

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

Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica

*Lucilia Maria Parron
Junior Ruiz Garcia
Edilson Batista de Oliveira
George Gardner Brown
Rachel Bardy Prado
Editores Técnicos*

Embrapa
Brasília, DF
2015

Indicadores de serviços ambientais hídricos e a contribuição da vegetação ripária para a qualidade de água

Terencio Rebello de Aguiar Junior, Lucilia Maria Parron

Resumo: Muitos serviços ambientais são derivados dos fluxos e da qualidade da água e comumente são denominados serviços ambientais hídricos. Estes serviços são frequentemente regulados pelos ecossistemas terrestres e incluem os serviços de provisão, regulação e suporte. Este capítulo relaciona os serviços ambientais hídricos e seus respectivos indicadores de avaliação, descreve os diversos serviços promovidos pelas matas ripárias, salientando seu poder de filtro e proteção de recursos hídricos e apresenta um estudo de caso de avaliação de qualidade de água e da vegetação ripária em bacias hidrográficas em Ponta Grossa, PR. A abordagem adotada tem em vista o papel das matas ripárias na mitigação de poluentes agrícolas em corpos hídricos superficiais e sua contribuição para melhoria da qualidade da água em bacias hidrográficas.

Palavras-chave: serviços ecossistêmicos, recursos hídricos, qualidade de zonas ripárias, poluição por nitrogênio, índices de avaliação de ecossistemas fluviais, proteção de bacias hidrográficas.

Hydrologic ecosystem services, assessment indicators and the contribution of riparian buffers to water quality protection

Abstract: Many ecosystem services are derived from freshwater fluxes and quality and are commonly referred to as hydrological ecosystem services. These benefits are often regulated by terrestrial ecosystems and include provisioning, as well as regulating and supporting services. The purpose of this chapter is to relate hydrological ecosystem services and their respective evaluation indicators, as well as describe the many services offered by riparian zones, highlighting their filter capacity and water resource protection. Furthermore, the chapter presents a case study of water quality and riparian vegetation evaluation in watersheds in Ponta Grossa, PR. The approach adopted highlights the role of riparian forests in the mitigation of agricultural pollutants in water bodies and their contribution to improving water quality in watersheds.

Keywords: ecosystem services, water resources, quality of riparian zones, nitrogen pollution, evaluation index of riverine ecosystems, watershed protection.

1. Introdução

A atribuição de valores econômicos aos serviços ambientais requer uma compreensão de como o bem-estar humano é afetado por mudanças nesses serviços. Os serviços ambientais hídricos geralmente são regulados pelos ecossistemas terrestres: o ciclo da água influencia o clima, a química e biologia da Terra. A prestação de serviços ambientais hídricos é fortemente dependente das

características da bacia hidrográfica, como topografia, uso e cobertura da terra e clima (BRAUMAN et al., 2007). Um dos principais fatores que influenciam o funcionamento de bacias hidrográficas é o clima, através da precipitação, temperatura e evaporação. Por isso, esses fatores precisam ser considerados quando se avalia serviços ambientais em escala de bacia hidrográfica.

A avaliação de impactos positivos e negativos sobre bem-estar humano é fundamental nos estudos em recursos hídricos. A redução da qualidade da água nas bacias hidrográficas associada às práticas de uso da terra é responsável por aumento da oferta de sedimentos e nutrientes poluentes, que ocorre a partir de fontes diversificadas, a maioria delas difusas. Políticas para a proteção de qualidade da água envolvem a identificação dos valores ambientais (categorias e aspectos do uso da água que as comunidades consideram importantes) dos corpos de água a serem protegidos, e o estabelecimento de níveis de qualidade da água para manter ou proteger cada um dos valores indicados (BRASIL, 2011). Este capítulo relaciona os serviços ambientais hídricos e seus respectivos indicadores de avaliação, descreve os diversos serviços promovidos pela vegetação ripária, salientando seu poder de filtro e proteção de recursos hídricos e apresenta um estudo de caso de

avaliação de qualidade de água e da vegetação ripária em bacias hidrográficas em Ponta Grossa, PR.

