

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ABORDAGENS METODOLÓGICAS PARA REVITALIZAÇÃO DE RIOS

Jucimara Andreza Rigotti¹ & Lucia Helena Ribeiro Rodrigues²

RESUMO – O modelo de ocupação humana e utilização de recursos têm provocado mudanças profundas nos ecossistemas fluviais. A degradação do habitat é uma das maiores causas da diminuição da biodiversidade, que é alarmante nos ecossistemas aquáticos. Diante dessa situação, a *Restauração Ecológica* visa auxiliar o reestabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. Todavia, no contexto das alterações biofísicas e limitações impostas aos cursos d'água urbanos, o termo *Revitalização* pode ser mais apropriado para descrever as intervenções que são realizadas. O objetivo deste trabalho é analisar três abordagens metodológicas utilizadas para revitalizar rios – técnicas de restauração passiva, intervenções na bacia hidrográfica e intervenções nas calhas dos rios. O trabalho foi baseado na revisão de estudos de caso que empregaram essas abordagens e avaliaram a sua implementação em diferentes contextos. As técnicas de intervenção direta nas calhas dos rios são mais recorrentes nos projetos de revitalização, contudo, a reconstrução de parâmetros físicos não é suficiente para a recuperação do ecossistema. Já as técnicas aplicadas no âmbito da bacia hidrográfica mostraram resultado melhor em relação à recuperação dos processos ecológicos. A restauração passiva também é efetiva, porém o tempo envolvido pode ser um fator limitante para a sua aplicação.

ABSTRACT – The current civilization paradigm has deeply changed fluvial ecosystems. Habitat degradation is the major factor of biodiversity loss, and it is especially alarming in aquatic ecosystems. In this regard, Ecological Restoration aims to assist the process of recovery of an ecosystem that has been degraded, damaged or destroyed. However, within the context of biophysical alterations and limitations to which urban watercourses are subjected, the term Revitalization is more appropriate to describe common interventions. This work reviews three methodological approaches used on river revitalization: passive restoration, watershed and instream interventions. The work is based on a review of case studies which employed and assessed those methods in different contexts. Although instream techniques are the most common procedure on revitalization projects, the reconstruction of physical parameters is not enough to the ecosystem recovery. On the other hand, the watershed techniques approach has shown the best results in regard to ecological process recovery. Passive restoration is also effective, but the time it requires can be a limiting factor in its application.

Palavras-Chave – Restauração ecológica, Revitalização de rios, Técnicas de revitalização

1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Avenida Bento Gonçalves, 9500, +555133087516, anrigotti@gmail.com

2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Avenida Bento Gonçalves, 9500, +555133087516, luciarrodrigues@gmail.com

INTRODUÇÃO

As múltiplas atividades humanas têm produzido mudanças, provavelmente permanentes, complexas e frequentemente indesejáveis, tanto na estrutura física como nos processos hidrológicos dos sistemas fluviais (Allan 2004). A diversidade biológica dos ecossistemas aquáticos está decrescendo de modo muito mais intenso do que a maioria dos ecossistemas terrestres, sendo que a degradação do habitat é uma das maiores causas da extinção de espécies (Allan e Castillo 2007). As consequências ecológicas da degradação das bacias hidrográficas urbanas foram caracterizadas como “a síndrome dos rios urbanos” (Walsh *et al.* 2005), devido aos sintomas similares descritos em vários estudos dos rios em área urbana.

Nesta problemática a *Restauração Ecológica* se apresenta como uma tentativa de reverter a situação dos ecossistemas alterados, sendo definida como o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (SER 2004). A restauração pode ser entendida como a trajetória a ser percorrida no sentido inverso da degradação (Findlay e Taylor 2006). De acordo com Sammonds e Vietz (2015), as medidas de restauração são frequentemente consideradas impossíveis no contexto das alterações biofísicas na bacia hidrográfica e das limitações físicas impostas pela urbanização nos cursos d’água, assim são necessárias abordagens alternativas para melhorar a condição do ecossistema aquático.

Deste modo, no contexto dos rios urbanos, o termo revitalização pode ser utilizado para caracterizar o processo de recuperação da saúde dos cursos d’água e a reinserção dos rios à paisagem urbana. Seu uso é bastante significativo por remeter ao radical latino *vita*, que traz outra perspectiva aos rios urbanos, ou seja, uma alternativa ao simples canal de transporte de águas de chuva e esgotos (Pompêo *et al.* 2013). Outros termos são citados ao longo deste trabalho, porque optamos por deixá-los conforme as referências originais.

