

REDUZINDO AS PERDAS NÃO INTENCIONAIS DE FÓSFORO NA AGRICULTURA

*Don Flaten¹
Andrew Sharpley²*

*Helen Jarvie³
Peter Kleinman⁴*

A nutrição fosfatada fornece a base para a produção, pelas plantas, de alimentos, bioenergia e biomateriais. De fato, tem sido argumentado que o fósforo (P) está no centro da relação alimento-água-energia (JARVIE et al., 2015). No entanto, pequenas quantidades de P oriundas do solo agrícola podem causar grandes problemas na qualidade da água superficial, especialmente em sistemas de água doce, onde o crescimento de algas é muito sensível à concentração de P, como pode ser visto na Figura 1 (SCHINDLER, 1977). Como resultado, o comprometimento de corpos d'água superficiais pelo P, especialmente de fontes não pontuais, continua sendo um problema desafiador, persistente e generalizado, que ameaça não apenas a qualidade da água, mas também a segurança hídrica (SHORTLE; HORAN, 2017).

PRÁTICAS BENÉFICAS DE CONSERVAÇÃO QUE REDUZEM A PERDA DE FÓSFORO

As práticas conservacionistas relacionadas ao manejo de nutrientes são ferramentas essenciais para reduzir as perdas de P dos solos agrícolas para as águas superficiais. Os princípios básicos do manejo de nutrientes 4C – uso da fonte certa, na dose certa, na época certa e no local certo (IFA, 2009; IPNI, 2014) – são aplicáveis ao manejo das perdas agrícolas de P e efetivas em uma ampla gama de situações geográficas e de manejo do solo. Muitas práticas comuns de manejo de nutrientes provaram sua eficácia na redução das perdas de P na agricultura em muitas regiões do mundo. Estas incluem medidas como:

- Aplicar o P nas doses recomendadas pela análise de solo para evitar o acúmulo excessivo de P no solo;
- No atendimento às exigências da cultura em nitrogênio (N), evitar repetidas aplicações anuais de esterco de gado no mesmo solo;
- Incorporar o adubo fosfatado e o esterco no solo.

As práticas conservacionistas focadas no manejo do solo e da água fornecem outras importantes ferramentas para reduzir as perdas de P. A maioria das práticas de manejo do solo e da água é projetada para impedir o movimento do P para fora dos campos ou

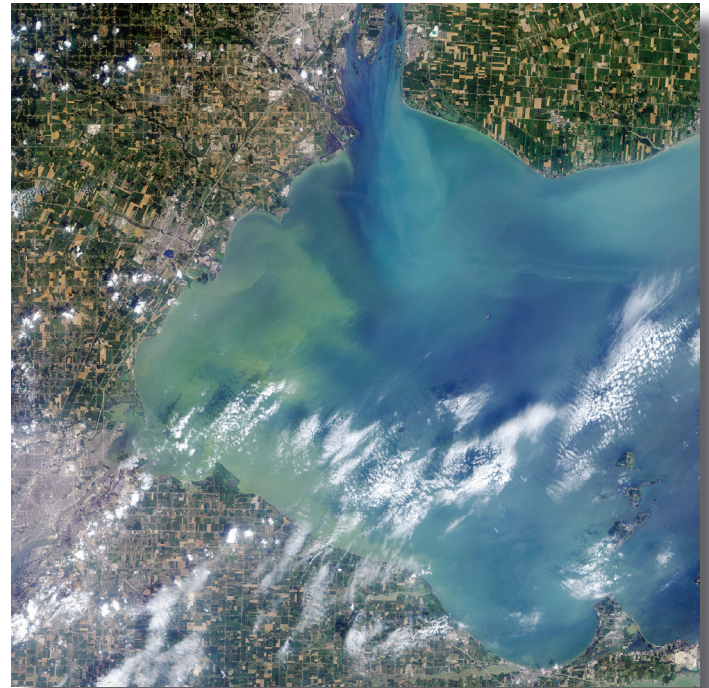


Figura 1. Florações de algas na margem ocidental do Lago Erie, em Ohio, EUA, demonstram o efeito do excesso de fósforo na qualidade da água e as consequências não-intencionais de algumas práticas conservacionistas.