2. Serviços ambientais hídricos em sistemas agrícolas e florestais

Dependendo de sua função, os serviços ambientais hídricos podem ser considerados como serviços de suporte, provisão e culturais (BRAUMAN et al., 2007; DE GROOT et al., 2010; SCHRÖDER et al., 2004) (ver capítulo 1). A Tabela 1 ilustra como os serviços hídricos podem ser classificados nessas categorias e quais indicadores ecológicos podem ser utilizados para sua avaliação. Os indicadores buscam identificar o resultado das ações que contaminam a água ou das ações que as protegem, ou seja, das ações que tenham como consequência a conservação de leitos de rios e demais cursos d'água e melhoria no fornecimento de água para as populações.

Tabela 1. Serviços ambientais hídricos e sua classificação e indicadores ecológicos que permitem sua avaliação.

Serviço ambiental	Classificação	Indicador de serviço ambiental
Proteção de corpos hídricos	Regulação e provisão	Qualidade da zona ripária
Qualidade de água	Regulação, provisão	Qualidade de água
Disponibilidade/quantidade de água potável	Regulação	Vazão do curso d'água
Proteção, conservação e melhoria da qualidade do solo, infiltração de água no solo	Suporte/regulação	Atributos físico-químicos do solo
Manutenção do equilíbrio térmico e do habitat aquático	Suporte	Qualidade da zona ripária, qualidade de água, (principalmente temperatura)
Controle da erosão e deslizamentos, retenção de sedimentos no solo/ prevenção de sedimentação em corpos hídricos, estabilização das margens, prevenção de inundações	Regulação	Atributos físico-químicos do solo, qualidade de água (principalmente turbidez e teor de sólidos solúveis), hidromorfologia do canal fluvial, quantidade de sedimentos

Tabela 1. Continuação.

Permanência de corpos hídricos (caudal mínimo)	Regulação	Vazão do curso d'água
Aumento do fluxo de água para abastecimento	Regulação, provisão e suporte	Vazão do curso d'água, balanço entre demanda e disponibilidade de água
Aumento do fluxo de água para geração de energia	Regulação/provisão	Vazão do curso d'água, balanço entre demanda e disponibilidade de água
Como insumo para a produção agrícola (irrigação) e industrial	Provisão	Balanço entre demanda e disponibilidade de água
Água para consumo doméstico	Provisão	Balanço entre demanda e disponibilidade de água, avaliação da qualidade de água
Recarga de aquíferos armazenando de água subterrânea	Provisão	Estimativa da recarga (via balanço hídrico), estado das potenciais áreas de recarga na bacia hidrográfica, qualidade de água subterrânea

Adaptado de Millennium Ecosystem Assessment (2005).

Os principais indicadores para os serviços ambientais hídricos relacionam-se a: 1) qualidade de água, 2) qualidade e manutenção da zona ripária, 3) disponibilidade de água (vazão do curso d'água) e 4) sedimentos em corpos d'água (Tabela 1). A prevenção da sedimentação consiste em fazer obras de engenharia e aplicar técnicas agrícolas e ecológicas de uso e conservação do solo.

3. Importância e função ecológica/ecossistêmica da vegetação ripária

Vegetação ripária, zona ripária, ou zona tampão são os ambientes de transição entre ecossistemas terrestres e aquáticos, constituídas por vegetação ribeirinha de margens dos rios, cujas condições abióticas e bióticas são influenciadas pela água superficial e subterrânea (MICHEL et al., 2007). Elas são fundamentais na proteção de recursos hídricos e prestam uma variedade de serviços ambientais como filtração de sedimentos, nutrientes e pesticidas agrícolas, estabilização das margens dos rios, armazenamento de água, recarga de aquíferos e manutenção do equilíbrio térmico dos ecossistemas aquáticos. Contribuem para a conservação do solo e da biodiversidade, para o provimento de inimigos naturais para o