O objetivo deste trabalho é analisar brevemente três abordagens metodológicas utilizadas para revitalizar rios, a saber, técnicas de restauração passiva, intervenções na bacia hidrográfica e intervenções nas calhas dos rios. A descrição das técnicas foi baseada em estudos de caso que empregaram essas abordagens e avaliaram sua implementação em diferentes contextos.

RESTAURAÇÃO PASSIVA

Uma vez decidido onde implementar as ações de restauração, o primeiro passo é evitar as atividades que causam a degradação, ou seja, atuar pelo princípio da prevenção. Essa abordagem é referida como restauração passiva ou natural (Kauffman *et al.* 1997). Deste modo, a restauração passiva permite ao sistema recuperar-se naturalmente pela eliminação das atividades que estão causando sua degradação (Abel *et al.* 2016).

Uma técnica bastante utilizada, no contexto da restauração passiva, é o isolamento da área contígua ao curso d'água, evitando a degradação da vegetação ripária pelo pisoteamento do gado (Hansen e Budy 2011; Muller *et al.* 2016). Essa é uma ação bastante efetiva em áreas rurais e também em locais pouco perturbados, ou seja, locais com alto potencial de recuperação. Apesar da alta resiliência dos ecossistemas ripários, resiliência essa que se deve à frequência com a qual esses sistemas são expostos a perturbações naturais do fluxo (Bendix 1997), em algumas situações a degradação é tão grande que ultrapassa a capacidade do ecossistema de reestabelecer sua composição, estrutura ou função (Kauffman *et al.* 1997). Assim, quando o ecossistema ainda não foi completamente degradado, há a possibilidade de recuperação através da inibição da causa da degradação.

Outra técnica de restauração passiva é o abandono da manutenção do rio, promovendo o reestabelecimento da morfologia próxima à natural através de processos naturais (Jahnig *et al.* 2010). Uma variante da restauração passiva foi adotada com sucesso no rio Lahn (Marburg, Alemanha) para o reestabelecimento da morfologia do rio e aumento da diversidade do habitat (Groll 2017). Esta abordagem combinou a remoção do material superficial do solo da planície de inundação com a criação de canais laterais. Essas ações iniciais deram suporte aos processos causados pela dinâmica natural de inundação do rio, além de ser uma técnica de baixo custo (Groll 2017).

Assim, uma das vantagens dessa abordagem é o custo reduzido em relação às ações de restauração ativa, contudo, há a limitação do tempo que seria necessário para a recuperação do processo natural. Stout *et al.* (2018), ao estudarem o processo de restauração da quantidade de madeira (troncos e galhos) presente no leito dos rios, estimaram o tempo de 255 ± 23 anos para reestabelecer o processo natural de recrutamento de material proveniente da vegetação ripária, no rio King (Victoria, Austrália).

INTERVENÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA

Novas tecnologias empregadas em medidas de controle do escoamento superficial dispersas na bacia hidrográfica resultaram na restauração da estrutura e função ecológica de rios urbanos degradados (Walsh *et al.* 2015). Viswanathan e Schirmer (2015), ao avaliarem quatro casos de restauração que adotaram a gestão integrada da bacia hidrográfica, mostraram que o sucesso dos projetos de restauração foram alcançados através da ênfase na redução da entrada de poluentes/nutrientes nos rios. O melhoramento da infraestrutura pública, como a instalação de medidas de controle do escoamento superficial e tratamento de esgotos, foi determinante para alcançar os resultados positivos dos projetos (Viswanathan e Schirmer 2015). Dixon *et al.* (2016), por sua vez, ao avaliarem a influência de medidas de restauração no controle de enchentes na escala da bacia hidrográfica, evidenciaram que o melhor cenário para a gestão do risco de enchentes é a

restauração das florestas ripárias com a redução da magnitude do pico de inundação em até 19%, através da de-sincronização do *timing* das ondas de cheia.