Fonte: Jarvie et al. (2017).

interceptar o P que se move do campo para a superfície da água. Esse grupo inclui uma ampla gama de práticas de controle de erosão, tais como plantio direto, cordões de vegetação permanente, estabilização de margens e proteção de áreas úmidas (Figura 2). No entanto, a eficácia das práticas de manejo do solo e da água na redução da perda de P varia com o ambiente biofísico dos solos agrícolas dentro das bacias hidrográficas locais. Por exemplo, os sistemas conservacionistas podem reduzir as perdas de P particu-

Abreviações: N = nitrogênio; P = fósforo.

¹ Departamento de Ciência do Solo, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canadá; email: donflaten@umanitoba.ca

² Departamento de Agricultura, Solos e Ciências Ambientais, University of Arkansas, Fayetteville, AR; email: sharpley@uark.edu

³ Centro de Ecologia e Hidrologia, Wallingford, UK; e-mail: hpj@ceh.ac.uk

⁴ USDA-ARS, Pasture Systems and Watershed Management Research Unit, University Park, PA; e-mail: peter.kleinman@ars.usda.gov



Figura 2. Cordões de vegetação e de gramados ribeirinhos podem, em muitas situações, interceptar o fósforo no escoamento superficial e ajudar a estabilizar os riachos.

lado, mas o acúmulo de P do adubo, do estrume e da vegetação na superfície do solo cultivado em sistema conservacionista pode levar a um aumento das perdas de P dissolvido (SHARPLEY; SMITH, 1994; TIESSEN et al., 2010).

PRÁTICAS DE CONSERVAÇÃO PARA MELHORAR A QUALIDADE DA ÁGUA SÃO FREQUENTEMENTE MENOS EFICAZES E MAIS COMPLEXAS DO QUE O ESPERADO

Em todo o mundo, programas-modelo (por exemplo, os da Bacia do Mississippi, do Mar Báltico e do Rio Murray-Darling) promoveram a adoção de práticas conservacionistas para reduzir o escoamento de P, porém, muitas vezes, a melhoria na qualidade da água foi menor ou mais lenta do que o esperado (JARVIE et al. 2013). Em alguns casos, por exemplo, na Bacia do Lago Erie, na América do Norte, a qualidade da água piorou devido ao aumento das cargas ribeirinhas de P solúvel, a despeito da implementação de tais práticas (JARVIE et al., 2017). Estas respostas lentas e/ou indesejadas podem resultar de uma série de fatores, tais como:

- Incompatibilidade entre práticas conservacionistas (SMITH et al., 2015; JARVIE et al., 2017);
- Atrasos associados ao caminho do fluxo hidrológico e ao tempo de resposta das bacias hidrográficas (MEALS et al., 2010);
- Legado histórico do manejo do solo, cujo impacto não pode ser prontamente revertido (SHARPLEY et al., 2013; VADAS et al., 2018).

No entanto, a experiência adquirida com o manejo de fontes não pontuais gerou lições valiosas que podem nos ajudar a melhorar a eficácia das práticas conservacionistas. Por exemplo, a implementação dessas práticas requer mais atenção às abordagens localmente relevantes e precisas que maximizam os benefícios e minimizam os efeitos colaterais (*trade-offs*) – o princípio da "estratégia certa, no lugar certo" (DODD; SHARPLEY, 2016). Além disso, novas informações e avaliações do desempenho exigem o refinamento

contínuo das práticas conservacionistas (Figura 3), de modo que a gestão adaptativa é quase universalmente necessária (KLEINMAN et al.; 2015).



Figura 3. Inovação e adaptação regulares são necessárias para garantir que as práticas conservacionistas complementem e aprimorem os sistemas de manejo existentes. Este implemento foi projetado para aplicar o fósforo em faixas sob a superfície do solo; neste caso, sob a palhada de trigo de inverno, no outono.

Ao considerarmos a complexidade das interações entre práticas conservacionistas agrícolas, água e manejo do solo, e seus efeitos na qualidade da água, talvez devamos tratar a saúde ambiental como se trata a saúde humana. Ao fazer isso, devemos investir mais esforços para diagnosticar e tratar com precisão as causas profundas da má qualidade da água e também, como objetivo mais amplo, melhorar a saúde ambiental geral.