controle de pragas, para o fornecimento de abrigo e alimentos para animais polinizadores e dispersores de sementes e atuam como corredores para dispersão de espécies em ambientes fragmentados (DANIELS; GILLIAM, 1996; DENNIS et al., 1994; DE PAULA et al., 2011; JENSSEN et al., 1994; RIBAUDO et al., 2001; SALEMI et al., 2012; SCHRÖDER et al., 2004; TURNER; RABALAIS, 2003). Também apresentam função primordial na redução de fontes de poluição difusa de nutrientes, através da filtração e decomposição (ZHANG et al., 2010), bem como na estabilização de inundações (LOVELL; SULLIVAN, 2006). Em outros termos, as matas ripárias são capazes de fornecer uma série de serviços ambientais (NAIMAN; DÉCAMPS, 1997).

Nos espaços rurais, a ocupação desordenada de matas ripárias, aliada às práticas da agricultura intensiva, que inclui o uso de fertilizantes químicos, agrotóxicos e da irrigação, exerce pressão negativa sobre os recursos hídricos (AGUIAR JUNIOR et al., 2015a). Uma das consequências dessa pressão é a redução do nível freático além da capacidade de recarga do sistema pela utilização de água para irrigação, o que provoca alteração na qualidade da água dos rios. Outra consequência é o desmatamento das matas ciliares, com seus inúmeros impactos negativos para o sistema fluvial, como a erosão e a

sedimentação dos canais, o aumento da entrada de nutrientes provenientes do escoamento superficial e subsuperficial da água e a elevação da temperatura da água pelo aumento da insolação em decorrência da ausência da cobertura vegetal (DE PAULA et al., 2011; LEITE et al., 2011; SALEMI et al., 2012). Aguiar Junior et al. (2015a, 2015b) descreveram o aumento dos benefícios do efeito tampão de matas ripárias na melhoria da qualidade da água e na remoção de sedimentos, nutrientes e pesticidas de águas superficiais e subsuperficiais. A capacidade de raízes de árvores em capturar nutrientes de horizontes mais profundos do solo pode aumentar a capacidade de armazenamento de nutrientes no sistema solo-planta e, assim, reduzir a quantidade de nutrientes que de outra forma poderia ser transportado para águas superficiais e subterrâneas através do escoamento superficial e da lixiviação, causando poluição difusa nesses corpos d'água (MICHEL et al., 2007).

Os habitats da zona ripária composta por árvores contribuem de forma significativa para a redução do fluxo de nutrientes, especialmente em bacias agrícolas, pela absorção radicular e incorporação de nutrientes à sua biomassa. A atuação da zona ripária na proteção dos recursos hídricos varia com a densidade das faixas de vegetação, com o estado de desenvolvimento das árvores e arbustos, com a época do ano (devidos às épocas menos ativas das plantas) e ainda com a diversidade de plantas (LOVELL; SULLIVAN, 2006).

A vegetação ripária atua como filtro biológico principalmente pela retenção por absorção e a desnitrificação promovida pelas bactérias denitrificantes, em condições de anaerobiose, e através da retenção microbiana (JENSSEN et al., 1994). A rizosfera suporta elevada biomassa de microrganismos capazes de degradar, com grande eficiência, herbicidas, inseticidas, entre outros compostos (SCHRÖDER et al., 2004).

No estudo apresentado a seguir, a vegetação ripária composta por árvores atua como barreira linear entre as superfícies terrestres e aquáticas, estabilizando as margens dos cursos de água, o que aumenta a retenção dos sedimentos resultantes da erosão hídrica em zonas adjacentes. Isto, além de evitar a deposição dos sedimentos no sistema aquático com todas as suas implicações, reduz a mobilização de nutrientes que estão associados às partículas sedimentares. Este efeito de filtração constitui uma das mais relevantes funções destas estruturas para a manutenção da qualidade da água dos sistemas de água doce.

