho, de inúmeros serviços ambientais, que geralmente não são percebidos pela sociedade. Tais serviços ambientais podem tanto ser fornecidos pelas áreas naturais não antropizadas que circundam os agroecossistemas, como serem favorecidos pelo manejo das atividades no meio rural (Power, 2010). Os agroecossistemas (ou a agricultura) são considerados tanto consumidores como fornecedores de serviços ambientais (Swinton et al., 2007; Turetta et al., 2016). Neste sentido, a estrutura espacial da paisagem influencia fortemente a magnitude destes serviços ecológicos para os ecossistemas agrícolas. Daí a importância da gestão integrada de Bacias Hidrográficas.

Alguns serviços ambientais são essenciais para a produção ou substituem ou reduzem a quantidade de insumos necessários na agricultura (Power, 2010; Wiggering et al., 2016). As disponibilidades de recursos genéticos e água doce são os serviços ecossistêmicos de provisão principalmente usufruídos pela agricultura. A polinização e o controle biológico são importantes serviços ecossistêmicos de regulação que são fornecidos por áreas naturais em paisagens agrícolas. Estas áreas fornecem habitat e alimento para diversos animais, principalmente insetos, que se movem para os agroecossistemas (Tscharntke et al., 2005).

Áreas preservadas de ecossistemas naturais também podem purificar a água e regular seu fluxo, fornecendo água em quantidade e qualidade para o crescimento das plantas e produção animal e consumo humano (Power, 2010; Wiggering et al., 2016). A vegetação perene em ecossistemas naturais como as florestas pode regular a captura, a infiltração, a retenção e o fluxo de água pela paisagem (Power, 2010). A disponibilidade de água nos agroecossistemas depende não apenas da infiltração e do fluxo, mas também da retenção de umidade do solo. O armazenamento de água no solo é regulado pela cobertura vegetal, características do solo, como a presença de matéria orgânica do solo e a comunidade biótica do solo (bactérias, fungos, minhocas, etc.). A prevenção da erosão pode ser feita pela arquitetura das plantas na superfície do solo ou abaixo dele e pela cobertura do solo, que nas matas é composta principalmente pela serrapilheira e na agricultura é constituída pelas plantas de interesse cultivadas. O favorecimento da infiltração da água da chuvas

assim como o controle da erosão também podem acontecer em ambientes produtivos, na medida que se adotem práticas agrícolas que favoreçam estes processos (Turetta et al., 2016).

Na agricultura, cujo principal objetivo é a obtenção de renda com a produção, seja vegetal ou animal, os serviços de provisão de alimentos, fibras e madeira são os mais característicos e perceptíveis (Robertson et al., 2014; Wiggering et al., 2016). Entretanto, o gerenciamento apropriado das práticas de manejo agrícola na propriedade rural pode melhorar a capacidade dos agroecossistemas de fornecer uma ampla gama de serviços ecossistêmicos (Power, 2010; Stallman, 2011).

Manutenção da fertilidade do solo (Zhang et al., 2007); prevenção e controle da erosão contribuindo para a regulação do fluxo de água (Robertson et al., 2014); apoio à regulação climática, com sequestro de carbono (Turetta et al., 2016); além de controle biológico (Dale; Polasky, 2007), estão entre os serviços de regulação que podem ser fornecidos pela agricultura. A gestão de habitats dentro do agroecossistema também pode fornecer os recursos necessários para polinizadores ou inimigos naturais (Swinton et al., 2007; Tschardt et al., 2005; Robertson et al., 2014).

As práticas de manejo na agricultura também influenciam o potencial de “desserviços” da agricultura, quando indicam a ocorrência de processos prejudiciais à natureza (Zhang et al., 2007). Estas práticas podem incluir a perda de habitat para conservação da biodiversidade pelo desmatamento; perda de nutrientes, sedimentação de cursos d’água causados pelo favorecimento à erosão principalmente em áreas declivosas; contaminação do solo, da água e de pessoas com pesticidas e fertilizantes e emissões de gases de efeito estufa (Power, 2010). No entanto, o gerenciamento adequado pode melhorar muitos dos impactos negativos da agricultura, enquanto oferece a produção agropecuária.

## **Serviços Ambientais Hídricos**

Os serviços ambientais hídricos estão relacionados aos componentes do ciclo hidrológico, especialmente aqueles que podem ser diretamente afetados pelas atividades humanas. Destacam-se aqui os sistemas solo/saprolito e os sistemas de aquíferos, também denominados “Critical zone” (Field et al., 2015), conjunto responsável pela regulação dos fluxos e de qualidade da água nos ecossistemas terrestres. Por conseguinte, são responsáveis por serviços de provisão (água potável), regulação (fluxos hídricos, controle de erosão, purificação e regulação do fluxo de água, autodepuração da água), culturais (atividades de recreação, turismo ecológico) e suporte (ciclagem de nutrientes, ciclo da água), conforme vários autores (Finvers, 2008; Dominati et al., 2010, 2014; Thomsen et al., 2012; Prado et al., 2016).

O solo é parte integral do ciclo hidrológico, sendo a porção física responsável pela partição das águas da precipitação. A água precipitada pode retornar diretamente à atmosfera ao se evaporar da superfície do solo ou por via da evapotranspiração das plantas. Pode também se infiltrar no solo ou escorrer, gerando os fluxos superficiais que se dirigem aos talwegues. O solo funciona como sistema tampão, controlando a quantidade de escoamento superficial e mitigando o efeito das enchentes (Finvers, 2008; Dominati et al., 2010; Thomsen et al., 2012). Ao se infiltrar, parte desta água pode ser retornada à superfície pelas raízes das plantas, parte vai ficar retida de forma transiente nos poros do solo e parte vai continuar a se deslocar até atingir a superfície freática. Assim, a água pode continuar a percolar verticalmente até atingir os lençóis subterrâneos, ou se mover lateralmente até pontos de surgência, passando novamente a fluir na superfície (Watanabe; Ortega, 2011; Prado et al., 2016).

Ao se infiltrar e ao percolar o solo e a porção intemperizada das rochas, a água interage com as matrizes mineral e orgânica deles, sofrendo alterações físico-químicas em sua composição.

Nesse processo, podem ocorrer a adsorção e a retenção de elementos químicos diversos que são carregados pela água, como colóides e íons em solução. Assim, o solo exerce a função de regulação da qualidade de água, tanto superficial como subterrânea (Dominati et al., 2010; Thomsen et al., 2012; Dominati et al., 2014).

Em condições naturais, estes processos são dependentes de características intrínsecas daqueles componentes, como a condutividade hidráulica, a capacidade de retenção de água e a capacidade de sorção e de liberação de elementos químicos pela matriz porosa. Assim, a provisão de serviços é limitada por essa condição natural, e em geral é bastante restrita a capacidade técnica de se incrementar esses serviços no conjunto dos sistemas. Um ponto importante está relacionado à capacidade de retenção e purificação da água pelo conjunto solo/saprolito, que é limitada e pode ser ultrapassada por sobrecarga com fontes de poluição pontuais, como esgotos ou vazamentos industriais (Finvers, 2008; Dominati et al., 2010, 2014; Thomsen et al., 2012).

No entanto, uma parte essencial do processo é muito suscetível de alterações por atividades humanas, aquela relacionada à superfície do solo. Esta é justamente a interface responsável pela partição entre as águas que infiltram e as que escorrem superficialmente, e onde alterações no uso e manejo podem alterar o comportamento em relação à condição natural. Parte considerável dos projetos de pagamentos por serviços ambientais está direcionada a ações que visam manter ou recuperar perdas em serviços ambientais relacionados à infiltração e recarga de água (Power, 2010), especialmente em áreas rurais, como o Programa “Produtor de água”, da ANA (Chaves et al., 2004).

## Referências

- BURKHARD, B.; MAES, J. (Ed.). **Mapping ecosystem services**. Sofia: Pensoft Publishers, 2017. 374 p. (Advanced Books, v. 1).
- CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 36, p. 26-43, 2014.
- CHAVES, H. M. L.; BRAGA, B.; DOMINGUES, A. F.; SANTOS, D. Quantificação dos benefícios ambientais e compensações financeiras do Programa do Produtor de Água (ANA): teoria. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 3, p. 5-14, 2004.
- DAILY, G. C. (Ed.). **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Washington, DC: Island Press, 1997.
- DALE, V. H.; POLASKY, S. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. **Ecological Economics**, v. 64, n. 2, p. 286-296, 2007.
- 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. p. 31-34. Disponível em: <<https://ab.pensoft.net/article/12837/>>. Acesso em: 8 abr. 2019.
- DOMINATI, E.; MACKAY, A.; GREEN, S.; PATTERSON, M. A soil change-based methodology for the quantification and valuation of ecosystem services from agro-ecosystems: a case study of pastoral agriculture in New Zealand. **Ecological Economics**, v. 100, p. 119-129, 2014.
- DOMINATI, E.; PATTERSON, M.; MACKAY, A. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. **Ecological Economics**, v. 69, p. 1858-1868, 2010.

FERNANDES, M. R. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**: fundamentos e aplicações. Belo Horizonte: Sociedade Mineira de Engenheiros Agrônomos, 2010. 232 p.

FIELD, J. P.; BRESHEARS, D. D.; LAW, D. J.; VILLEGAS, J. C.; LÓPEZ-HOFFMAN, L.; BROOKS, P. D.; CHOROVER, J.; BARRON-GAFFORD, G. A.; GALLERY, R. E.; LITVAK, M. E.; LYBRAND, R. A.; MCINTOSH, J. C.; MEIXNER, T.; NIU, G.-Y.; PAPUGA, S. A.; PELLETIER, J. D.; RASMUSSEN, C. R.; TROCH, P. A. Critical zone services: expanding context, constraints, and currency beyond ecosystem services. **Vadose Zone Journal**, v. 14, n. 1, v. 14, n. 1, vzj2014.10.0142, 2015.

FINVERS, M. A. **Application of e2DPSIR for analysis of soil protection issues and an assessment of British Columbia's soil protection legislation**. 2008. 303 f. Thesis (Master of Science) - Cranfield University, Bedford, 2008.

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 abr. 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, 2010.

POTSCHIN, M.; HAINES-YOUNG, R. From nature to society. In: BURKHARD, B.; MAES, J. (Ed.). **Mapping ecosystem services**. Sofia: Pensoft Publishers, 2017. p. 36-43. Disponível em: <<https://ab.pensoft.net/article/12837/>>. Acesso em: 8 abr. 2019.

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.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; MONTEIRO, J. M. G.; SCHULER, A. E.; VEZZANI, F. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, A. P. de; VIANA, J. H. M.; PEDREIRA, B. da C. C. G.; MENDES, I. de C.; REATTO, A.; PARRON, L. M.; CLEMENTE, E. de P.; DONAGEMMA, G. K.; TURETTA, A. P. D.; SIMÕES, M. Current overview and potential applications of the soil ecosystem services approach in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1021-1038, set. 2016.

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, 2014.

STALLMAN, H. R. Ecosystem services in agriculture: determining suitability for provision by collective management. **Ecological Economics**, v. 71, p. 131-139, 2011.

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, 2007.

THOMSEN, M.; FABER, J. H.; SORENSEN, P. B. Soil ecosystem health and services: evaluation of ecological indicators susceptible to chemical stressors. **Ecological Indicators**, v. 16, p. 67-75, 2012.

TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A. M.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity: ecosystem service management. **Ecological Letters**, v. 8, n. 8, p. 857-874, 2005.

TURETTA, A. P. D.; TONUCCI, R.; MATTOS, L. M. de; AMARO, G.; BALIEIRO, F. de C.; PRADO, R. B.; SOUZA, H. A. de; OLIVEIRA, A. P. de. An approach to assess the potential of agroecosystems in providing environmental services. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1051-1060, 2016.

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, 2011.

WIGGERING, H.; WEIßHÜHN, P.; BURKHARD, B. Agrosystem services: an additional terminology to better understand ecosystem services delivered by agriculture. **Landscape**, v. 49, n. 1, p. 1-15, 2016.

ZHANG, W.; RICKETTS, T. H.; KREMEN, C.; CARNEY, K.; SWINTON, S. M. Ecosystem services and dis-services to agriculture. **Ecological Economics**, v. 64, n. 2, p. 253-260, 2007.

## **Indicadores de qualidade de sub-bacias hidrográficas que se relacionam com a gestão de bacias para prover e valorar serviços ambientais**

*Thomaz Correa e Castro da Costa*

### **Introdução**

Microbacias são compartimentos geográficos apropriados para medir serviços ambientais relacionados ao recurso hídrico para avaliar a produção de água em qualidade e quantidade, por meio do monitoramento hidrológico. Além da geomorfologia que determina as características da microbacia, a cobertura vegetal, a produção agropecuária e a ocupação urbana interferem nesse processo. Outros serviços ambientais, relacionados a cobertura vegetal, podem ser mensurados e também integrados em microbacias.

As características geomorfológicas que definem formas de bacias, permeabilidade, energia cinética da água no terreno e interligação de fluxos hídricos podem ser parametrizadas por meio de indicadores, que são variáveis mensuráveis. Essas variáveis representam indiretamente o efeito dos fatores que podem auxiliar na gestão de bacias, tanto para criar metodologias de valoração de SAs como para executar medidas que otimizem estes serviços.

Dentre os indicadores que caracterizam microbacias, tem-se a Densidade de Drenagem (DD) (km/ha), que se distribui de forma agregada. Quanto maior a DD, maior o risco de processos erosivos. Ou seja, para garantir a produção de água em microbacias com DD alta, deveria ser exigida maior proteção em relação a cobertura vegetal, conservação do solo, e restrições a ocupação urbana, por exemplo, que poderia inclusive, sobrepujar os parâmetros estabelecidos pelo código florestal, referentes a reserva legal e áreas de preservação permanente. Na Figura 1 abaixo é dado um exemplo da distribuição da DD no Estado do Rio de Janeiro. Regiões da Serra do Mar e da Mantiqueira são as que apresentam maiores DD.