Segundo Rios-Touma *et al.* (2015), a cidade de Portland (Oregon, Estados Unidos) desenvolveu uma abordagem para recuperar a saúde da bacia hidrográfica através da proteção de locais com elevado valor para a bacia (por exemplo, áreas conservadas), revegetação de áreas altas, aquisição de terra para implementação de medidas de controle do escoamento superficial (redução de áreas impermeáveis, aumento da infiltração e tratamento da poluição do escoamento superficial) para restaurar os processos do ciclo hidrológico e melhorar a qualidade da água. Os resultados para os indicadores biológicos desse estudo mostraram que as espécies sensíveis à poluição e a diversidade de grupos tróficos aumentaram após as medidas de restauração. Entretanto, a composição funcional e taxonômica foi similar entre os trechos restaurados e não-restaurados (Rios-Touma *et al.* 2015).

INTERVENÇÕES NAS CALHAS DOS RIOS

As medidas de restauração mais frequentemente implementadas são as intervenções nas calhas dos rios, com o objetivo de reestabelecer sua morfologia (Morandi *et al.* 2017) ou melhorar/criar habitats (Byeon *et al.* 2016). De acordo com Roni *et al.* (2013), as técnicas de restauração devem ser escolhidas conforme o objetivo do projeto. Entre as técnicas citadas por Roni *et al.* (2013), aquelas que envolvem intervenções na calha dos rios são: remoção de barragens, descanalização ou remoção de galerias, reconfiguração de meandros, enrocamento e adição de estruturas de troncos e rochas.

Miller e Kochel (2013) realizaram a avaliação de técnicas de restauração na calha do rio (Figura 1) de 26 locais após 1 a 6 anos de implementação. Entre as técnicas empregadas para conter a erosão das margens, o espigão transversal e longitudinal foram os mais problemáticos. A adição de estruturas em alta densidade pode estabilizar o canal, porém o resultado são rios não muito diferentes daqueles projetados pela engenharia dos anos 60 e 70 (Miller e Kochel 2013).



Figura 1 – Técnicas de restauração na calha – (a) espigão ou quebra-corrente de rocha (Rock vane); (b) espigão transversal (cross-vane); espigão longitudinal (double-wing); maço de raízes (rootwad). Fonte: Miller e Kochel (2013)
(Tradução nossa)

A adição de estruturas na calha do rio utilizando material natural (rochas e troncos) aumentou a heterogeneidade da composição do substrato (Collins *et al.* 2015). Segundo Roni *et al.* (2016), a maioria dos estudos que utilizam madeira para construir estruturas no rio relatam melhorias no habitat físico, como aumento da frequência de poços e da diversidade do habitat. Todavia, quando se avaliam indicadores biológicos, a resposta nem sempre é positiva. Ecke *et al.* (2016) mostraram que as medidas de restauração aumentaram a riqueza das macrófitas submersas fixas, mas não a sua diversidade, e não houve aumento da riqueza e diversidade de macrófitas com outras formas de crescimento. Em relação aos invertebrados aquáticos, a riqueza de táxon aumentou em resposta às medidas de restauração, porém a abundância, diversidade e outros indicadores utilizados no estudo de Leps *et al.* (2016) não apresentaram resposta clara.

Outra intervenção direta na calha, comum nos projetos de restauração, é a reconfiguração do traçado em planta dos cursos d'água, com o objetivo de devolver a sinuosidade do traçado (Morris e Moses 1999; Kronvang *et al.* 2008; Souder 2013; Roni *et al.* 2013). Contudo, a reconfiguração do canal como uma metodologia para melhorar a estrutura e função do ecossistema fluvial encontrou pouca evidência de melhoria ecologicamente mensurável (Bernhardt e Palmer 2011). Já a construção de canais compostos mostrou-se uma alternativa efetiva para reduzir a velocidade e a tensão de cisalhamento em rios que foram canalizados (MacWilliams Jr. *et al.* 2010). Os canais compostos permitem uma reconfiguração do traçado do rio, porém a técnica se aproxima mais da restauração passiva, por ser menos invasiva que a construção artificial de meandros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das técnicas de intervenção direta nas calhas dos rios serem as mais comumente empregadas nos projetos de revitalização, sua efetividade é duvidosa principalmente em relação ao reestabelecimentos das comunidades biológicas. Esse resultado se relaciona com o fato de que muitas ações de revitalização foram baseadas na teoria do padrão físico do habitat (Southwood 1977; 1988); porém, verificou-se que a reconstrução de parâmetros físicos não é suficiente para a recuperação do ecossistema. Outros processos como a distância de locais com alta diversidade são parâmetros relevantes que podem determinar o sucesso das medidas de revitalização (Dahm e Hering 2016). As técnicas de revitalização na escala da bacia hidrográfica mostraram resultado melhor em relação a recuperação dos processos ecológicos. A abordagem de restauração passiva também revelou-se efetiva, sendo que o custo de implantação dessas medidas é reduzido, porém o tempo envolvido na recuperação dos processo pode ser longo.