Fertilizantes agrícolas contendo nitrogênio são uma das principais causas de eutrofização de aquíferos livres e sistemas fluviais (AGUIAR JUNIOR et al., 2014a; RIBAUDO et al., 2001),

reduzindo a potabilidade de aquíferos e afetando de forma negativa a vida aquática nos ecossistemas fluviais. O aumento das concentrações de nitrato em solos e águas rurais do Brasil são fortemente influenciadas pelo uso da terra, práticas agrícolas de adubação nitrogenada, clima, tipo de solo (LEITE et al., 2011), despejos de esgoto sanitário em fossas, depósitos de lixo urbano, vazamento de rede de esgotos e resíduos enterrados em valas não impermeabilizadas (BERTOL et al., 2005).

Reconhecido o equilíbrio entre os efeitos positivos da conservação e os negativos causados pelos prejuízos e perturbações da alteração da paisagem na vegetação ripária, a abordagem de serviços ambientais pode ser um bom argumento para avaliar os *trade-offs* (ver Capítulo 1) entre os vários serviços e desserviços nesses ecossistemas. O estudo de caso a seguir é um exemplo disso.

4. Estudo de caso de serviços ecossistêmicos hídricos

Este estudo de caso apresenta resultados parciais da avaliação de indicadores de serviços ambientais hídricos promovidos pela vegetação ripária em duas bacias hidrográficas em Ponta Grossa, PR, tendo em vista o seu papel na mitigação de poluentes agrícolas em recursos hídricos superficiais e consequente melhoria da qualidade da água em bacias hidrográficas.

A região do estudo é predominantemente agrícola e se localiza no segundo planalto paranaense. As matas ripárias da bacia do rio Cara-cará são degradadas, devido à forte influência de pressões antrópicas causadas pela agricultura e urbanização. A bacia do rio Quebra-perna foi utilizada como referência em termos de conservação, pois quase toda sua área se encontra dentro do Parque Estadual de Vila Velha, protegido desde a sua criação em 1966. Ambas microbacias fazem parte da bacia do rio Tibagi.

A qualidade e manutenção da vegetação ripária das margens e do canal principal foram avaliadas em 12 visitas a campo, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Foram aplicados os índices: Índice de Ecossistemas Fluviais (IEF), *Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)* e *Riparian Quality Index (RQI)* (AGÊNCIA CATALANA DE L'ÀGUA, 2006; DEL TÁNAGO et al., 2006). Em cada bacia, foram definidos 20 locais para avaliação das métricas da largura da vegetação ripária (Figura 1). A vegetação presente nos locais é arbórea ou herbácea, isto é, dependendo do local ocorre um ou outro tipo de vegetação.