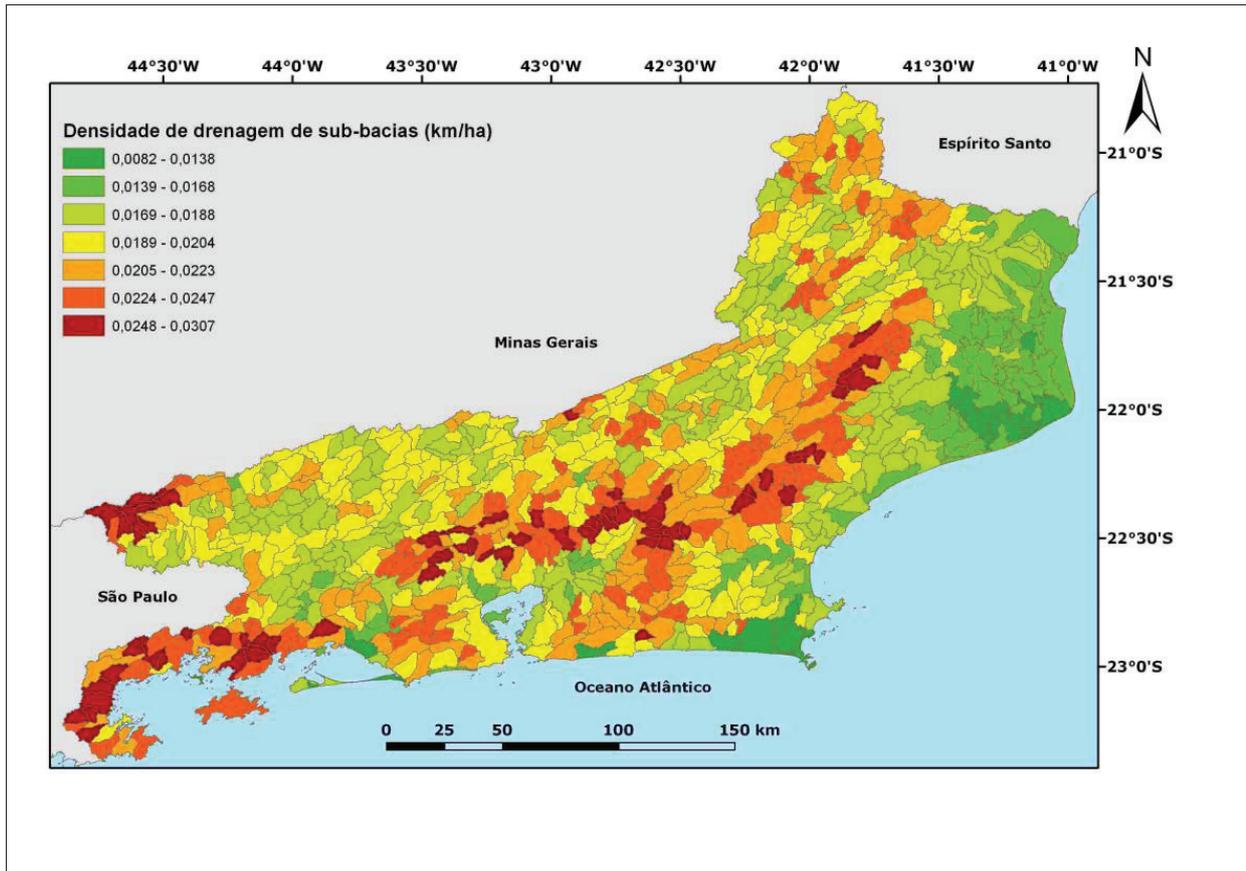


Figura 1. Fonte: Costa et al. (2009)

Outro indicador que deveria ser considerado na gestão de bacias é o Índice de Circularidade (IC). Quanto mais próxima da forma circular ( $\approx 1$ ), maiores os riscos de assoreamento e enchente na bacia. Este risco está relacionado com a velocidade e sincronia de tempo entre os escoamentos da água de chuva provenientes das cabeceiras dos rios. Assim como para a DD, nas microbacias com IC alto deveria haver maior proteção em relação à cobertura vegetal, conservação do solo, e restrições à ocupação urbana. Diferente da DD, o IC tem distribuição dispersa, não restrita à agregação em regiões, como pode ser visualizado na Figura 2.

O indicador Escoamento superficial (mm de chuva precipitada e escoada/pixel), ou *runoff*, indica a situação de cada pixel em relação à captação pluvial e recepção de água de áreas vizinhas, incluindo a de bacias a montante, na direção do fluxo hídrico. O parâmetro indicador da magnitude do escoamento superficial para uma sub-bacia é o seu valor máximo, dado no pixel situado na foz da microbacia. Esse parâmetro é de grande importância na magnitude do fluxo hídrico, pois é possível saber quais microbacias serão mais afetadas pela quantidade e velocidade do escoamento, provocado principalmente por chuvas intensas. Essas bacias precisam de estratégias que vão além da conservação ambiental, pensando em armazenamento de águas pluviais e medidas de prevenção de enchentes, principalmente próximas de áreas urbanas. Um exemplo de *runoff* é dado para o Estado do Rio de Janeiro na Figura 3.

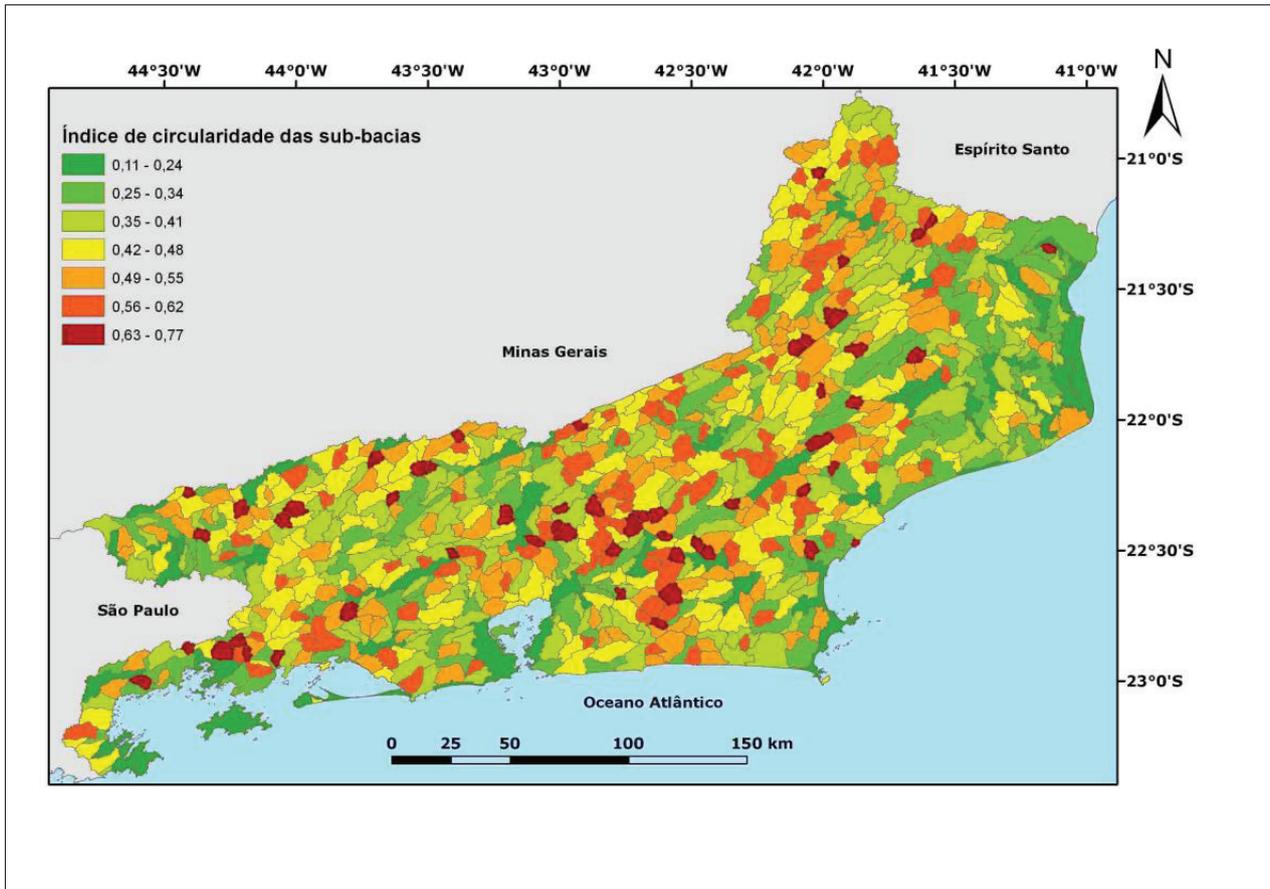


Figura 2. Fonte: Costa et al. (2009)

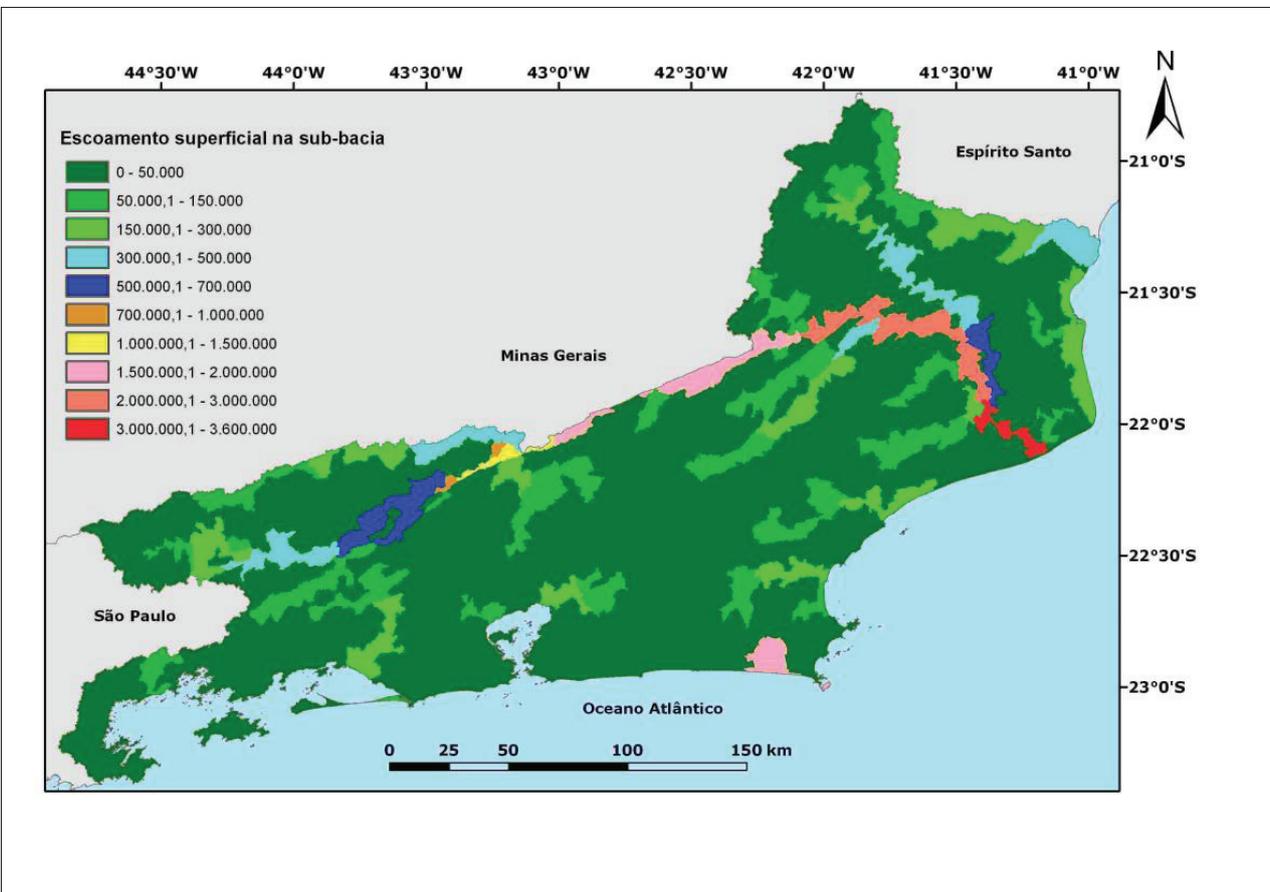
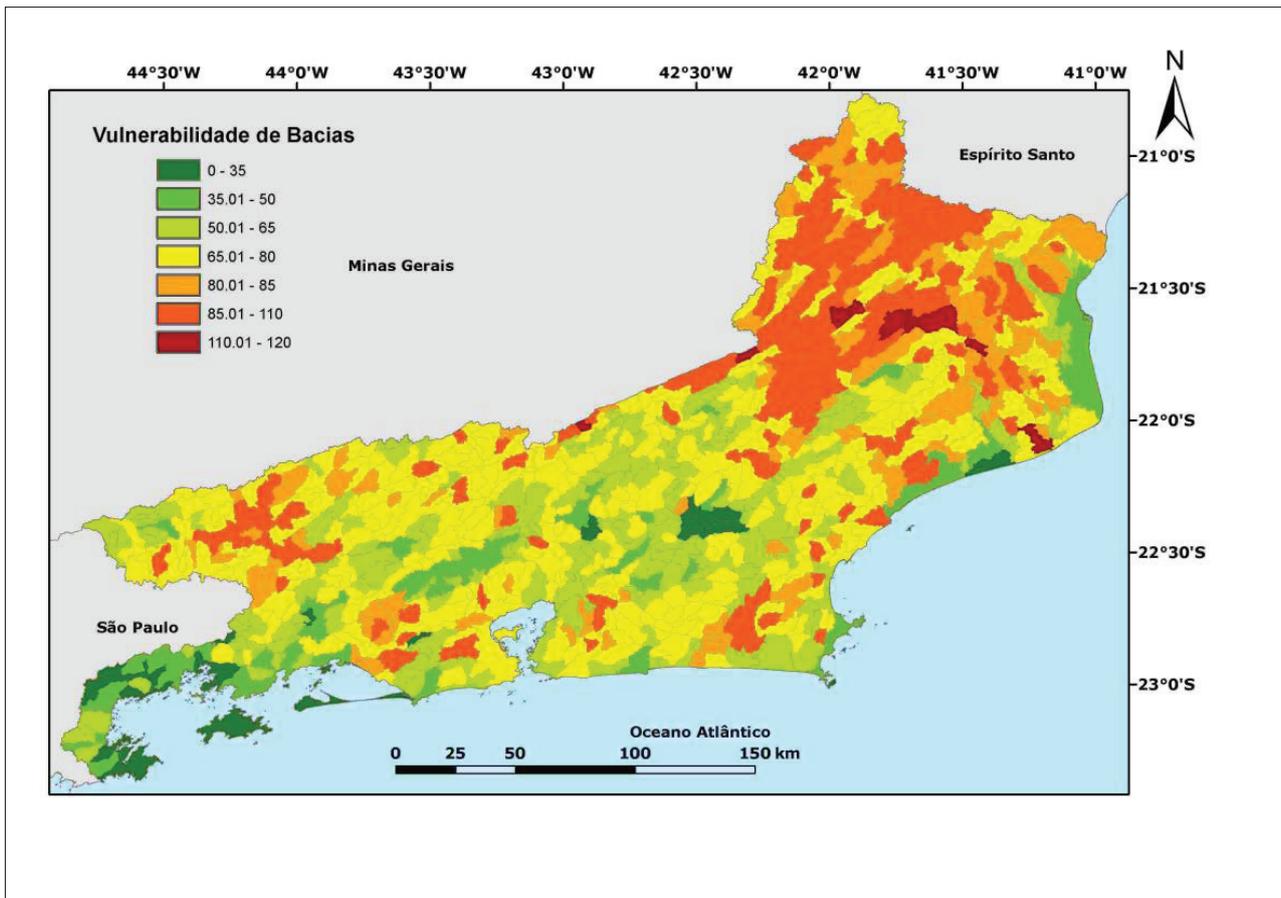


Figura 3. Fonte: Costa et al. (2009)

Além destes indicadores, tem-se ainda a Declividade média da microbacia (DECL), o desvio padrão da altitude (DPALT), e as proporções de cobertura vegetal (COBVEG), área agrícola (AGRIC), de pastagem (PAST) e urbana (URBAN), que podem ser avaliados individualmente, ou agregados na forma de um indicador de vulnerabilidade, conforme expressão abaixo. Um exemplo é dado para o Estado do Rio de Janeiro, na Figura a seguir.

IVB função (DD x DECL x DPALT, IC, RUNOFF, COBVEG, AGRIC, PAST, URBAN)



**Figura 4.** Fonte: Costa et al. (2009)

Os resultados dos indicadores fatiados em classes podem ser uma informação de suporte ao planejamento de uma política de serviços ambientais de acordo com o grau de vulnerabilidade de microbacias, por exemplo. Bacias com indicadores favoráveis seriam beneficiadas por pagamentos por serviços ambientais, enquanto bacias muito vulneráveis receberiam suporte para melhorar a conservação ambiental que, com o progresso destas medidas, teriam um acordo futuro para pagamento por serviços ambientais.