Os benefícios desta abordagem englobam:

1. **Triagem:** é recomendável direcionar as práticas conservacionistas de manejo de nutrientes, solo e água para os locais onde elas podem gerar mais benefício pelo menor custo. Essa segmentação é uma forma de "triagem", na qual as situações são priorizadas para fazer o melhor uso dos recursos limitados. Por exemplo, a identificação das áreas críticas pode ser uma ferramenta útil para essa finalidade.



"...talvez devamos tratar a saúde ambiental como se trata a saúde humana."

2. Diagnosticar muito cuidadosamente a causa real do problema, de maneira individual: as estratégias de manejo do P devem ser consideradas como tratamentos para a saúde humana, nos quais os benefícios dos medicamentos prescritos, assim como os riscos e os efeitos colaterais, são cuidadosamente considerados e claramente declarados. A fim de assegurar que a causa correta seja identificada, é importante avaliar cada caso individualmente e de forma abrangente, e identificar a causa real dos problemas mais importantes, avaliando os benefícios e os riscos conhecidos (por exemplo, os efeitos colaterais) para essa situação local. Aqui, é necessário considerar as questões sistêmicas, bem como as preocupações imediatas. Por exemplo, as espécies de P dissolvidas ou particuladas são a principal fonte de dano? A fonte de P origina-se do manejo no campo ou da reciclagem do curso de água? A principal via de escoamento do P é o transporte superficial ou o fluxo subsuperficial?

3. Prescrever o “remédio” e tratar o caso individualmente: Uma vez concluído o diagnóstico, o próximo passo é prescrever o “remédio” correto, certificando-se de que ele funciona para aquela situação local, e depois implementar o tratamento com cuidado e precisão. Observa-se que muitas práticas conservacionistas bem estabelecidas diminuem a deterioração da qualidade da água relacionada ao P em uma ampla gama de configurações geográficas e de manejo do solo. Porém, isso pode se traduzir em expectativas irrealistas em relação às práticas conservacionistas, quando tratadas como uma panaceia... eficazes o tempo todo, em todas as situações e sem efeitos colaterais indesejados.

Além disso, são considerados todos os co-benefícios, bem como todos os efeitos colaterais e possíveis incompatibilidades e interações negativas entre as práticas de manejo. Assim como um médico monitora um paciente, é necessário monitorar continuamente as práticas conservacionistas para que, caso sejam detectados efeitos colaterais indesejáveis, as estratégias possam ser alteradas ou, mais comumente, aperfeiçoadas. Também é necessário considerar outros desafios gerais: Como integrar os critérios de perda de P e qualidade da água em uma avaliação geral da saúde ambiental? Como promover o equilíbrio entre os fatores ambientais, por exemplo, perda de P versus perda de N versus gases de efeito estufa? Como equilibrar as perspectivas econômicas, sociais e políticas com os aspectos biofísicos da saúde ambiental?

4. Prestar cuidados contínuos a longo prazo: Semelhante ao valor da dieta saudável a longo prazo e do exercício apropriado para a saúde humana, muitas práticas conservacionistas de manejo de nutrientes, solo e água utilizadas para reduzir as perdas de P no campo requerem esforços sustentados durante um longo período para alcançar os benefícios desejados. No entanto, um dos desafios na adoção dessas práticas de longo prazo é que, para serem eficazes, elas devem ser mantidas por muito tempo depois de iniciado o controle.

CONCLUSÃO

Há muitos desafios a serem vencidos no processo de desenvolvimento e implementação de estratégias locais relevantes, precisas e abrangentes, visando reduzir a perda de P no campo e melhorar a qualidade das águas superficiais. No entanto, se empregarmos algumas das estratégias utilizadas com sucesso no programa de melhoramento da saúde humana para melhorar a saúde ambiental teremos muitas oportunidades para progredir em direção ao manejo mais sustentável da agricultura.

REFERÊNCIAS

DODD, R. J.; SHARPLEY, A. N. Conservation practice effectiveness and adoption: unintended consequences and implications for sustainable phosphorus management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 104, n. 3, p. 373-392, 2016.