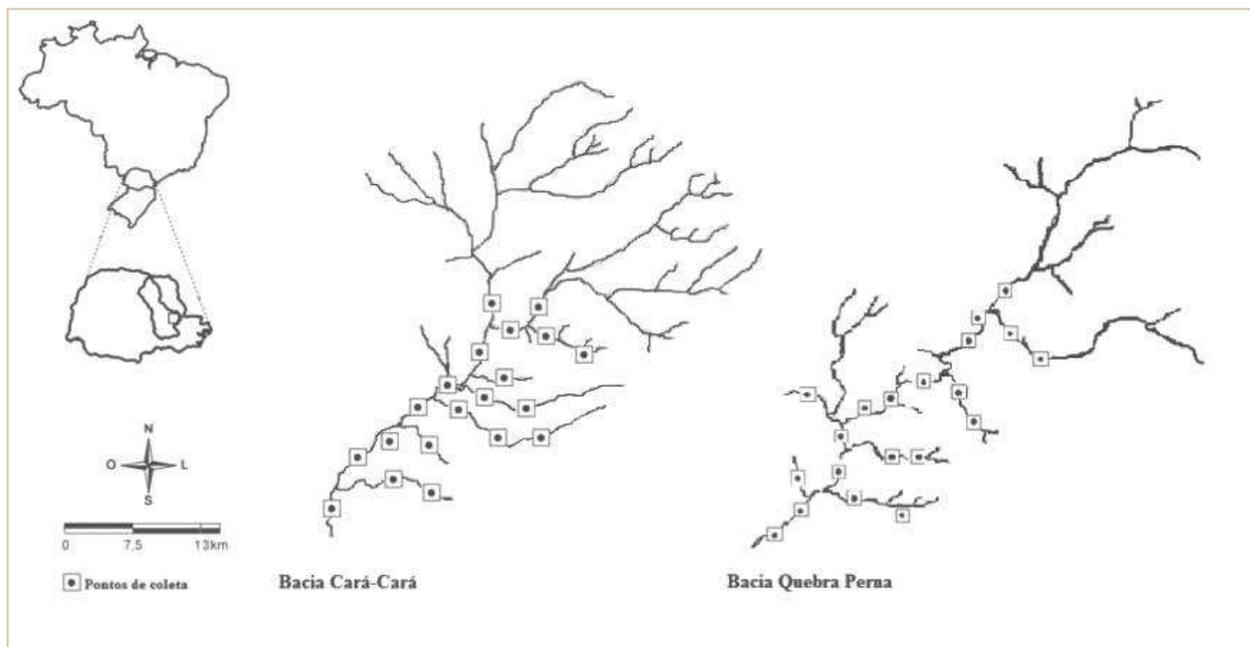


Figura 1. Localização das microbacias estudadas, apresentando os pontos de coleta, no Município de Ponta Grossa, PR.

O índice foi aplicado em duas seções: 1) vegetação ripária e corredor e 2) qualidade do sistema e do canal. Essas duas seções incluem aspectos ecológicos (vegetação ciliar e corredor) e aspectos hidrológicos, de engenharia

e morfológicos (sistema e qualidade de canal) (Tabela 2). Em cada local de amostragem foram analisados aspectos hidrológicos, qualidade do solo, vegetação, topografia e qualidade da água.

Tabela 2. Parâmetros analisados para caracterização das bacias hidrográficas e criação das métricas utilizadas na elaboração do índice.

Métricas avaliadas	Descrição	Parâmetros analisados
Integridade da vegetação ripária	Avaliação da qualidade e composição da vegetação ciliar.	Percentual da composição e estrutura da vegetação ripária.
Continuidade longitudinal	Análise dos efeitos das atividades antrópicas na continuidade da vegetação ripária.	Efeitos das obras lineares, perpendiculares ou diagonais ao canal.
Conectividade transversal e Cobertura da zona ripária	Avaliação da conectividade transversal do corredor ripário e grau de fragmentação do habitat.	Efeitos das diversas atividades antrópicas.
Qualidade e estrutura da vegetação ripária	Efeito da vegetação ripária na qualidade do canal fluvial.	Percentual de espécies exóticas e nativas e sua influência na estabilização das margens.
Regeneração da vegetação	Analisar as atividades humanas que impedem a regeneração da vegetação.	Efeitos de pesticidas e atividades agropecuárias.
Conectividade Vertical	Conectividade vertical entre o canal e a zona ripária de forma que permita a mobilidade de sedimentos e nutrientes.	Avaliação da conectividade vertical em mobilidade de sedimentos e nutrientes.
Condições das margens	Avaliação das condições físicas e de suporte das margens.	Efeitos da estabilidade das margens para o canal e vegetação.
Naturalidade do canal e substrato	Avaliação do grau de naturalidade do canal.	Avaliação dos efeitos de infraestrutura transversal e demais ações antrópicas.