### **Indicador clássico de potencial erosivo, a Equação Universal de Perda de Solo (USLE)**

Existem outras metodologias e parâmetros importantes que podem ser avaliados por microbacias. Para quantificar a perda de solo por erosão laminar, por exemplo, a equação empírica USLE (Universal Soil Loss Equation) (Wischmeier; Smith, 1978) estima perda de solo em tonelada por ha.ano<sup>-1</sup>. Este modelo, desenvolvido experimentalmente, é aplicado em escalas maiores, como uma gleba de terra, não em larga escala, quando existe conectividade entre feições, com bacias a montante e a jusante, ou quando a erosão de uma área pode contribuir com o assoreamento de outras áreas. De qualquer forma, a USLE tem parâmetros fundamentais para medir vulnerabilidade,

como erosividade da chuva (R) e erodibilidade do solo (K). Outros parâmetros, que são a combinação do comprimento de rampa com classes de declividade (Fator LS) e o parâmetro de proteção de solo (C), têm correlações com indicadores de bacias, apresentados anteriormente (Correlações apresentadas na Tabela 1 a seguir). O fator P, de manejo do solo, é de difícil atribuição, com risco de inserir subjetividade no resultado final. No resultado apresentado, seu valor foi 1. A seguir tem-se a função da USLE e o seu resultado para o Estado do Rio de Janeiro na Figura 5.

PS (ton/ha/ano) função (R x K x LS x C x P)

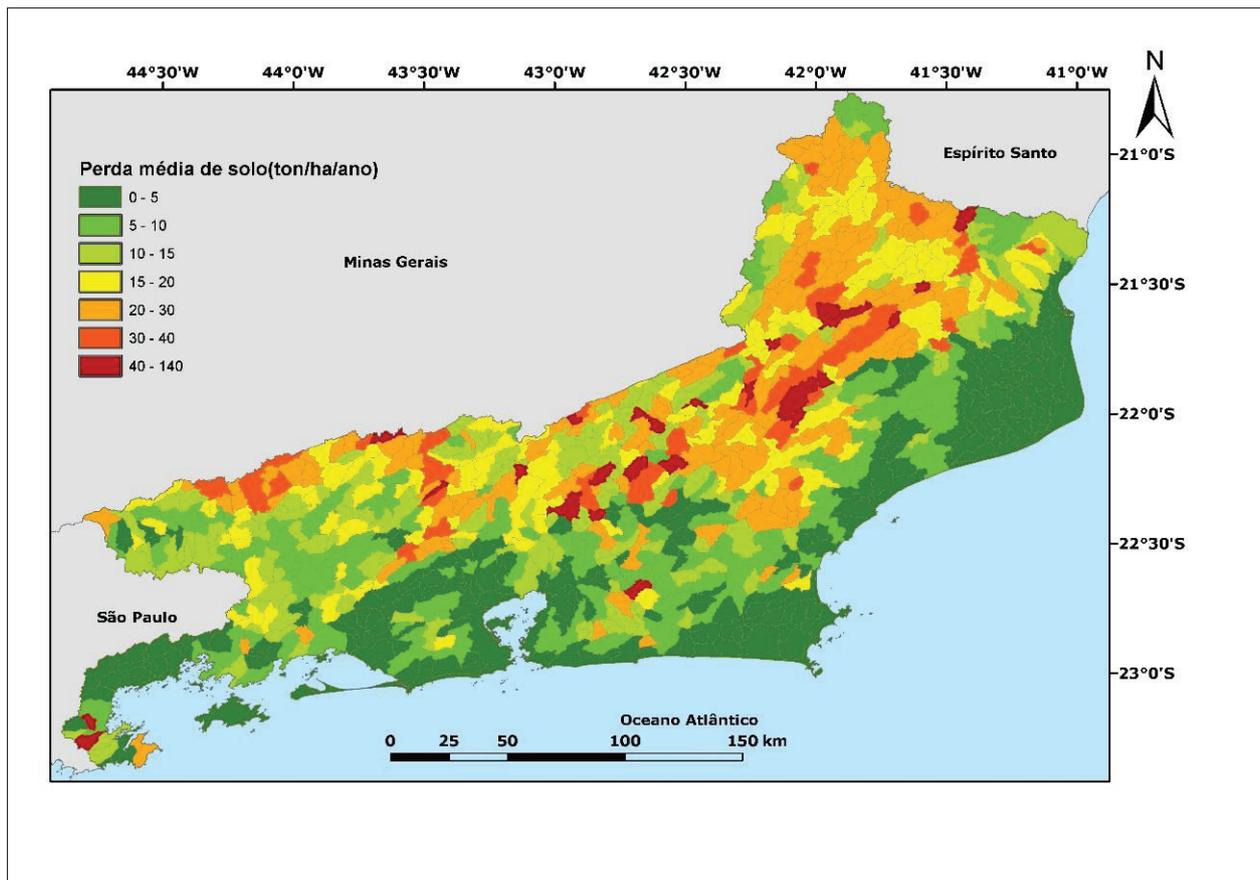


Figura 5. Fonte: Costa et al. (2009)

Tabela 1. Correlações entre os parâmetros da equação universal de perda de solo e a de vulnerabilidade de sub-bacias.

Parâmetros USLE	Parâmetros Vulnerabilidade Sub-bacia	Correlação Sperman
R	-	
K	-	
LS	DECL	0,99
LS	DPALT	0,90
C	COBVEG	-0,64
C	AGRIC	0,61
C	PAST	0,26
C	URBAN	-0,09
-	DD	
-	IC	
-	RUNOFF	

Fonte: Costa et al. (2009)

## Serviços Ambientais não convencionais prestados pela cobertura vegetal

O processo ecológico “brotação de folhas/caducifolia”, que ocorre com maior regularidade em Florestas Estacionais, integra o processo da ciclagem de nutrientes, um importante SA. Sua quantificação pode ser obtida por modelagem, podendo ser estimada periodicamente (Costa, 2017; Costa et al. 2014). E sua estimativa em unidade de área pode ser extrapolada facilmente, conhecendo-se a proporção de cobertura vegetal na microbacia (COBVEG).

Na Tabela 2 são apresentados a média e o desvio padrão da deposição de folhas, a captura de CO<sub>2</sub> referente a sua produção, e o carbono depositado no piso da floresta, no período de um ano. Considerando-se a área de 550 ha com florestas estacionais na fazenda da Embrapa, região central de Minas Gerais, onde o estudo foi conduzido, estas florestas capturam aproximadamente 3.135 toneladas por ano, apenas com o fenômeno da brotação e caducifolia. O quanto isso poderia representar em créditos de carbono em uma fazenda de 2.000 ha?

**Tabela 2.** Média e desvio padrão da captura de CO<sub>2</sub> anual e carbono depositado, proporcionados pela caducifolia, em florestas estacionais na fazenda da Embrapa no período 2011/2012.

	Peso Seco de Folhas (kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> capturado (Mg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	Carbono depositado (kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )
média	3.689	5.7	1.561
DP	741	1.2	338

Fonte: Costa (2017) e Costa et al. (2014)

Outro SA prestado pelo mesmo fenômeno é referente à deriva de material vegetal, principalmente folhas, para as áreas do entorno de florestas estacionais. A Tabela 3 mostra quantidades médias de nutrientes contidos nas folhas, em kg/ha/ano, depositados a determinadas distâncias da floresta, medidos em dois ambientes diferentes.

**Tabela 3.** Média da quantidade de nutrientes (kg/ha/ano) depositados pela deriva da caducifolia no interior e no entorno de florestas estacionais na fazenda da Embrapa.

Posição	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn	Cu
Dentro da Floresta	60.73	5.18	35.42	112.88	17.85	0.13	1.84	1.11	0.05
Na borda	15.58	1.44	8.65	27.52	3.96	0.04	0.54	0.21	0.01
Dist. 5 m da borda	6.14	0.59	3.34	10.63	1.47	0.02	0.22	0.07	0.01
10 m da borda	2.75	0.26	1.49	4.74	0.65	0.01	0.10	0.03	0.00
15 m	1.26	0.12	0.68	2.18	0.30	0.01	0.05	0.02	0.00
20 m	0.58	0.06	0.32	1.01	0.14	0.00	0.02	0.01	0.00

Fonte: Costa et al. (2017) e Costa e Miranda (2014)

Em um estudo comparativo para a cultura de milho com baixo nível tecnológico, foram obtidas percentagens de reposição de nutrientes no solo de até 22% aos 15 metros de distância, no caso do Ca, somente por via aérea (Tabela 4). Outras fontes via escoamento superficial e subsuperficial também abastecem as áreas de entorno. Este SA pode ser extrapolado, inclusive por microbacias, informando qual seria a economia de fertilizantes em faixas de distância de florestas, embora esta deposição seja um valor bruto, considerando 100% da decomposição, mantida livre no solo.

**Tabela 4.** Reposição percentual de macro e micronutrientes pelas florestas estacionais da Embrapa, por deriva, considerando a exigência nutricional (kg/ha) da cultura do milho para uma produtividade de 3.65 t/ha.

Posição	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn	Cu
Exigencia Nutricional (kg/ha)	77	9	83	10	10	0.16	0.84	0.14	0.04
% Dentro da Floresta	79	58	43	1129	178	83	221	822	113
Na borda	20	16	10	275	40	22	64	153	30
Distancia de 5 m da borda	8	6	4	106	15	9	26	52	12
10 m da borda	4	3	2	47	6	4	12	22	5
15 m	2	1	1	22	3	2	5	10	2
20 m	1	1	0	10	1	1	3	5	1

Fonte: Costa et al. (2017) e Costa e Miranda (2014)

Por fim, assim como estes SAs mencionados, existem outros SAs que podem ser valorados e totalizados por propriedades rurais ou microbacias, para facilitar o monitoramento e o gerenciamento. Alguns são passíveis de modelagem, com obtenções de estimativas com menor custo, outros exigem maior complexidade para obter valores de parâmetros.

## Referências

COSTA, T. C. e C. da; GUIMARÃES, S. P. **Delineamento e parametrização ambiental de sub-bacias hidrográficas para o Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 40 p. il. color. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 84).

COSTA, T.; COSTA, L.; ALMEIDA, L. Nutritional contribution model of litterfall for adjacent areas according to the distance of forest. **Journal of Environmental Science and Engineering A**, v. 6, p. 346-362, 2017.

COSTA, T.; FIDALGO, E.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P.; ZARONI, M. J.; UZEDA, M. Vulnerability of the watersheds by universal equation of soil loss and thematic integration of morphometric, topographical, hydrological and land use/land cover parameters in Rio de Janeiro State, Brazil. **Ambi-Água**, v. 4, n. 1, p. 93-116, 2009.

COSTA, T. C. C. Improved Model for Semideciduous Seasonal Forest Production of Leaves and Deciduousness. **Journal of Environmental Science and Engineering A**, v. 6, p. 594-605, 2017.

COSTA, T. C. e C.; MIRANDA, G. A. Nutritional contribution of litterfall for a surrounding forest area according to the distance of a forest fragment. **Journal of Environment and Ecology**, v. 5, n. 2, p. 144-158, 2014.

COSTA, T. C. e C. da; VIANA, J. H. M.; RIBEIRO, J. L. Semideciduous seasonal forest production of leaves and deciduousness in function of the water balance, LAI and NDVI. **International Journal of Ecology**, v. 2014, p. 1-15, 2014.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: USDA, 1978. 58 p. (USDA. Agriculture Handbook Number, 537).

## **Aperfeiçoamento do Pagamento por Serviços Ambientais Hídricos como instrumento de gestão de bacias hidrográficas rurais**

*Rachel Bardy Prado*

### **Abordagem de serviços ecossistêmicos**

Segundo Hermann et al. (2011), o conceito de Serviços Ecossistêmicos (SE) remonta ao final dos anos 1960 e 1970. Contudo, a abordagem de SE veio à tona a partir do projeto Milênio. Solicitado pelo então Secretário Geral das Nações Unidas (ONU) Kofi Annan, em 2000, este foi conduzido de 2001 a 2005, envolvendo mais de 1.300 cientistas e 95 países. Teve por objetivo avaliar as consequências que as mudanças nos ecossistemas trazem para o bem-estar humano e as bases científicas para subsidiar ações necessárias para melhorar a preservação e o uso sustentável desses ecossistemas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Kumar, 2010).

Algumas variações no conceito de SE têm sido encontradas na literatura, mas um dos conceitos mais aceitos e utilizados é o do projeto Milênio, sendo definidos como os benefícios que o ser humano obtém dos ecossistemas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Alguns autores e também as políticas públicas mencionam o termo Serviços Ambientais. Este foi utilizado pela FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), em seu relatório *State of Food and Agriculture* (FAO, 2007), como um “subconjunto de serviços ecossistêmicos que podem ser gerados como externalidades positivas de atividades humanas”. Segundo o relatório, isto ocorre, por exemplo, quando sistemas de produção agropecuária, além de gerar alimentos, fibras ou energia, contribuem para a manutenção da qualidade da água e do solo, a beleza cênica ou a preservação de espécies. Na presente publicação ambos os termos, serviços ecossistêmicos e ambientais, serão utilizados como sinônimos.

A abordagem dos SE tem algumas vantagens que podem ser destacadas: trabalho em múltiplas escalas, conexão entre a ciência e a política, ressalta além dos aspectos ambientais os sociais e econômicos relacionados ao bem-estar humano, visa promover a multifuncionalidade dos SE, prevê compensação financeira ou não aos que atuam em prol dos serviços ecossistêmicos, dentre outros aspectos.

Existem diversas iniciativas globais visando promover pesquisas, desenvolvimento e políticas públicas voltadas à provisão de serviços ecossistêmicos, com destaque para: The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB), The Natural Capital Project, Intergovernmental Platform on Biodiversity & Ecosystem Services (IPBES), Ecosystem Services Partnership (ESP), Knowledge & Learning Mechanism on Biodiversity & Ecosystem Services (EKLIPSE), Europe Ecosystem Research Network (Alter-Net) e Water Funds.