IPNI. International Plant Nutrition Institute. **4R Nutrient stewardship portal**. 2014. Disponível em: <<http://www.ipni.net/4R>>. Acesso em nov. 2018.

JARVIE, H. P.; JOHNSON, L. T.; SHARPLEY, A. N.; SMITH, D. R.; BAKER, D. B.; BRUULSEMA, T. W.; CONFESOR, R. Increased soluble phosphorus loads to Lake Erie: Unintended consequences of conservation practices? *Journal of Environmental Quality*, v. 46, p. 123-132, 2017.

JARVIE, H. P.; SHARPLEY, A. N.; FLATEN, D.; KLEINMAN, P. J. A.; JENKINS, A.; SIMMONS, T. The pivotal role of phosphorus in a resilient water-energy-food security nexus. *Journal of Environmental Quality*, v. 44, p. 1049-1062, 2015.

JARVIE, H. P.; SHARPLEY, A. N.; WITHERS, P. J. A.; SCOTT, J. T.; HAGGARD, B. E.; NEAL, C. Phosphorus mitigation to control river eutrophication: Murky waters, inconvenient truths, and “postnormal” science. *Journal of Environmental Quality*, v. 42, p. 295-304, 2013.

KLEINMAN, P. J. A.; SHARPLEY, A. N.; WITHERS, P. J. A. Implementing agricultural phosphorus science and management to combat eutrophication. *Ambio*, v. 44, n. 2, p. S297-S310, 2015.

MEALS, D. W.; DRESSING, S. A.; DAVENPORT, T. E. Lag time in water quality response to best management practices: a review. *Journal of Environmental Quality*, v. 39, n. 1, p. 85-96, 2010.

SCHINDLER, D. W. Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science*, v. 195, n. 4275, p. 260-262, 1977.

SHARPLEY, A. N.; SMITH, S. J. Wheat tillage and water quality in the Southern Plains. *Soil and Tillage Research*, v. 30, p. 33-38, 1994.

SHARPLEY, A.; JARVIE, H. P.; FLATEN, D.; KLEINMAN, P. Celebrating the 350th anniversary of phosphorus discovery: A conundrum of deficiency and excess. *Journal of Environmental Quality*, v. 47, p. 774-777, 2018.

SHARPLEY, A. N.; JARVIE, H. P.; BUDA, A.; MAY, L.; SPEARS, B.; KLEINMAN, P. Phosphorus legacy: Overcoming the effects of past management practices to mitigate future water quality impairment. *Journal of Environmental Quality*, v. 42, p. 1308-1326, 2013.

SHORTLE, J.; HORAN, R. D. Nutrient pollution: A wicked challenge for economic instruments. *Water Economics and Policy*, v. 3, p. 1650033, 2017.

SMITH, D. R.; KING, K. W.; WILLIAMS, M. R. What is causing the harmful algal blooms in Lake Erie? *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 70, n. 2, p. 27A-29A, 2015.

IFA. International Fertilizer Association. **The Global ‘4R’ Nutrient Stewardship Framework**. Paris, 2009. Available at: <[http://www.ipni.net/ipniweb/portal/4r.nsf/0/BAB4157B488871A385257DF100739D94/\\$FILE/The%20Global%204R%20Nutrient%20Stewardship%20Framework.pdf](http://www.ipni.net/ipniweb/portal/4r.nsf/0/BAB4157B488871A385257DF100739D94/$FILE/The%20Global%204R%20Nutrient%20Stewardship%20Framework.pdf)>. Acesso em 20 nov. 2018.

TIESSEN, K. H. D.; ELLIOTT, J. A.; YAROTSKIC, J.; LOBBA, D. A.; FLATENA, D. N.; GLOZIERB, N. E. Conventional and conservation tillage: Influence on seasonal runoff, sediment, and nutrient losses in the Canadian prairies. *Journal of Environmental Quality*, v. 39, n. 3, p. 964-980, 2010.

VADAS, P. A.; FIORELLINO, N. M.; COALEC, F. J.; KRATOCHVILC, R.; MULKEYD, A. S.; McGRATH, J. M. Estimating legacy soil phosphorus impacts on phosphorus loss in the Chesapeake Bay watershed. *Journal of Environmental Quality*, v. 47, p. 480-486, 2018.