A análise espacial da bacia hidrográfica do rio Cara-cará mostrou redução significativa da vegetação ripária em 43%. Nos locais onde a vegetação ripária estava impactada, houve redução da qualidade do canal, das margens e da qualidade da água. Através da aplicação dos índices IEF, QBR e RQI, foi possível avaliar os impactos da redução da vegetação ripária na qualidade do canal principal. Verificou-se que o assoreamento de trechos do canal principal com turbidez > 20 UT (criando zonas de alagamento) e o aumento do fluxo de água em outros, influenciaram as condições ambientais desse canal.

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas, que é intensificada pela perda da vegetação ciliar e mau uso do solo, é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exige manobras operacionais, tais como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de águas. Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um componente (água, ar ou solo) para outro (AGUIAR JUNIOR et al., 2015b). A elevada turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes (AGUIAR JUNIOR

et al., 2015b), pois a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional da água.

No rio Quebra-perna, onde a vegetação ripária é conservada devido à proteção da vegetação promovida pelo parque, a vegetação ripária promoveu uma maior estabilização das margens. O canal do rio possui um transporte normal de sedimentos, tendo a sua turbidez (< 5 UT) dentro dos padrões da Portaria no. 2914, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). A qualidade da água também estava em conformidade com a legislação tendo os teores de nitrato < 0,01 em todos os pontos analisados.

Para avaliar o impacto da agricultura na qualidade da água das bacias, foi avaliada a concentração de nitrogênio total (N), fósforo total (P), nitrato (NO₃-), nitrito (NO₂-), potássio (K⁺), magnésio (Mg²⁺) e cálcio (Ca²⁺) na água da zona saturada do solo em 20 poços perfurados na zona ripária. As larguras da vegetação ripária foram 12 m, 36 m e 60 m, sendo zero o ponto na agricultura e 60 m nas margens do rio. As análises físico-químicas e biológicas seguiram os métodos estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (RICE et al., 2012) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios e intervalo para os parâmetros químicos de água da zona saturada do solo, obtidos em duas diferentes estruturas de vegetação ripária (arbórea e herbácea) com larguras de 12, 36 e 60 m, n = 9.

Vegetação ripária	Arbórea			Herbácea		
	12 (m)	36 (m)	60 (m)	12 (m)	36 (m)	60 (m)
Parâmetros						
N (mg.L ⁻¹)	23.6(±2.0) ^d	2.55(±0.2) ^e	0.03(±0.06) ^a	32.0(±1.4) ^d	30.3(±1.8) ^e	16.1(±2.5) ^a
P (µg.L ⁻¹)	13.9(±0.5) ^f	1.7(±0.4) ^g	0.03(±0.02) ^b	23.4(±0.9) ^f	23.5(±0.7) ^g	15.1(±0.8) ^b
NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	13.8(±0.5) ^h	2.3(±0.6) ⁱ	0.008(±0.01) ^c	31.9(±1.7) ^h	25.1(±1.4) ⁱ	19.2(±0.8) ^c
NO ₂ ⁻ (mg.L ⁻¹)	0.2(±0.1)	0.2(±0.1)	0.1(±0.1)	0.2(±0.1)	0.1(±0.1)	0.09(±0.04)
K ⁺ (mg.L ⁻¹)	0.4(±0.3)	0.6(±0.3)	0.4(±0.3)	0.5(±0.3)	0.7(±0.3)	0.4(±0.3)
Mg ²⁺ (mg.L ⁻¹)	2.4(±0.2)	2.5(±0.2)	2.5(±0.3)	2.1(±0.1)	2.4(±0.1)	2.3(±0.2)
Ca ²⁺ (mg.L ⁻¹)	4.0(±0.7)	4.1(±0.6)	4.2(±0.3)	3.6(±0.6)	4.0(±0.8)	3.9(±0.4)
pH	5.0(±0.2)	4.9(±0.2)	5.1(±0.2)	4.5(±0.5)	4.7(±0.1)	4.9(±0.3)

As médias foram calculadas usando dados coletados em triplicata por 4 períodos de amostragem. Os resultados obtidos para as áreas contendo vegetação herbácea apresentaram

diferença significativa pelo teste de Tukey (p < 0,05), em comparação com área composta por vegetação arbórea com a mesma largura.