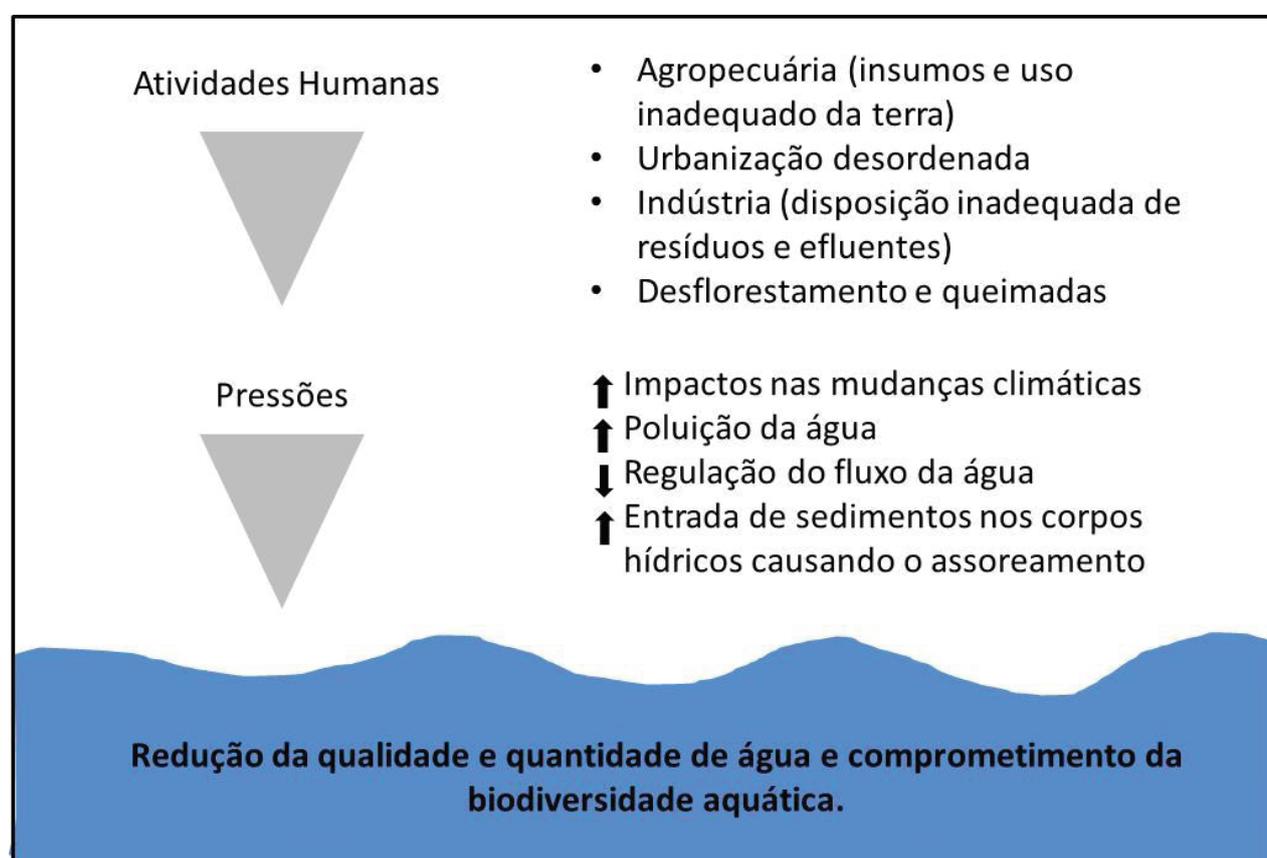
No Brasil, muitos foram e continuam sendo realizados estudos voltados à preservação da biodiversidade e à conservação ambiental nos diferentes biomas, em razão da riqueza de biodiversidade e recursos naturais do país e dos processos de degradação por diferentes pressões

antrópicas. Especificamente em relação ao tema SE, o número de publicações e o interesse também são crescentes. Mas destaca-se a atuação de gestores públicos, Organizações Não Governamentais e políticas públicas, como têm sido nos Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA).

### Serviços ecossistêmicos hidrológicos e sua degradação no meio rural

A escassez hídrica mundial tem sido motivo de preocupação e discussão nos diferentes níveis da sociedade. A Organização das Nações Unidas estima que a demanda de água mundial vai aumentar em 50% até 2030.

Os serviços ecossistêmicos hidrológicos são definidos como os benefícios oferecidos pelos ecossistemas de água doce e terrestres, que incluem o abastecimento de água doce, a regulação da qualidade da água, a mitigação das cheias, o controle da erosão e os serviços culturais relacionados à água (Brauman et al., 2007).



**Figura 6.** Pressões sobre os serviços ecossistêmicos hidrológicos.  
Fonte: Modificado de European Environment Agency (2016)

As principais pressões antrópicas sobre os serviços ecossistêmicos estão relacionadas à dinâmica do uso e cobertura da terra, às alterações nos ciclos biogeoquímicos, à destruição e fragmentação dos ambientes, à introdução de novas espécies e às interferências das atividades humanas nos recursos naturais e clima. No caso dos serviços ecossistêmicos hidrológicos, a Figura 6 apresenta as pressões mais relevantes.

Um estudo sobre a qualidade da água realizado nos principais rios brasileiros, em 2003 e 2004, por Gérard e Margi Moss, apontou que na região Norte a qualidade da água é ainda boa e que parte da região Centro-Oeste apresenta situação moderada. A outra parte da região Centro-Oeste

e as regiões Sudeste e Sul, em função dos impactos da agropecuária, apresentam uma maior degradação da qualidade da água, principalmente pela presença de fósforo (P) e nitrogênio (N). Ao longo das últimas décadas, com a expansão agropecuária pautada no uso intensivo de insumos (fertilizantes, corretivos e pesticidas), muitos impactos negativos têm sido observados. O Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos do mundo, embora não seja o maior produtor, e utiliza 19% de todo defensivo agrícola produzido no planeta. Desta forma, o risco de contaminação dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos é muito elevado.

No litoral, principalmente do Sudeste, está concentrada a pior qualidade das águas, em função dos esgotos domésticos e industriais. Em relação às fontes pontuais de poluição da água no meio rural, a maioria dos esgotos domésticos é lançada sem tratamento prévio nos corpos hídricos. Segundo dados do IBGE (2014), o saneamento básico para os moradores do campo ainda é insuficiente, pois mais de 50% utilizam sistemas rudimentares tais como fossas negras, valas, buracos ou lançamento direto nos rios e no solo.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, estima-se no bioma Amazônia entre 15 e 18% de perda de ambientes naturais; nos biomas Cerrado, Pampas e Caatinga, 50%, e na Mata Atlântica, 88%. Sparovek et al. (2010) estimaram um passivo ambiental de 21 a 30 milhões de hectares a serem restaurados no Brasil. Neste processo de degradação destacam-se ainda o desmatamento de Áreas de Preservação Permanente (com destaque para nascentes e matas ciliares), a ocupação de áreas inaptas à agricultura (com solos frágeis e elevada declividade), a construção inadequada de estradas, o manejo das terras sem os cuidados conservacionistas (aração morro abaixo, desagregação dos solos, sobrepastoreio, dentre outros).

Como consequências, as perdas de solos anuais no Brasil são da ordem de 500 milhões de toneladas pela erosão, ocasionando a redução média da capacidade de armazenamento dos reservatórios de 0,5% ao ano, bastante elevada. Também muitos rios chegam ao mar com uma vazão muito reduzida, em função do assoreamento, como é o caso do Rio Paraíba do Sul e do Rio São Francisco, essenciais para o abastecimento de água de grande parte da população brasileira.

Contudo, percebe-se uma estreita relação entre os serviços e funções ecossistêmicos do solo e da água no meio rural. Por meio das relações solo-água que ocorrem os processos de infiltração e recarga de aquíferos, escoamento superficial, transferência de água para as plantas, evapotranspiração, manutenção da umidade e biodiversidade dos solos, transporte de nutrientes, estoque de carbono, dentre outros. Por isso, a importância do manejo conservacionista dos solos para assegurar uma boa disponibilidade de água.

Desta forma, para assegurar a geração e o provimento contínuo dos serviços ecossistêmicos nas áreas rurais, independentemente da escala, é preciso incluir nos custos de produção agropecuária os relacionados às práticas ambientais, necessárias à sustentabilidade do sistema de produção desenvolvido. Mas, principalmente para pequenos produtores rurais, arcar com os custos relacionados à preservação ambiental na sua propriedade torna-se inviável, visto que o percentual de lucro das atividades agropecuárias, em sistema familiar de produção, é ainda muito baixo. Especialmente nestes casos os PSA se justificam (Prado, 2014).

### **Pagamento por serviços ambientais (PSA) como instrumento de gestão de bacias hidrográficas**

Desde o início da década de 90, o setor de recursos hídricos no Brasil tem se organizado por meio da aprovação de leis das águas (Lei Federal 9.433/97 e leis estaduais) e da implementação de

sistemas integrados de gerenciamento de recursos hídricos. O resultado efetivo dessas políticas, e de seus instrumentos de gestão, tem mostrado fortes limitações, mas evidencia também casos promissores para o meio rural (Prado et al., 2017).

A demanda hídrica no meio rural aumentou a partir de investimentos passados em infraestrutura hídrica, desenhados para fornecer água em abundância e sem a necessidade de recuperação dos investimentos e conscientização sobre o seu uso racional. Isso resultou em mudanças no uso da terra, acirrou os conflitos pelo uso da água em relação às demandas urbanas e aumentou a pressão sobre os serviços ecossistêmicos (Prado et al., 2017).

O sistema de gestão de recursos hídricos conta com vários instrumentos de gestão: outorga de direitos de uso, sistema de informações, enquadramento dos corpos d'água em classes de uso, cobrança pelo uso da água e planos de bacia hidrográfica ([www.snirh.gov.br](http://www.snirh.gov.br)). De modo geral, a implementação desses instrumentos é mais difícil e lenta em áreas rurais. Por exemplo, as informações relativas à irrigação e dessedentação de animais, em termos de demanda e seus impactos sobre a qualidade da água, são as mais fragmentadas e precárias dos sistemas de informação; os usos da água no meio rural são os menos regularizados por meio da outorga de direitos de uso; os planos de recursos hídricos ainda são tímidos para assegurar a proteção dos mananciais; e a cobrança pelo uso da água ainda enfrenta resistência, especialmente em vista de preocupações com potenciais impactos econômicos e disponibilidade a pagar; com a competitividade e com incertezas sobre os benefícios gerados pela aplicação dos recursos da cobrança na bacia (Prado et al., 2017).

As iniciativas de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) hídricos em andamento no Brasil, a partir do Programa Produtor de Água da Agência Nacional de Águas, têm sido um instrumento de mobilização dos atores locais em prol da gestão e conservação dos recursos hídricos, podendo ser apontadas como um caminho para uma gestão mais eficiente da água no meio rural (Santos et al., 2010; Prado et al., 2017).

Segundo Wunder et al. (2008), o PSA trata-se de uma transação voluntária, na qual um serviço ambiental bem definido ou um uso da terra que possa assegurar este serviço é comprado por, pelo menos, um comprador de, pelo menos, um provedor sob a condição de que o provedor garanta a provisão deste serviço. Pagiola et al. (2012) apresentam diversas experiências de PSA no Brasil e outros autores como Santos e Vivan (2012), Simões e Andrade (2016) e Guia..., (2017) apresentam uma análise a seu respeito, bem como orientações para sua implementação nos estados e municípios.

Contudo, muitos são os desafios encontrados nos PSA hídricos no Brasil. Visando o seu aperfeiçoamento e tornar os PSA mais robustos, é preciso estabelecer estratégias em diferentes níveis e por diversos setores da sociedade. Algumas delas serão apresentadas a seguir:

a) *Mobilização e empoderamento local*: A partir da articulação de organizações não governamentais, de governos estaduais e municipais, de comitês e agências de bacias, associações, sindicatos e agências de extensão rural, os produtores rurais devem ser mobilizados e conscientizados sobre a importância e vantagens de se participar de um PSA hídrico (não somente financeira mas em relação a melhoria da sua qualidade de vida), sendo apresentados também os compromissos que deverão assumir de curto, médio e longo prazo. Entende-se que os principais atores e agentes das mudanças nas áreas rurais são os próprios moradores, sejam eles produtores, trabalhadores rurais ou proprietários.

b) *Inclusão de novos componentes ao PSA hídrico com vistas a multifuncionalidade dos SE*: Historicamente, os PSA hídricos têm tido um foco mais direcionado à conservação ou restauração

dos fragmentos florestais nas propriedades (destacando as APP e Reserva Legal), como ocorreu na América Latina. Contudo, é preciso avançar também com a adequação ou recuperação de outros componentes da paisagem como o solo (manejo conservacionista na agropecuária), a qualidade da água (saneamento e manejo conservacionista na agropecuária) e aspectos visuais e culturais da paisagem (turismo e recreação, manifestações religiosas, tradições, gastronomia, observação de pássaros e outros), contemplando também as atividades socioeconômicas que são praticadas na região. Desta forma, é possível assegurar a multifuncionalidade de SE na paisagem rural ou bacia hidrográfica.

Garbach et al. (2014) destacam que a avaliação e manejo dos SE em paisagens rurais, com a presença da agropecuária, aparecem no topo de prioridades por diversas razões. Primeiro que áreas agropecuárias estão entre os ambientes mais extensos da superfície terrestre. Segundo que o aumento da produção de alimentos e fibras tem sido alcançado a custo da degradação de outros SE.

A prestação de SE pelos ambientes naturais é fundamental para a produção agropecuária e está altamente correlacionada à estrutura da paisagem em que a agropecuária esteja embutida. Paisagens diversificadas, isto é, onde o componente arbóreo esteja presente nas APPs, Reserva Legal e as culturas sejam diversificadas e estejam sob manejo adequado do solo e da água, como por exemplo os sistemas agroecológicos, agroflorestais e de integração lavoura-pecuária-floresta, tendem a apresentar maior multifuncionalidade em relação aos SE. Rodrigues et al. (2018), por exemplo, apontam a relação dos SAFs com os recursos hídricos em Minas Gerais. Desta forma, é possível se manter em equilíbrio a regulação do clima, das enchentes, da erosão, da ciclagem de nutrientes, da água, permitindo a polinização, a permeabilidade da fauna e a provisão de alimentos mais saudáveis, a partir da redução da utilização de insumos, além de atrair a atenção do turismo e agregar valor aos produtos dela advindos.

Quando se pretende compreender o grau de harmonia e interação entre os SE de uma região, uma tendência internacional é analisar os conflitos (*trade-offs*) e sinergias entre os mesmos. Há diversos métodos disponíveis na literatura tais como Power (2010) e Turkelboom et al. (2016).

c) *Estratégias de baixo custo para o monitoramento dos impactos dos PSA hídricos nos serviços ecossistêmicos e bem-estar humano*: De modo geral, os equipamentos para coleta e métodos de análise dos dados relacionados aos SE possuem custo bastante elevado. Em grandes programas, projetos e iniciativas voltadas à conservação, desenvolvidas em grandes áreas, é preciso avançar com o desenvolvimento e utilização de métodos simplificados e de baixo custo, com envolvimento inclusive dos atores locais e população envolvida, para que possam se apropriar e participar das avaliações e monitoramento dos SE. Desta forma, aumenta-se a percepção dos envolvidos e afetados sobre a importância do manejo adequado das terras e da manutenção dos SE e permite-se continuidade do monitoramento, visto que os projetos são de curta duração. Prado et al. (2017) apresentam algumas alternativas e orientações em relação ao monitoramento dos PSA hídricos.

d) *Certificação de PSA hídricos e abertura de novos mercados*: Outro grande desafio é a certificação da produção sustentável. Isto significa gerar indicadores e métodos capazes de medir os impactos ambientais destas iniciativas e benefícios às comunidades envolvidas, bem como à saúde do consumidor de seus produtos. Estas ferramentas poderão certificar a produção sustentável visando a abertura de novos mercados e possibilitando novas oportunidades, e, por conseguinte, o aumento da renda dos produtores que adotam práticas sustentáveis, seja no âmbito dos PSA hídricos ou por outra iniciativa. Também é preciso explorar mais o potencial dos PSA hídricos para fazer a ponte

entre o rural e o urbano, aumentando a valorização do papel do produtor rural enquanto conservador pelo homem que vive na cidade.

e) *Promover a expansão e replicabilidade das ações*: Há uma crítica de que os PSA hídricos tem atuação muito pontual. Destaca-se que pela forma como vem sendo praticados no Brasil, tem o foco em pequenos agricultores, que possuem terras com baixo custo de oportunidade. Mas isto não significa que não possa ser praticado de forma mais abrangente e difusa, atingindo grandes bacias hidrográficas, municípios e estados. Para tal, como o foco é a água, a atuação dos Comitês de bacias hidrográficas pode ser chave neste processo. O estado do Rio de Janeiro, por exemplo, 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, através dos comitês de bacia.