AGRADECIMENTOS - Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

REFERÊNCIAS

- ABEL, S.; HOPKINSON, L. C.; HESSION, W. C. (2016). “*Hydraulic and physical structure of runs and glides following stream restoration*”. *River Research and Applications*, 32, pp. 1890–1901.
- ALLAN, J. D. (2004). “*Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems*”. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35, pp. 257-284.
- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. (2007). *Stream ecology: structure and function of running waters*. 2nd. ed. Dordrecht: Springer, 436 p.
- BENDIX, J. (1997). “*Flood Disturbance and the Distribution of Riparian Species Diversity*”. *Geographical Review*, 87(4), pp. 468-483.
- BERNHARDT, E. S.; PALMER, M. A. (2011). “*River restoration: the fuzzy logic of repairing reaches to reverse catchment scale degradation*”. *Ecological Applications*, 21(6), pp. 1926-1931.
- BYEON, S. J.; CHOI, H. J.; CHOI, G. W.; KIM, D. (2016). “*Hydraulic Experiments of Urban River Meandering Method and Fish Habitat Revitalization*”. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(7), pp. 2991-2998.
- COLLINS, S. E.; FLOTEMERSCH, J. E.; SWECKER, C. D.; JONES, T. G. (2015). “*Effectiveness of a Stream-Restoration Effort Using Natural Material Instream Structures*”. *Southeastern Naturalist*, 14(4), pp. 612-622.
- DIXON, S. J.; SEAR, D. A.; ODoni, N. A.; SYKES, T.; LANE, S. N. (2016). “*The effects of river restoration on catchment scale flood risk and flood hydrology*”. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41, pp. 997–1008.
- ECKE F.; HELLSTEN, S.; KÖHLER, J.; LORENZ, A. W.; RÄÄPYSJÄRVI, J.; SCHEUNIG, S.; SEGERSTEN, J.; BAATTRUP-PEDERSEN, A. (2016). “*The response of hydrophyte growth forms and plant strategies to river restoration*”. *Hydrobiologia*, 769, pp. 41–54.