De acordo com a Portaria no. 2914 (BRASIL, 2011), o teor máximo permitido de nitrato para consumo humano é de 10 mg.L⁻¹ na forma de N-NO₃⁻, equivalente a 45mg.L⁻¹ como nitrato (BRASIL, 2011). Dessa forma, a vegetação ripária composta por árvores nas larguras de 36 m e 60 m foi eficiente para reduzir os níveis de nitrato para valores abaixo de 2,3 mg.L⁻¹ em trechos do rio onde a vegetação ripária possui 36 m e para 0,008 mg.L⁻¹ em trechos do rio onde a vegetação ripária possui 60 m. Já as áreas ripárias compostas por grama não foram eficientes na redução do nitrato para níveis abaixo dos valores críticos estabelecidos pela legislação brasileira, obtendo-se 25,1 mg.L⁻¹ para áreas com 36 m e 19,2 mg.L⁻¹ para áreas com 60 m.

Os resultados mostraram que zonas ripárias com predomínio de vegetação arbórea promoveram retenção de materiais lixiviados do solo das culturas agrícolas adjacentes e reduziram o transporte desses compostos aos cursos d'água. Esse tipo de resultado permite questionamentos sobre o montante e a frequência de aplicação de fertilizantes nitrogenados nas culturas, sobre técnicas de conservação de solo, manutenção de vegetação ripária nas propriedades rurais e disponibilidade de água potável para consumo humano.

5. Considerações finais

A discussão apresentada tem a finalidade de mostrar à sociedade e aos gestores públicos a importância dos serviços ambientais hídricos e, em especial, aqueles prestados pelas zonas ripárias, assim como incentivar a incorporação desse conhecimento em programas e políticas de planejamento e decisão sobre o uso e manejo da terra. A continuidade desses estudos, assim como de pesquisas que avaliem os efeitos da vegetação ripária na produção de água em bacias hidrográficas, é necessária para valorar (precificar) melhor esses serviços e definir como o uso e o manejo da terra podem contribuir para o aumento dos serviços ambientais hídricos.

Agradecimentos

Agradecemos as seguintes fontes pelo suporte e financiamento: Termo de Cooperação Técnica Embrapa-lapar no. 21500.10/0008-2 e projeto Embrapa-MP2 no. 02.11.01.031.00.01.

Referências

AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA. **Protocolo HIDRI:** protocolo para la valoracion de la calidad hidromorfológica de los ríos. [S.l.], 2006. 160 p. Disponível em: <http://www.chj.es/es-es/ciudadano/participacion_publica/Documents/Plan%20Hidrol%C3%B3gico%20de%20cuenca/Protocolo_para_valoracion_calidad_hidromorfolologica_rios.pdf>. Acesso em: 17 out. 2014.

AGUIAR JUNIOR, T. R.; BORTOLOZO, F. R.; HANSEL, F. A.; RASERA K.; FERREIRA M. T. Riparian buffer zones as pesticide filters of no-till crops. **Environmental Science and Pollution Research**, Heidelberg, 2015a. In press.

AGUIAR JUNIOR, T. R.; RASERA K.; PARRON L. M.; BRITO A. G.; FERREIRA M. T. Nutrient removal effectiveness by riparian buffer zones in rural temperate watersheds: the impact of no-till crops practices. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 149, p. 74-80, 2015b.

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J. Perdas de nitrogênio via superfície e subsuperfície em sistema de semeadura direta. **Floresta**, Curitiba, v. 35, p. 429-442, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 239, seção 2, p. 39-46, 14 dez. 2011.