No entanto, para que o PSA hídrico se torne indutor da conservação e restauração florestal e de terras degradadas em larga escala no país, é preciso consolidar o conhecimento adquirido, tornar metodologias de implantação e monitoramento mais facilmente replicáveis, obter fontes de recursos mais robustas e seguras e simplificar os requisitos legais.

f) *Envolvimento do setor privado e captação e sincronização de novas fontes de recursos*: São poucos os casos de PSA hídricos no Brasil com apoio de instituições privadas. Destaca-se o caso de companhias de tratamento e abastecimento de água e indústrias de bebidas, que resolvem pagar para ter água de qualidade, visto que é sua principal matéria-prima. Contudo, diversos outros setores e negócios são essencialmente dependentes da água para a produção. Sendo assim é preciso negociar e envolver estas instituições cada vez mais nos arranjos de PSA hídricos, com compromissos e benefícios claramente estabelecidos. Assim também as fontes de recursos para a implantação dos PSA hídricos vão sendo diversificadas e aumentando. Outras opções poderiam ser editais e parcerias internacionais, cujo foco seja a conservação da água, bancos, hidrelétricas, construtoras, mineradoras, setor florestal, dentre outros.

g) *Rede de pesquisa e desenvolvimento em torno do PSA hídrico*: para a obtenção e organização de dados no nível de bacia hidrográfica, compartilhamento da informação, comunicação e divulgação das ações e êxitos, correção de rumos, etc. Trata-se de um desafio conectar e integrar diferentes grupos de pesquisa, bases de dados e infraestrutura para que realmente possam servir de suporte à tomada de decisão em prol da sustentabilidade e provisão de SE na bacia hidrográfica. Projetos integradores e redes de pesquisa têm muito a contribuir neste sentido, gerando ferramentas para a seleção de áreas prioritárias à conservação; organização e disponibilização de bases de dados sobre a biodiversidade e práticas de manejo adequado da terra; bem como fortalecendo o monitoramento dos SE em ambientes naturais e antropizados. Também são importantes a geração e a validação de tecnologias sociais que permitam melhorar a qualidade de vida das comunidades envolvidas com o PSA hídrico. Neste contexto é necessário estabelecer parcerias entre órgãos do governo, de fomento, bancos, associações de produtores, assistência técnica, universidades, institutos de pesquisa e iniciativa privada.

h) *Integração de políticas públicas e continuidade das ações*: Grisa e Schneider (2015) afirmam que as políticas públicas voltadas ao meio rural no Brasil não são efetivas, pois não possuem estratégias para integração. Este é um ponto importante, pois a Política Nacional para Pagamentos por Serviços Ambientais (inexistente e em discussão no congresso) poderia estar articulada e atuar de forma complementar à Política Nacional de Recursos, à Política Nacional de Conservação dos Solos (inexistente e em discussão no congresso), à Política Nacional de Mudanças Climáticas/Plano ABC, dentre outras. A partir da regulamentação das práticas conservacionistas, da fiscalização, de

uma maior otimização de esforços e recursos financeiros, tendo continuidade e complementaridade de competências e setores, os resultados poderiam ser potencializados e mais efetivos em relação a conservação e qualidade de vida no campo.

## Considerações Finais

Os conceitos relacionados à abordagem de serviços ecossistêmicos estão bem definidos e muitas são as ferramentas e métodos que podem ser utilizados, mas é preciso internizá-los e colocá-los em prática.

As pressões antrópicas sobre os serviços ecossistêmicos, sobretudo no meio rural, têm sido intensas e muitas se relacionam à produção agropecuária, levando dentre outras consequências indesejáveis, à escassez hídrica. É preciso intensificar e expandir iniciativas e ações exitosas relacionadas ao manejo conservacionista da paisagem rural.

Os mecanismos de PSA hídricos devem continuar sendo desenvolvidos, ampliados e aperfeiçoados com o apoio de ferramentas de pesquisa, mas sobretudo por meio de políticas públicas efetivas.

## Referências

BRAUMAN, K. A.; DAILY, G. C.; DUARTE, T. K.; MOONEY, H. A. Nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, p. 67-98, 2007.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Hydrological systems and sustainable water management**. Copenhagen, 2016. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/soer-2015/europe/hydrological-systems>>. Acesso em: 3 abr. 2019.

FAO. **State of food and agriculture**. Roma, 2007.

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: Embrapa, 2017. 78 p.

GARBACH, K.; MILDNER, 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.

GRISA, C.; SCHNEIDER, S. **Políticas públicas de desenvolvimento rural no Brasil**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2015. 624 p.

GUIA para a formulação de políticas públicas estaduais e municipais de pagamento por serviços ambientais. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017. 77 p.

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.

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2014/default.shtm>>. Acesso em: 4 maio 2018.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems e bem-estar humano: síntese**. Washington, DC: Island Press, 2005.

PAGIOLA, S.; GLEHN, H. C. von; TAFFARELLO, D. Experiências do Brasil em pagamentos por serviços ambientais. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo, 2012.

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.

PRADO, R. B. Serviços ecossistêmicos e ambientais na agropecuária. In: PALHARES, J. C. P.; GEBLER, L. (Ed.). **Gestão ambiental na agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 414-456.

PRADO, R. B.; FORMIGA, R.; MARQUES, G. F. Uso e gestão da água: desafios para a sustentabilidade no meio rural. In: TURETTA, A. P. D. (Ed.). As funções do solo, suas fragilidades e seu papel na provisão dos serviços ecossistêmicos. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, n. 2, p. 43-48, 2017.

RODRIGUES, P. C. H.; ALVES, S. F.; FERREIRA, J. M. L.; SALOMÃO, C. S. C.; MACHADO, R. P. M. Sistemas agrofloretais e recursos hídricos. **Informe Agropecuário**, v. 39, n. 304, p. 27-43, 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. (Ed.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 353-376.

SANTOS, R. F.; VIVAN, J. L. **Pagamento por serviços ecossistêmicos em perspectiva comparada: recomendações para tomada de decisão**. Brasília: [s.n.], 2012. Projeto Apoio aos Diálogos Setoriais União Européia-Brasil.

SIMÕES, M. S.; ANDRADE, D. C. Revisitando a teoria e compreendendo a prática: análise de casos de pagamento por serviços ambientais. **Revista de Políticas Públicas**, v. 2, n. 2, p. 903-926, 2016.

SPAROVEK, G.; BERNDDES, G.; KLUG, I. L. F.; BARRETTO, A. G. O. P. Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges. **Environmental Science and Technology**, v. 44, n. 16, p. 6046-6053, 2010.

KUMAR, P. (Ed.). **The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations (TEEB)**. London: Earthscan, 2010.

TURKELBOOM, F.; THOONEN, M.; JACOBS, S.; GARCÍA-LLORENTE, M.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; BERRY, P. Trocas de serviços ecossistêmicos e sinergias. In: POTSCHIN, M.; JAX, K. (Ed.). **OpenNESS ecosystem services reference book**. [S.l.: s.n.], 2016. ESS. EC FP7 Grant Agreement, nº 30.8428.

WUNDER, S.; BORNER, J.; TITO, M. R.; PEREIRA, L. **Pagamentos por serviços ambientais: perspectivas para a Amazônia Legal**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2008.

## **Monitoramento de Programas de Pagamentos por Serviços Ambientais: uma abordagem sobre os indicadores ambientais**

*Maíse Soares de Moura, Paula Karen Mota, Adriana Monteiro da Costa (UFMG)*

A degradação ambiental resultante de ações antrópicas é uma realidade que carece de reparação, e dentre as propostas para se mitigar esse problema, destaca-se a adoção de pagamentos por serviços ambientais (Costanza et al., 2014). Serviços ambientais (SA) podem ser definidos como bens e serviços gerados por processos ecológicos, dos quais as populações humanas se beneficiam direta ou indiretamente e que costumam ser negligenciados ou mal quantificados pelo mercado comercial (Costanza et al., 1997).

Nesse sentido, os programas de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) têm como objetivo recompensar financeiramente proprietários rurais que fomentem a produção ou a manutenção dos SAs, ou ainda, impulsionar aqueles que não desempenhariam esse papel na ausência da valoração ambiental (Pagiola et al., 2012).

Atualmente, a sociedade já reconhece esse importante papel desempenhado pelos ecossistemas, desta forma, políticas públicas vêm sendo implantadas com o intuito de transformar ambientes degradados em sistemas produtivos e que visem entre outras coisas a prestação de SA (Silva, 2011). A iniciativa adotada pelo município de Extrema, em Minas Gerais, exemplifica tal contexto. Ele se destacou como a primeira cidade brasileira a remunerar proprietários rurais com a finalidade de promover melhorias na qualidade e quantidade dos recursos hídricos, garantindo assim a provisão desse SA (Jardim; Bursztyn, 2015). Tal projeto tem como algumas das principais metas propagar a ideia de manejo integrado de ambiente, solo e água na bacia hidrográfica do Rio Jaguari (Pereira et al., 2010).

Atualmente no Brasil, grande parte das iniciativas de PSA tem como objetivo a manutenção dos recursos hídricos (Santos; Silvano, 2016), uma vez que esses recursos tornam-se cada vez mais escassos em razão da crescente demanda pelo uso associada à degradação ambiental (Jardim; Bursztyn, 2015), o que exige do cenário atual novas estratégias que visem proteger ambientes específicos e que se relacionam com a gestão de tal recurso, como a adoção de PSAs. Na modalidade de PSAs relacionados à proteção de recursos hídricos (PSA-H), habitualmente paga-se por reflorestamento em matas ciliares, criação de áreas protegidas e qualidade da água (Santos; Silvano, 2016), tornando-se necessárias métricas que avaliam a efetividade dessas ações.

Apesar do potencial incremento na provisão de PSA, em virtude da valoração ambiental, tal modelo de gestão ainda necessita de ajustes. Dentre os principais fatores limitantes para garantir a eficácia potencial dos PSAs, destaca-se a escassez de medidas de monitoramento efetivas para assegurar o incremento na provisão de SA. O monitoramento desses programas consiste em uma medida essencial para examinar se as condições de funcionamento de um PSA estão sendo cumpridas (critério da condicionalidade), ou seja, se os serviços ecológicos pelos quais se paga são de fato fornecidos.

A fragilidade das ações de monitoramento se dá em grande parte em função do elevado custo de implementação e da manutenção desse tipo de iniciativa (Engel et al., 2008), na falta de recursos e equipe técnica, dentre outros aspectos limitantes (Schuler et al., 2017). O monitoramento tem-se restringido em muitas situações à avaliação do cumprimento de intervenções previstas nos termos estabelecidos em contrato, com a finalidade de verificar se o pagamento deve ou não ser efetuado ao produtor (Novaes, 2014), contudo sem necessariamente garantir a efetividade do programa.

Neste sentido, para se implantar um programa de monitoramento de PSAs que seja efetivo e contínuo é necessária a definição de parâmetros apropriados, que sejam de baixo custo, eficazes e de fácil aplicação (Lima et al., 2015). Esses indicadores de efetividade devem ser sensíveis às mudanças ambientais e sociais associados à área de interesse, advindas da implementação dos PSAs (Lima et al., 2015). Além disso, deve-se estabelecer uma frequência mínima do monitoramento, o que demanda conhecimento e apoio técnico (Lima et al., 2013).

Atualmente não existe um protocolo de monitoramento que defina os principais critérios e indicadores a serem avaliados, suprir essa lacuna é imprescindível para aumentar a eficiência dos PSAs (Souto et al., 2018). Dentre indicadores utilizados para o monitoramento de PSA dispostos na literatura nacional, grande parte apresenta algum aspecto relacionado à quantidade e qualidade da água (Cardoso et al., 2013; Lima et al., 2013; Fiore et al., 2017; Novaes, 2014).

Segundo Fiore et al. (2017), a alteração da qualidade da água nos PSA-H brasileiros vem sendo monitorada por meio de parâmetros diversos, conforme apresentado na Tabela 5, desenvolvida pelos autores supracitados. Em função dos altos custos associados às análises, estas são realizadas de modo experimental por instituições parceiras destes projetos (Farley; Costanza, 2010; Muradian et al., 2010; Mattos; Hercowitz, 2011; Marshall, 2013; Lima et al., 2015), o que ocasiona uma redução do número de parâmetros avaliados, assim como na descontinuidade das avaliações, acarretando uma inconsistência nas informações sobre os programas implementados (Brasil, 2005, 2013).

**Tabela 5.** Parâmetros de qualidade de águas monitorados em unidades de Pagamento por Serviços Ambientais Hídricos brasileiras.

Casos	Pontos de amostragem	Período de monitoramento	Parâmetros	Frequência
AGEVAP (2015) PRO-PSA Guandu	3 pontos: 1 na cabeceira para referência; 1 na área de intervenção e 1 na foz ou 1 ponto na exutória para áreas de até 100 ha	Iniciar antes das atividades de campo	Mínimos: turbidez e sólidos em suspensão; Desejáveis: pH, DBO, coliformes termotolerantes, nitrogênio e fósforo totais	Não determinada
TNC (2013) TR para o monitoramento do Rio Camburiú	5 pontos em 200 ha	2 anos	Temperatura, pH, condutividade, turbidez, sólidos em suspensão total, cor, matéria orgânica, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, fósforo total	Quinzenal
Conservador de águas (Pereira et al., 2010)	---	---	Temperatura, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido e pH	Bimestral

**Tabela 5 cont.** Parâmetros de qualidade de águas monitorados em unidades de Pagamento por Serviços Ambientais Hídricos brasileiras.

Casos	Pontos de amostragem	Período de monitoramento	Parâmetros	Frequência
Fundação Grupo Boticário de proteção à natureza (2014)	---	---	Condutividade elétrica; oxigênio dissolvido e turbidez	Não determinada
Castello Branco (2015) Bacia do Rio das Pedras	2 pontos em 5.000 há	---	pH, turbidez, DBO, cor, coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, fósforo total, temperatura	Semestral

Fonte: Fiore et al. (2017)

Com relação aos indicadores relacionados ao solo, poucos são efetivamente monitorados, mesmo sendo intrinsecamente relacionados à dinâmica da água e ao sucesso dos PSAs. Uma série de possíveis indicadores do solo para o monitoramento de PSAs já foram propostos na literatura (Parron et al., 2015; Fidalgo et al., 2017), no entanto, carecem de possíveis ajustes práticos para serem efetivos e com logística viável. Dentre os possíveis indicadores relacionados aos solos destacam-se o índice de estabilidade de agregados (IEA), a resistência do solo à penetração de raízes, a infiltração de água no solo, o aporte de matéria orgânica, a capacidade de troca de cátions (CTC), o estoque de carbono, a presença de contaminantes e a taxa de decomposição (Fidalgo et al., 2017), sendo todos de fácil obtenção.

Diante do exposto, fica claro que existe uma grande lacuna no monitoramento de PSAs que demandam novos trabalhos a fim de potencializar a prestação de SA e ainda de otimizar a gestão de recursos públicos. A definição de indicadores que considerem diversos aspectos relacionados aos bens e serviços prestados pelos ecossistemas e a possível associação destes tendem a contribuir fortemente para disseminação da política ambiental e podem constituir em uma ferramenta que possibilite direcionar programas e políticas públicas que conservem e recuperem ambientes naturais, além de beneficiar processos ecológicos favoráveis para a sustentabilidade de agroecossistemas.

## Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. p. 58-63. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lições aprendidas na conservação e recuperação da mata atlântica**: planos municipais de conservação e recuperação da mata atlântica. Brasília, DF, 2013. 100 p.

CARDOSO, M. D. O.; TURETTA, A. P. D.; PRADO, R. B. Manutenção do solo e água através de programas de pagamentos por serviços ambientais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS

HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Bento Gonçalves, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBERK, 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, 1997.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; SUTTON, P.; PLOEG, S. der; ANDERSON, S. J.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, K. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, n. 1, p. 152-158, 2014.

ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. **Ecological Economics**, v. 65, n. 4, p. 663-674, 2008.

FARLEY, J.; COSTANZA, R. Payment for ecosystem services: from local to global. **Ecological Economics**, v. 69, n. 11, p. 2060-2068, 2010.

IORE, F. A.; BARDINI, V. S. dos S.; NOVAES, R. C. Monitoramento da qualidade de águas em programas de pagamento por serviços ambientais hídricos: estudo de caso no município de São José dos Campos/SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1141-1150, 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: Embrapa, 2017. 78 p.

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, 2015.

LIMA, A. P. M. de; ALBUQUERQUE, R. H.; PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; FIDALGO, E. C. C.; SCHULER, A. E. Pagamento por serviços ambientais hídricos no Brasil: experiências iniciais e os desafios do monitoramento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013. Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Bento Gonçalves, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.

LIMA, A. P. M. de; PRADO, R. B.; SCHULER, A. E.; FIDALGO, E. C. C. Metodologias de monitoramento de programas de pagamento por serviços ambientais hídricos no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília, DF. **Segurança hídrica e desenvolvimento sustentável: desafios do conhecimento e da gestão: anais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.

MARSHALL, G. R. Transaction costs, collective action and adaptation in managing complex social-ecological systems. **Ecological Economics**, v. 88, p. 185-194, 2013.

MATTOS, L.; HERCOWITZ, M. Economia do meio ambiente e serviços ambientais: estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 294 p.

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, 2010.

NOVAES, R. M. L. Monitoramento em programas e políticas de pagamentos por serviços ambientais em atividade no Brasil. *Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 22, n. 2, p. 408-431, 2014.

PAGIOLA, S.; BISHOP, J.; LANDELL-MILLS, N. *Selling forest environmental services: market-based mechanisms for conservation and development*. London: Taylor & Francis, 2012.

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.

PEREIRA P. H.; CORTEZ, B. A.; TRINDADE, T.; MAZOCHI, M. N. *Conservador das Águas, 5 anos*. Extrema: Departamento de Meio Ambiente, 2010. Disponível em: <<http://www.extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/LivroConservador-20101.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

SANTOS, F. L. dos; SILVANO, R. A. M. Aplicabilidade, potenciais e desafios dos Pagamentos por Serviços Ambientais para conservação da água no sul do Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 38, p. 481-498, 2016.

SCHULER, A. E.; PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; TURETTA, A. P. D.; DIEDERICHSEN, A.; VEIGA, F.; ATANAZIO, R.; SANTOS, D. G. dos; MARTINS, A. L. da S. *Serviços ambientais hídricos*. In: 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. p. 14-29.

SILVA, J. A. A. da (Coord.). *O código florestal e a ciência: contribuições para o diálogo*. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência: Academia Brasileira de Ciências, 2011.

SOUTO, M. L. da S.; RAMOS, A. E.; PEREIRA, A. V. B.; GASPARGAR, R. de O.; AZEVEDO, L. M. N. de; GANEM, S. M.; SILVA, C.; VIANA, J. L. R. de S. *Reflorestamento*. In: LIMA, J. E. F. W.; RAMOS, A. E. (Ed.). *A experiência do projeto Produtor de Água na bacia hidrográfica do Ribeirão Pipiripau*. Brasília, DF: Adasa: ANA: Emater: WWF Brasil, 2018. p. 112-121.

## **Comitê de Bacias e interface com Agroecologia**

*Walter José Rodrigues Matrangolo, Élio Domingos Neto*

### **Gestão territorial por bacia hidrográfica**

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (Tucci, 1997). Em regiões cársticas, os canais formados por intemperização de regiões calcárias dão maior complexidade aos sistemas hídricos.

A Lei Federal nº 9.433, de 8/1/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil, organizou o sistema de gestão, concretizando a gestão da água por bacias hidrográficas em todo território nacional. Os estados brasileiros também fizeram divisões hidrográficas para fins de gestão. É sobre este território definido como bacia hidrográfica que se desenvolvem as atividades humanas. Todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica em todo o território nacional, seja em corpos hídricos de dominialidade da União ou dos Estados (Porto; Porto, 2008).

Os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) são organismos colegiados componentes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), existentes no Brasil desde 1988. Para o Governo Federal, o Comitê de Bacia Hidrográfica é um fórum de decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica, contando com a participação dos usuários, da sociedade civil organizada, das demais esferas do poder público (federal, estadual e municipal), destinado a agir como o “parlamento das águas da bacia” (Agência Nacional de Águas, 2011). A composição diversificada e democrática dos Comitês contribui para que todos os setores da sociedade com interesse sobre a água na bacia tenham representação e poder de decisão sobre sua gestão (Agência Nacional de Águas, 2019).

A gestão descentralizada de Recursos Hídricos deveria favorecer a manutenção do binômio qualidade e quantidade de água, a fim de garantir a premissa da lei das águas de uso múltiplos de recursos hídricos. Para o acesso coletivo e promoção de usos múltiplos deve-se priorizar o abastecimento humano e a dessedentação animal. Os instrumentos de gestão que competem aos CBHs e dispostos pela legislação são a criação de plano diretor de recursos hídricos da bacia, outorga, cobrança e enquadramento de corpos hídricos. A composição de um Comitê deve favorecer promoção de estratégias comuns que recuperem e mantenham as funcionalidades ecológicas da bacia hidrográfica através do diálogo intersetorial entre os segmentos. Estes diferentes segmentos (poder público, usuários e sociedade civil) têm perspectivas e interesses distintos sobre o território da bacia. A eficácia de um CBH na promoção de gestão é um grande desafio, pois na atual lógica antropocêntrica predomina um paradigma vulgar em que a temática ambiental é apontada como empecilho ao desenvolvimento econômico, sendo demandante de investimentos cada vez mais escassos. Esta questão se torna mais relevante quando da gestão de águas subterrâneas, que envolvem os sistemas cársticos. Os conhecimentos sobre o relevo cárstico e a dinâmica das águas subsuperficiais são menos popularizados do que os conhecimentos sobre a rede de drenagem superficial.

Para Toledo e Barrera-Bassols (2015), estudos de problemas ambientais constituem-se numa importante estratégia de transição da ciência normal para uma futura ciência pós-normal, esperançosamente menos fragmentada e eticamente comprometida com os interesses da civilização. Gomes (2005) argumenta que a ciência pós-normal é recomendada para sair do reducionismo dominante nas “comunidades restringidas de pares”, levando à tomada de decisão para o âmbito das “comunidades estendidas de pares”, por meio do debate mais amplo com toda a sociedade. Ou seja, promovendo democratização na produção e na circulação do conhecimento, exatamente como proposto na agroecologia. A gestão compartilhada da água e dos territórios das bacias hidrográficas é uma proposição em construção no Brasil.

Alguns instrumentos de gestão fundamentais, como a cobrança, não são efetivados, inviabilizando o trabalho da maioria dos CBH. O objetivo deste documento é, a partir de diferentes contextos presentes na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Jequitibá (afluente do Rio das Velhas), revelar o desafio complexo do aprimoramento da conservação de solo e dos sistemas ecológicos pela democratização da gestão de águas. O relato aqui exposto pode contribuir para o entendimento dessa complexa resposta.

## **A Bacia do Ribeirão Jequitibá**

A Bacia do Ribeirão Jequitibá conta com mais de 260.000 habitantes (Sete Lagoas: 237.286; Prudente de Moraes: 10.629, Jequitibá: 5.215, Funilândia: 4.304, Capim Branco: 9.679), em 624 km<sup>2</sup>. É a maior poluidora do Rio das Velhas fora da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Quando se considera a territorialidade da RMBH nas sucessivas campanhas de qualidade de água

do Estado de Minas Gerais percebemos que sub-bacias como dos ribeirões do Onça, dos Arrudas e da Mata pontuam negativamente com maior expressão do que a Bacia do Ribeirão Jequitibá nos parâmetros de qualidade de água.

A porção urbana da Bacia do Ribeirão Jequitibá apresenta córregos receptores de esgotos urbanos e industrial. Em sua maioria nos municípios de Sete Lagoas e Prudente de Moraes. *Os principais cursos d'água são o Ribeirão Paiol e Saco da Vida, com água de boa qualidade, e os demais, poluídos: Ribeirão Jequitibá, Córrego Cambaúba e Ribeirão do Matadouro (Figura 7).*

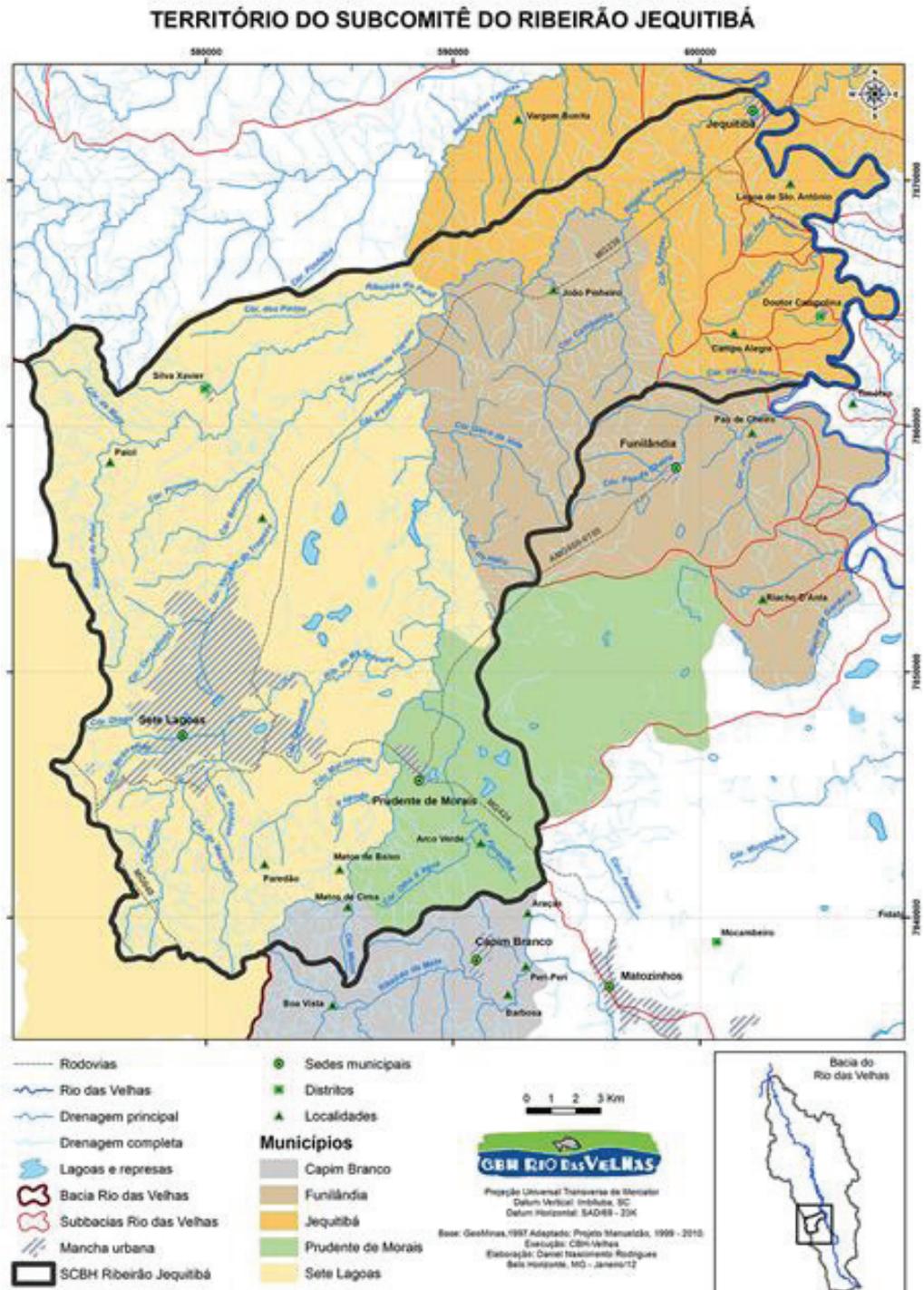


Figura 7. Território do Subcomitê Ribeirão Jequitibá



obstante, os próprios efluentes da coleta pública de esgotos, sem destinação adequada em estação de tratamento.

A ineficiência de tratamento de efluentes sanitários dos municípios pode ser percebida na porção sul da UTE Ribeirão Jequitibá, ou ainda, na porção alta da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jequitibá, tratando-se em termos fisiográficos. Conforme se pode inferir pelo mapa de qualidade de águas da UTE Ribeirão Jequitibá (Figura 8), disponibilizado pelo CBH Rio das Velhas em seu Plano Diretor de Recursos Hídricos – PDRH, é perceptível a maior concentração de contaminantes na porção alta da bacia. Enquanto que, ao mesmo tempo, é perceptível que há menores taxas de oxigênio dissolvido em estações de amostragem localizadas à montante. A razão para tais comportamentos é que os impactos ambientais supracitados são mais concentrados no entorno do município de Sete Lagoas, onde se encontra agrupada a indústria, demais atividades humanas e, ainda, o adensamento populacional.

O crescimento econômico da região foi fortemente influenciado pelo parque siderúrgico implantado nas décadas de 1970 e 1980, desenvolvido com a ajuda da energia barata do carvão de vegetação nativa do bioma Cerrado, de praticamente todo o Brasil. Essa cultura, historicamente construída pelo “enriquecimento e crescimento” da região, considera o Cerrado destruído e queimado uma fonte de riqueza. O que corrobora o ainda presente ponto de vista de que o Cerrado sempre foi um vazio improdutivo e que sua supressão para o avanço da agricultura industrial traria acréscimos econômicos e sociais (para reduzida parcela da população).

Na UTE Ribeirão Jequitibá, segundo o PDRH, 21% do território são considerados prioritários para conservação. A UTE está inserida na área denominada Província Cárstica de Lagoa Santa. Com cinco municípios parcialmente inseridos em seu território, 56,1% do uso do solo são representados pela agropecuária e 18,5% de cobertura natural, representada unicamente pela vegetação arbustiva. Quanto à fragilidade ambiental, apresenta 66% de seu território com forte suscetibilidade à erosão e 29,84% com média suscetibilidade. A compactação do solo e a ocupação desordenada aceleram os processos erosivos. Os municípios da UTE são Capim Branco, Prudente de Moraes, Sete Lagoas, Funilândia e Jequitibá. Todos estes municípios possuem Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB pronto ou em elaboração. Somente o município de Sete Lagoas não teve seu PMSB custeado pelo CBH Velhas através da Cobrança. Em 2019 os municípios de Jequitibá e Capim Branco iniciaram o processo de construção de seus PMSB através de contratação do CBH Velhas. Funilândia e Capim Branco obtiveram seus PSMB entregues pelo CBH Velhas em 2014. Na UTE Jequitibá há captação de água subterrânea para o abastecimento de 100% dos municípios com sede na Unidade (Jequitibá, Prudente de Moraes e Sete Lagoas). Sete Lagoas destaca-se pela captação a fio d'água no próprio Rio das Velhas, no município vizinho, Funilândia. O índice de atendimento de água na UTE é de 99,48%. O consumo per capita da UTE Ribeirão Jequitibá é superior ao da Bacia do Rio das Velhas (136,23 L/hab. dia). Jequitibá e Prudente de Moraes possuem tratamento de água com desinfecção e fluoretação, e Sete Lagoas, simples desinfecção. No que se refere aos efluentes, a UTE Ribeirão Jequitibá apresenta um baixo índice de tratamento de esgoto (26,56%).