BRAUMAN, K. A.; DAILY, G. C.; DUARTE, T. K.; MOONEY, H. A. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. **Annual Review of Environmental Resources**, Palo Alto, v. 20-30, p. 1-32, 2007.

DANIELS, R. B.; GILLIAM, J. W. Sediment and chemical load reduction by grass and riparian filters. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, p. 246-251, 1996.

DE GROOT, R. S.; ALKEMADE, R.; BRAAT, L.; HEIN, L.; WILLEMEN, L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. **Ecological Complexity**, v. 7, p. 260-272, 2010.

DE PAULA, F. R.; FERRAZ, S. F. B.; GERHARD, P.; VETTORAZZI, C. A.; FERREIRA, A. Large woody debris input and its influence on channel structure in agricultural lands of southeast Brazil. **Environmental Management**, New York, v. 48, n. 4, p. 750-763, 2011.

DEL TÁNAGO, G.; GARCÍA DE JALÓN, M. D.; LARA, F.; GARILLETI, R. Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la Directiva Marco del Agua. **Ingeniería Civil**, v. 143, p. 97-108, 2006.

DENNIS, P.; THOMAS, M. B.; SOTHERTON, N. W. Structural features of field boundaries which influence the overwintering densities of beneficial arthropod predators. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 31, p. 361-370, 1994.

JENSSEN, P. D.; MAEHLUM, T.; ROSETH, R.; BRASKERUD, B.; SYERSEN, N.; NJOS, A.; KROGSTAD, T. The potential of natural ecosystem self-purifying measures for controlling nutrient inputs. **Marine Pollution Bulletin**, v. 29, p. 6-12, 1994.

LEITE, N. K.; KRUSCHE, A. V.; CABIANCHI, G. M.; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L. Groundwater quality comparison between rural farms and riparian wells in the Western Amazon, Brazil. **Química Nova**, São Paulo, n. 1, v. 34, p. 11-15, 2011.

LOVELL, S. T.; SULLIVAN, Y. W. C. Environmental benefits of conservation buffers in the United States: Evidence, promise, and open questions. **Agriculture, Ecosystems and Environmental**, v. 112, p. 249-260, 2006.

MICHEL, G. A.; NAIR, V. D.; NAIR, P. K. R. Silvopasture for reducing phosphorus loss from subtropical sandy soils. **Plant and Soil**, The Hague, v. 297, p. 267-276, 2007.

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

NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: Riparian zones. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 28, p. 621-658, 1997.

RIBAUDO, M. O.; HEIMLICH, R.; CLAASSEN, R.; PETERS, M. Least-cost management of nonpoint source pollution: source reduction versus interception strategies for controlling nitrogen loss in the Mississippi Basin. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 37, p. 183-197, 2001.

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D.; CLESCERI, L. S. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washinton, DC: American Public Health Association, 2012. 1496 p.

SALEMI, L. F.; GROPPPO, J. D.; TREVISAN, R.; MORAES, J. M.; LIMA, W. P.; MARTINELLI, L. A. Riparian vegetation and water yield: a synthesis. **Journal of Hydrology**, v. 454, p. 195-202, 2012.

SCHRÖDER, J. J.; SCHOLEFIELD, D.; CABRAL, R.; HOFMAN, G. The effects of nutrient losses from agriculture on ground and surface water quality: the position of science in developing indicators for regulation. **Environmental Science Policy**, v. 7, p. 15-23, 2004.

TURNER, R. E.; RABALAIS, N. N. Linking landscape and water quality in the Mississippi River Basin for 200 years. **BioScience**, Washington, DC, v. 53, p. 563-572, 2003.

ZHANG, X.; LIU, X.; ZHANG, M.; DAHLGREN, R.; EITZEL, M., A review of vegetated buffers and a meta-analysis of their mitigation efficacy in reducing nonpoint source pollution. **Journal of Environment Quality**, v. 39, p. 76-84, 2010.