**Tabela 6.** Vazões retiradas médias nas UTE e nos trechos da calha do Rio das Velhas e Ribeirão Jequitibá. Tabela adaptada.

	BACIA		Vazões retiradas (m <sup>3</sup> /s)				
	Urbano <sup>1</sup>	Rural	Animal	Industrial	Irrigação	Mineração	Total
Ribeirão Jequitibá	0,8738 (36,7%)	0,0077 (0,3%)	0,0224 (0,9%)	0,6885 (28,9%)	0,7643 (32,1%)	0,0231 (1%)	2,3797
Rio das Velhas	8,7734 (36,4%)	0,1656 (0,7%)	0,4393 (1,8%)	3,3617 (14%)	7,9579 (32,6%)	3,5079 (14,5%)	24,2058

<sup>1</sup> Fonte: Brasil (2012), Agência Nacional de Águas (2010) e dados fornecido pela prestadora de serviço da localidade.

Vislumbramos a transição agroecológica, aliada ao fortalecimento dos instrumentos de gestão de recursos hídricos como um binômio para mitigação de impactos ambientais na Bacia do Ribeirão Jequitibá. Esta bacia apresenta um conjunto de fatores que poderão contribuir para a transição agroecológica com a mudança do uso do solo e aprimoramento na gestão compartilhada da água. Entre os pontos favoráveis para a transição agroecológica na bacia, temos:

1 - Sete Lagoas tem uma das maiores áreas em horta urbana do Brasil, com política de não utilização de agrotóxicos.

2 - Capim Branco é polo de produção de hortaliças orgânicas, considerada como a Capital Mineira de Orgânicos. Um produtor de orgânicos de Capim Branco foi o primeiro mineiro a ter acesso ao crédito do ABC (Agricultura de Baixo Carbono). A Lei Municipal nº 1.224/2011, que dispõe sobre a denominação de Capim Branco-MG como “Cidade Orgânica”, foi sancionada no dia 20 de julho de 2011.

3 - Presença de Embrapa, Epamig, Emater-MG, Universidade Federal de São João del-Rei, Escola Técnica Municipal de Sete Lagoas, entre outras instituições, com contribuições para a geração de conhecimento voltado para a transição agroecológica, e que já atuaram e ainda atuam junto a associações de agricultores orgânicos da bacia. O Projeto CVT-GUAYI de Agroecologia (2013-2018), que agregou as instituições anteriormente citadas, teve a Bacia do Ribeirão Jequitibá como seu território de atuação (Matrangolo et al., 2018).

4 – O Projeto Hidroambiental Difusão de Práticas Agroecológicas, em execução na bacia do ribeirão Jequitibá com recursos da Cobrança. Foi demandado e é acompanhado pelo Subcomitê do Ribeirão Jequitibá. Objetiva fomentar a cultura conservacionista fundamentada na Agroecologia junto à comunidade que pratica a agricultura familiar e ampliar o diálogo entre esse grupo e demais instituições da bacia hidrográfica.

5 - O CBH Velhas e a Agência Peixe Vivo, que articulam uma rede de 18 subcomitês na Bacia do Rio das Velhas, poderão promover intercâmbios de aprendizados entre os subcomitês das microbacias. A metodologia das caravanas agroecológicas poderá favorecer o alcance desse objetivo (Silva; Lopes, 2015).

6 - A Semana de Integração Tecnológica (12<sup>a</sup>. SIT<sup>1</sup>), evento anual relacionado à agropecuária, neste ano de 2019 teve como tema geral a Bioeconomia.

<sup>1</sup><http://www.sit2019.com.br/>

As pressões por ocupação imobiliária e industrial vêm promovendo diálogos como audiências públicas no âmbito do Comitê de Bacia / Subcomitê, com relação às propostas de ocupação de duas microbacias componente da bacia do Ribeirão Jequitibá: a microbacia do córrego dos Machados e a microbacia do córrego do Marinheiro, como a possibilidade criação das APAs do Marinheiro e Machado. Recentemente, a ocupação imobiliária já promove despejo in natura de efluente residencial na Bacia do Córrego dos Machados. Organizados em associação recém-criada, seus moradores vêm promovendo ações de sensibilização junto a agentes públicos, com destaque à ainda boa qualidade da água superficial dessa microbacia. A pressão da especulação imobiliária pela ocupação de antigas fazendas desse território, caso seja desconsiderada e siga os padrões históricos, tenderá a degradar esse já reduzido volume de água superficial de qualidade da bacia do Ribeirão Jequitibá.

Recentemente, o plano diretor de Sete Lagoas previu a transformação de parte da Bacia do Córrego do Marinheiro, localizada na zona rural de Sete Lagoas, em porto seco. Esse planejamento não considerou a importância dessa microbacia para o abastecimento da água subterrânea da cidade. Essa mesma microbacia capta água que é superficialmente armazenada na Lagoa da Baiana, que atende a toda a área experimental da Embrapa Milho e Sorgo. Além disso, a área é reduto de parte importante dos exemplares da árvore nativa faveiro-de-Wilson (*Dimorphandra wilsonii* Rizzini), espécie endêmica da região Central de Minas Gerais, criticamente em período de extinção, que ocorre na transição do Cerrado para a Mata Atlântica. O plano de ação nacional para a conservação da espécie (Martins et al., 2014) apresenta detalhes de sua distribuição na região Central de Minas.

A intervenção prevista afetaria a produção de pesquisa agropecuária brasileira, a biodiversidade já ameaçada e a própria economia do município caso apenas o aspecto econômico imediato fosse considerado. A interlocução entre os diferentes atores de uma bacia hidrográfica, nesse caso específico, mostrou-se imprescindível para o aprimoramento do planejamento da ocupação do território.

A água utilizada para as atividades urbanas e industriais, em grande parte subterrânea, é oriunda dos reservatórios cársticos. Essa superexploração intensifica os riscos de abatimentos de solo e a segurança da população da cidade de Sete Lagoas. Galvão et al. (2015) relataram que o aumento no consumo de água subterrânea no município de Sete Lagoas induziu afundamentos e colapsos nas últimas três décadas. O rápido crescimento urbano nem sempre foi guiado pelo planejamento, especialmente em relação a questões ambientais e geotécnicas, a área urbanizada do município de Sete Lagoas está em grande parte localizada em zona de alto risco geotécnico, onde já ocorreram 17 subsidências (afundamento abrupto ou gradativo da superfície da terra) ou colapsos desde 1988. Esses autores consideram ainda que a exploração adicional intensiva de água subterrânea provavelmente gerará eventos adicionais e que a limitação da criação de poços de alta taxa de extração poderá limitar novos colapsos. Nesta área, localizada na maior zona de risco geotécnico e onde a maioria da população vive, recomenda-se a redução do uso da água subterrânea, proibição de perfuração de poços novos, priorização de poços públicos para suprimento e mudança para superfície onde for possível.

A partir dos estudos sobre a água subterrânea da Bacia do Ribeirão Jequitibá, Pimenta et al. (2017) mostraram que a água do aquífero profundo é mais velha, entre 200 e 60 anos, enquanto as águas do aquífero raso livre são menos velhas, com datação próxima a 37 anos. Estes resultados indicam o tempo de renovação nos aquíferos e podem contribuir para a melhor gestão dos recursos hídricos em regiões com problemas de disponibilidade hídrica. Além de melhor entender a dinâmica e dimensionar o impacto da retirada de água subterrânea, é necessário que a cobertura do solo

seja conservada e manejada de tal modo que impeça o escoamento superficial da água e o conseqüentemente assoreamento dos corpos d'água superficiais e favoreça a infiltração.

## Considerações finais

A busca pela manutenção dos sistemas ecológicos pelo compartilhamento do conhecimento e da gestão do território pode orientar a melhoria da qualidade de vida de nossa civilização. A dinâmica dos comitês de bacia pode contribuir para que ações integradoras fomentem o diálogo para o bem comum, oferecendo suporte para que se possa promover uma gestão integrada das águas.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em: 8 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/CadernosDeCapacidade1.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Hidrogeologia dos ambientes cársticos da Bacia do Rio São Francisco para a gestão de recursos hídricos: resumo executivo. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <[http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/estudo-da-ana-aponta-vulnerabilidades-em-aquiferos-da-bacia-do-sao-francisco/resumo-executivo\\_carste-sao-francisco.pdf](http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/noticias/estudo-da-ana-aponta-vulnerabilidades-em-aquiferos-da-bacia-do-sao-francisco/resumo-executivo_carste-sao-francisco.pdf)>. Acesso em: 8 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/acesso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2010. Brasília, DF, 2012. 448 p.

GALVÃO, P.; HALIHAN, T.; HIRATA, R. Evaluating karst geotechnical risk in the urbanized area of Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil. Hydrogeology Journal, v. 23, n. 7, p. 1499-1513, 2015.

GOMES, J. C. C. As bases epistemológicas da agroecologia. In: AQUINO, A. M. D.; ASSIS, R. L. (Org.). Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, DF: Embrapa, 2005. p. 71-99.

MARTINS, E. M.; FERNANDES, F. M.; MAURENZA, D.; POUGY, N.; LOYOLA, R.; MARTINELLI, G. Plano de ação nacional para a conservação do Faveiro-dewilson (*Dimorphandra wilsonii* Rizzini). Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014.

MATRANGOLO, W. J. R.; FERRAZ, L. de C. L.; RIBEIRO, P. E. de A.; CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da. Ações do Centro Vocacional Tecnológico em Agroecologia Guayi na Embrapa Milho e Sorgo e na UFSJ, em Sete Lagoas, região central de Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 12., 2018, Viçosa, MG. Agricultura: educação, cultura e natureza: anais eletrônicos. Belo Horizonte: SBSP, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/185731/1/Acoes-Centro.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

MENDES, J. B. Propostas didáticas para o ensino do carste na educação básica. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

PIMENTA, R. C.; ROCHA, Z.; VIANA, J. H. M.; LINHARES, G. M. G.; DUARTE, M. P. e MOREIRA, R. M. Use of environmental tritium in groundwater dating in the upper jequitibá river basin, municipality of Sete Lagoas, Minas Gerais, Brazil. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE, 8., 2017, Belo Horizonte. *Nuclear energy for national projects: abstracts*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Energia Nuclear, 2017.

PORTO, M. F. de S. Interdisciplinaridade e ciência pós-normal frente à questão ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLOGICA, 2., 1997, São Paulo. Anais... São Paulo: Universidade de São Paulo, 1997. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/267964859\\_Interdisciplinaridade\\_e\\_Ciencia\\_Pos-Normal\\_frente\\_a\\_Questao\\_Ambiental](https://www.researchgate.net/publication/267964859_Interdisciplinaridade_e_Ciencia_Pos-Normal_frente_a_Questao_Ambiental)>. Acesso em: 14 maio 2019.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10292>>. Acesso em: 12 maio 2019.

RIBEIRO, C. G.; MENEGASSE, L. N.; PAULA, R. S. de; MEIRELES, C. G.; LOPES, N. H. B.; ARCOS, R. E. C.; AMARAL, D. G. P. Análise dos fluxos nos aquíferos cárstico-fissurais da região da APA Carste de Lagoa Santa, MG. *Águas Subterrâneas*, v. 33, n.1, p. 12-21, 2019.

RIBEIRO, W. C.; TRAVASSOS, L. E. P. Educação ambiental no carste em Minas Gerais: possibilidades de ensino e aprendizagem sobre o patrimônio geológico. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 126-148, 2015.

SILVA, M. G.; LOPES, L. de S. Inovações metodológicas: caravana agroecológica com o processo de análise dos territórios e agroecologia. *Cadernos de Agroecologia*, v. 10, n. 3, p. 1-5, 2015. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/18965/13417>>. Acesso em: 5 maio 2019.

TOLEDO, V. M.; BARRERA-BASSOLS, N. A memória biocultural: a importância ecológica das sabedorias tradicionais. São Paulo: Expressão Popular, 2015.

TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: ABRH: Editora da UFRGS, 1997. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).

## **Promoção de serviços ambientais e gestão ambiental na Embrapa Milho e Sorgo – experiências: Programa de Reconstituição da Flora de APPs e Reserva Legal**

*Manoel Ricardo de Albuquerque Filho, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro, Thomaz Correa e Castro da Costa, Walter José Rodrigues Matrangolo, Marcos Aurélio dos Santos, Jaqueline Carolino Santos*

### **Introdução**

A Fazenda Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, ocupa uma área total de 1.931 ha, no limite com o município de Prudente de Moraes. É um importante compartimento periurbano da Bacia do Ribeirão Jequitibá, afluente do Rio das Velhas, a Fazenda é um refúgio da biodiversidade na região Central de Minas Gerais, abrigando espécies de fauna e flora do Cerrado, da Mata Atlântica e de ambiente cárstico.

As pressões antrópicas seculares na região têm impactado sobremaneira o ambiente natural, destacadamente a cobertura vegetal e os corpos hídricos, acarretando empobrecendo da biodiversidade e a degradação dos ecossistemas. Em um caminho reverso, a Embrapa Milho e Sorgo vem proporcionando diversas ações para a proteção e recuperação ambiental dos quase dois mil hectares da Fazenda, de acordo com a legislação vigente, que levaram a Empresa a conseguir a Licença Ambiental de Operação corretiva, em setembro de 2015.

Os principais esforços envolvem a adequação ambiental das instalações físicas, como a instalação da estação de tratamento de esgotos, eliminação de fossas negras, instalação de fossas sépticas, a recuperação de áreas degradadas e protetivas, o uso racional da água, instalação de horímetros e hidrômetros nas captações outorgadas, adequação dos programas de gestão de resíduos de laboratórios, tratamento e destinação de resíduos e embalagens de agroquímicos, implantação dos programas de gerenciamento de resíduos sólidos e de Logística Sustentável, a elaboração e implementação do Projeto Técnico de Recomposição da Flora - PTRF.

## Implementação do PTRF

Para a implementação do PTRF, estudos preliminares envolveram o mapeamento e a delimitação das principais áreas em APP e Reserva Legal impactadas pela prática agrícola e criação de animais na Fazenda (Tabela 7) e o levantamento florístico das espécies nativas da região.

**Tabela 7.** Identificação e quantificação das áreas consolidadas de uso antrópico em APPs Hídricas, na Fazenda Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas.

APP relacionada	Tipo de intervenção*	Tamanho da área (ha)
Lagoa da Baiana	Estrada/barramento	0,37
	Área em regeneração - capoeira/bosque (antiga pastagem)	0,40
Córrego Marinheiro (incluindo 3 poços de uso insignificante)	Estrada	0,11
	Área em regeneração - capoeira/bosque (antiga pastagem)	0,90
Lagoa Subida da Estação	Estrada/barramento	0,26
Lago do Trevo (Antiga Lagoa do Campo Alegre)	Estrada/barramento	0,32
	Bosque/capoeira (área em regeneração)	0,68
	Edificações (casa de bomba e guarita)	0,01
Lagoa da Cascata	Estrada	0,56
	Bosque/área de recuperação ambiental mais área de cultivos anuais (experimentação agrícola)	2,60
Lagoa da Capivara**	Estrada/barramento	1,25
	Bosque	7,40
	Edificações	0,64
Lagoa Olhos D'Água	Estrada/barramento	0,49
	Área em regeneração - capoeira/bosque (antiga pastagem)	0,30
Córrego Matadouro	Estrada (incluindo pontes)	0,29
	Área em regeneração - capoeira/bosque (antiga pastagem)	2,12
<b>Tamanho Total da Área de Uso Consolidado (ha)</b>		<b>18,7</b>

\* Considerando 7 m de largura para as estradas.

\*\* Considerando áreas particulares que não foram desmembradas no cálculo

A flora regional é representativa do Complexo do Brasil Central ou do Cerrado, formação esta tipicamente campestre. No entanto, dentro desse complexo, outras formações vegetais distintas ocorrem como inclusões, como a Floresta Atlântica, a Floresta Estacional, a Floresta Xeromorfa e outras comunidades hidrófilas e higrófilas, além de áreas cobertas por campo limpo e campo rupestre, as duas também consideradas campestres (Rizzini, 1963, 1971). O levantamento realizado na

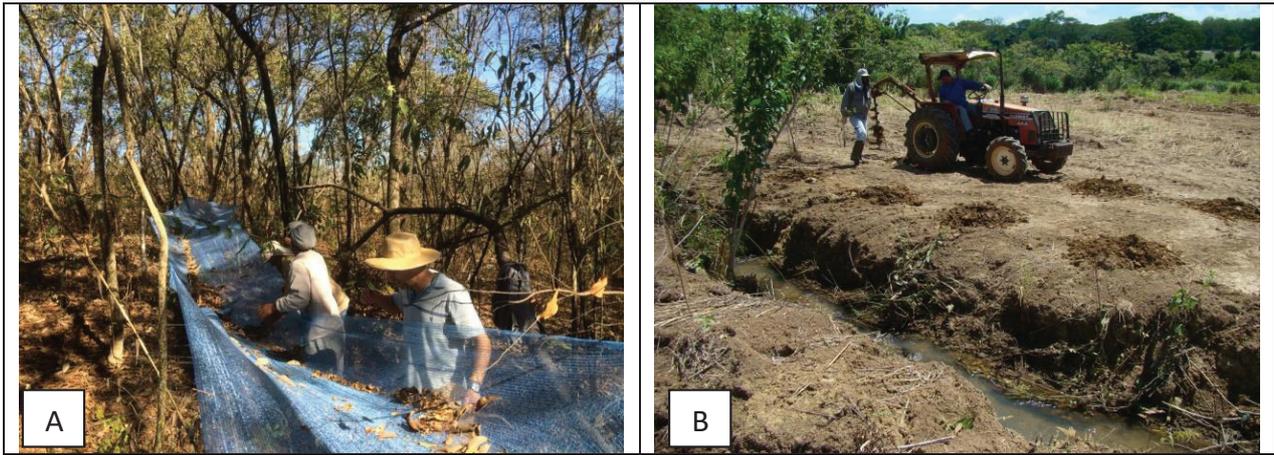
Fazenda Experimental da Embrapa Milho e Sorgo estabeleceu 68 espécies principais, amostradas em 28 parcelas de 20 x 20 m, totalizando 1,12 ha representativas dos fragmentos de vegetação nativa da área. As espécies foram reconhecidas por seu nome popular por mateiros funcionários da Embrapa, preliminarmente, e, em seguida, classificadas e catalogadas segundo suas características botânicas, podendo ser destacados o faveiro-de-Wilson (*Dimorphandra wilsonii*), ameaçado de extinção, com preservação garantida por lei e pelo seu Plano de Ação Nacional, o cedro (*Cedrela fissilis*), ipê-amarelo-da-mata (*Handroanthus vellosii*), macaúba (*Acrocomia aculeata*), amarelinho/cambuí (*Terminalia brasiliensis*), catiguá (*Trichila hirta*) jacarandá-da-mata (*Machaerium* sp), pequi (*Caryocar brasiliensis*), aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), vinhático (*Platymenia foliolosa*), jatobá (*Hymenea courbaril*). A reintrodução dessas espécies, no entanto, apresenta inúmeros desafios que vão desde a produção e aquisição das mudas, preparo e manutenção das áreas de plantio, irrigação na estação seca e até a proteção contra incêndios criminosos, comuns nessa época.

As áreas do PTRF foram escolhidas a partir da Tabela 7, acrescidas do entorno dos maciços calcários e se tornaram áreas protegidas pela Embrapa Milho e Sorgo. Inicialmente, essas áreas foram roçadas e isoladas para favorecer a colonização por dispersão natural de sementes. Contudo, em razão do longo tempo em que a Fazenda trabalhou com pastagens e gado, após a retirada dos animais estabeleceu-se uma densa biomassa de gramíneas exóticas, principalmente o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), capim-colômbio (*Panicum maximum*), capim-braquiária (*Urochloa* spp.) e sorgo selvagem (*Sorghum arundinaceum*) que ocupam um quarto da área da Fazenda. O crescimento acelerado e o grande banco de sementes dessas espécies tornam quase inviável manter as áreas de plantio limpas e em condições favoráveis ao crescimento das nativas, principalmente aquelas oriundas de sementes da dispersão natural.

Por essa razão, a Embrapa empreendeu na produção de mudas e na aquisição com parceiros, cabendo destacar a Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica de Belo Horizonte, que forneceu um grande volume de mudas com interesse em estudos ecológicos e botânicos da reintrodução de espécies como o faveiro-de-Wilson, em parceria com a Embrapa. As áreas de plantio para essas mudas foram preparadas próximo à Lagoa Subida da Estação, às margens do Córrego do Marinheiro, no entorno do Maciço Central e das Lagoas Capivara e Olhos D'Água, por meio de limpeza mecânica, coveamento e adubação. Para manter as áreas livres de concorrência com as invasoras, além do coroamento e da roçada periódica, também estão sendo testadas estratégias como o consórcio de nativas com adubo verde e cratília, plantio em sistemas agroflorestais e deposição de restos culturais das áreas experimentais da Fazenda.

As áreas implantadas desde dezembro de 2015 (Figuras 9 a 11) apresentam diferentes estágios de desenvolvimento, mas nenhuma delas alcançou, ainda, estabilidade e independência, necessitando de intervenções periódicas para o combate ao capim que ameaça o sucesso dos plantios. Uma alternativa para baratear os custos e melhorar a eficiência da limpeza do mato seria utilizar métodos químicos, como herbicidas. Contudo, restrições da legislação vigente resultam em grandes limitações, uma vez que fixa a liberação apenas aos herbicidas registrados no Ibama como produtos de “uso não agrícola”. Nessa categoria, os produtos autorizados são os princípios ativos glifosato e imazapir, que são de ação total (não seletivos). O glifosato é de ação pós-emergente, sem efeito residual, sendo o mais utilizado no Brasil, enquanto o imazapir é de ação pré e pós-emergente, de efeito residual que pode alcançar 200 dias após a aplicação (IBAMA, 2017).

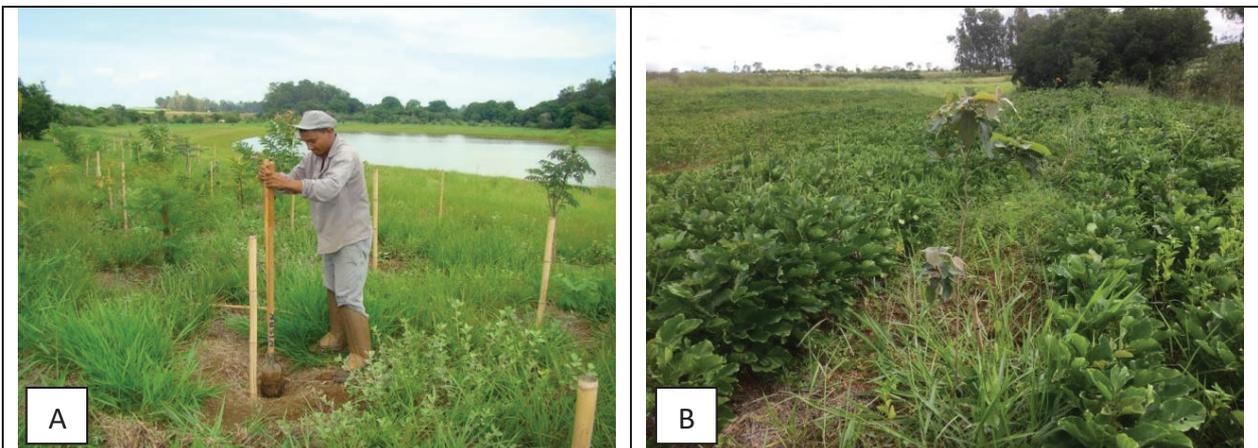
Para o processo de reconstituição da flora da Embrapa Milho e Sorgo, ambos os herbicidas são inadequados, principalmente o imazapir, pois afetam fortemente o banco de nativas espontâneas que possam emergir nas áreas de recuperação ambiental. Além disso, a experiência com o glifosato



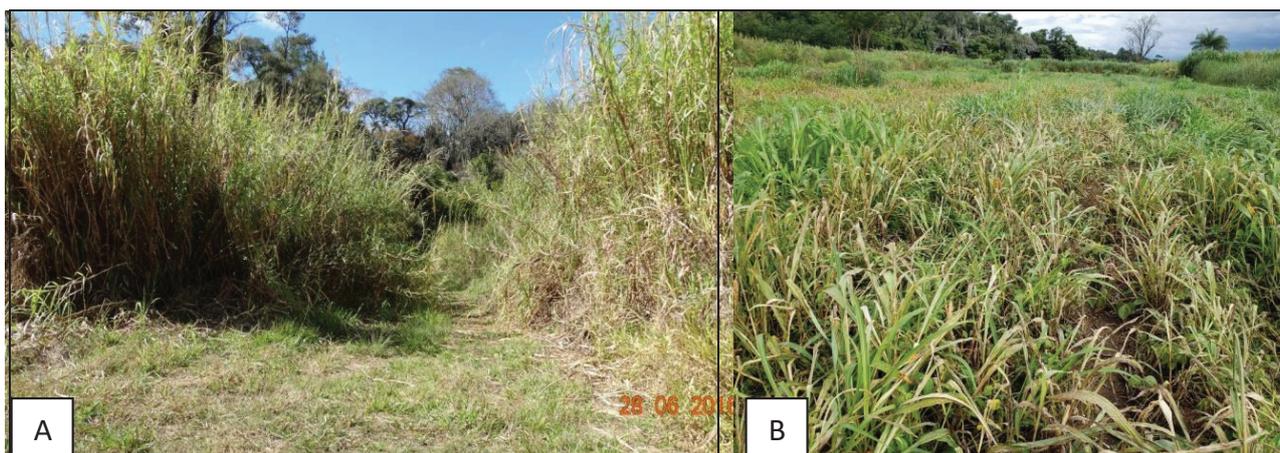
**Figura 9.** Rede de coleta de sementes em fragmento de mata da Embrapa Milho e Sorgo e coveamento para o plantio de mudas na área da Lagoa Subida da Estação - margens do Córrego do Marinheiro (B).



**Figura 10.** Plantio de mudas em mutirão (A) e deposição de restos culturais na área da Lagoa Subida da Estação - margens do Córrego do Marinheiro, após um ano do plantio (B)



**Figura 11.** Replanteio de mudas na Lagoa Capivara (A) e consórcio de nativas com adubo verde (feijão-de-porco) na Lagoa Olhos D'Água (B)



**Figura 12.** Densidade do capim elefante (A) e queima parcial da rebrota de capim após aplicação de glifosato (B), na área do Maciço Central da Embrapa Milho e Sorgo.

mostrou-se insuficiente para manter as áreas livres de gramíneas por muito tempo, especialmente quando é o capim-elefante, em que doses elevadas do herbicida não foram capazes de matar a rebrota dessa invasora, após a roçada mecânica (Figura 9). As plantas entram em senescência parcial, mas recuperam vigor e mantêm a infestação na área (Figura 12).

## Referências

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Certificado de Registro:** Arsenal NA. Brasília, DF, 2017 Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/agrotoxicos-de-uso-nao-agricola/registrados/2017/2017-09-04-arsenal\\_na.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/agrotoxicos-de-uso-nao-agricola/registrados/2017/2017-09-04-arsenal_na.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2019.

RIZZINI, C. T. A flora do Cerrado, análise florística das savanas centrais. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1962, São Paulo. [Anais...]. São Paulo: Edgar Blücher: Editora da Universidade de São Paulo, 1963. p. 125-177.

RIZZINI, C. T. Aspectos ecológicos da regeneração em algumas plantas do cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. [Anais...]. São Paulo: Edgar Blücher: Editora da Universidade de São Paulo, 1971. p. 61-64.

## Considerações Finais

Há uma grande relevância em se conhecer os serviços ambientais (serviços ecossistêmicos) prestados pela natureza e identificar a dependência do homem em relação a eles, pois estes serviços evidenciam como as pessoas e a natureza estão conectadas. Reconhecer a correlação entre serviços ecossistêmicos e desenvolvimento pode significar a diferença entre uma estratégia de desenvolvimento bem ou malsucedida, em função de consequências não investigadas sobre os serviços ecossistêmicos.

Em se tratando de gestão integrada de Bacias Hidrográficas, este conhecimento é de grande importância, uma vez que as ações praticadas dentro de seus limites muito provavelmente impactarão os componentes da paisagem e as comunidades que habitam dentro das suas fronteiras. Para o

serviço ambiental de produção de água, a quantidade e qualidade deste recurso natural é resultante das interações entre o meio ambiente e atividades antrópicas. É fundamental o conhecimento das relações entre os componentes existentes nas bacias para propor mecanismos de planejamento e gestão adequados. Não há como um fator ser compreendido isoladamente.

Para a gestão integrada em bacias hidrográficas é de consenso que esta deve envolver seus habitantes, estabelecendo um diálogo entre os diferentes atores incluindo os moradores, os usuários e os tomadores de decisão, amparados pelas informações científicas. A mobilização social é uma das ferramentas importantes estabelecidas pelos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Questões de educação ambiental, estudos técnicos, conhecimento científico na busca de soluções para problemas da bacia, formulação de políticas públicas, foram dificuldades apontadas na gestão integrada de Bacias Hidrográficas, pelo público no debate. A valoração dos benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas, incorporada à tomada de decisão, também é um desafio a ser trabalhado.

A criação de unidades de conservação, Pagamento de Serviços Ambientais, uso de sistemas agroecológicos na produção agropecuária e manejo adequado do território para o abastecimento de água são alternativas de gerenciamento que podem ser trabalhadas dentro das unidades espaciais de bacias e sub-bacias hidrográficas.

## Agradecimentos

Agradecemos aos organizadores e à equipe de suporte da 12ª Semana de Integração Tecnológica, da Embrapa Milho e Sorgo, assim como à Chefia-geral da Embrapa Milho e Sorgo pela disponibilização do espaço, logística do evento e apoio financeiro aos palestrantes. Agradecemos também à Universidade Federal de Minas Gerais, ao Comitê de Bacias do Rio das Velhas e à prefeitura de Sete Lagoas, MG, pela participação dos palestrantes neste evento.

**Embrapa**

---

**Milho e Sorgo**

DOCUMENTOS 240



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



CGPE 15588