- FINDLAY, S. J.; TAYLOR, M. P. (2006). “*Why rehabilitate urban river systems?*”. *Area*, (38.3), pp. 312-325.
- GROLL, M. (2017). “*The passive river restoration approach as an efficient tool to improve the hydromorphological diversity of rivers – Case study from two river restoration projects in the German lower mountain range*”. *Geomorphology*, 293, pp. 69–83.
- HANSEN, E. S.; BUDY, P. (2011). “*The potential of passive stream restoration to improve stream habitat and minimize the impact of fish disease: a short-term assessment*”. *Journal of the North American Benthological Society*, 30(2), pp. 573-588.
- JÄHNIG, S. C.; BRABEC, K.; BUFFAGNI, A.; ERBA, S.; LORENZ, A. W.; OFENBÖCK, T.; VERDONSCHOT, P. F. M.; HERING, D. (2010). “*A comparative analysis of restoration measures and their effects on hydromorphology and benthic invertebrates in 26 central and southern European rivers*”. *Journal of Applied Ecology*, 47, pp. 671–680.
- KAUFFMAN, J. B.; BESCHTA, R. L.; OTTING, N.; LYTJEN, D. (1997). “*An ecological perspective of riparian and stream restoration in the western United States*”. *Fisheries*, 22(5), pp. 12–24.
- KRONVANG, B.; THODSEN, H.; KRISTENSEN, E. A.; SKRIVER, J.; WIBERG-LARSEN, P.; BAATTRUP-PEDERSEN, A.; PEDERSEN, M. L.; FRIBERG, N. (2008). “*Ecological effects of re-meandering lowland streams and use of restoration in river basin management plans: experiences from Danish case studies*” in *Anais do 4th ECRR Conference on River Restoration Italy*, 16-21 June 2008, pp. 207-222.
- LEPS, M.; SUNDERMANN, A.; TONKIN, J. D.; LORENZ, A. W.; HAASE, P. (2016). “*Time is no healer: increasing restoration age does not lead to improved benthic invertebrate communities in restored river reaches*”. *Science of the Total Environment*, 557–558, pp. 722–732.
- MACWILLIAMS JR., M. L.; TOMPKINS, M. R.; STREET, R. L.; KONDOLF, G. M.; KITANIDIS, P. K. (2010). “*Assessment of the Effectiveness of a Constructed Compound Channel River Restoration Project on an Incised Stream*”. *J. Hydraul. Eng.*, 136(12), pp. 1042-1052.
- MILLER, J. R.; KOCHER, R. C. (2013). “*Use and performance of in-stream structures for river restoration: a case study from North Carolina*”. *Environ. Earth Sci.*, 68, pp. 1563–1574.
- MORANDI, B.; KAIL, J.; TOEDTER, A.; WOLTER, C.; PIÉGAY, H. (2017). “*Diverse Approaches to Implement and Monitor River Restoration: A Comparative Perspective in France and Germany*”. *Environmental Management*, 60, pp. 931–946.
- MORRIS, S.; MOSES, T. (1999). “*Urban Stream Rehabilitation: A Design and Construction Case Study*”. *Environmental Management* 23(2), pp. 165–177.
- MULLER, I.; DELISLE, M.; OLLITRAULT, M.; BERNEZ, I. (2016). “*Responses of riparian plant communities and water quality after 8 years of passive ecological restoration using a BACI design*”. *Hydrobiologia*, 781, pp. 67–79.
- POMPÊO, C. A.; FINOTTI, A. R.; BONUMÁ, N. B.; CHAFFE, P. L. B. *Hidrologia ambiental em cursos d'água urbanos - Bacia do Córrego Grande*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2013.
- RIOS-TOUMA, B.; PRESCOTT, C.; AXTELL, S.; KONDOLF, G. M. (2015). “*Habitat restoration in the context of watershed prioritization: the ecological performance of urban stream restoration projects in Portland, Oregon*”. *River Research and Applications*, 31, pp. 755–766.
- RONI, P.; PESS, G.; HANSON, K.; PEARSONS, M. (2013). “*Selecting Appropriate Stream and Watershed Restoration Techniques*”, in *Stream and Watershed Restoration A Guide to Restoring Riverine Processes and Habitats*. Org. por Roni, P e Beechie, T., ed. John Wiley & Sons, Ltd., Oxford, pp. 144 – 188.
- SAMMONDS, M. J.; VIETZ, G. J. (2015). “*Setting stream naturalisation goals to achieve ecosystem improvement in urbanising greenfield catchments*”. *Area*, 47(4), pp. 386–395.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration*. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.

- SOUTHWOOD, T. R. E. (1977). “*Habitat, the templet for ecological strategies?*” J. Anim. Ecol., 46, pp. 337-365.
- SOUTHWOOD, T. R. E. (1988). “*Tactics, strategies and templets*”. Oikos, 52, pp. 3-18.
- STOUT, J. C.; RUTHERFURD, I. D.; GROVE, J.; WEBB, A. J.; KITCHINGMAN, A.; TONKIN, Z.; LYON, J. (2018). “*Passive Recovery of Wood Loads in Rivers*”. Water Resources Research, 54, pp. 8828–8846.
- SOUDER, J. (2013). “*The Human Dimensions of Stream Restoration: Working with Diverse Partners to Develop and Implement Restoration*”, in *Stream and Watershed Restoration A Guide to Restoring Riverine Processes and Habitats*. Org. por Roni, P e Beechie, T., ed. John Wiley & Sons, Ltd., Oxford, pp. 114 – 143.
- VISWANATHAN, V. C.; SCHIRMER, M. (2015). “*Water quality deterioration as a driver for river restoration: a review of case studies from Asia, Europe and North America*”. Environ Earth Sci., 74, pp. 3145–3158.
- WALSH, C. J.; ROY, A. H.; FERMINELLA, J. W.; COTTINGHAM, P. D.; GROFFMAN, P. M.; MORGAN, R. P. (2005). “*The urban stream syndrome: current knowledge and search for a cure*”. Journal of the North American Benthological Society, 24(3), pp. 706-723.
- WALSH, C. J.; FLETCHER, T. D.; BOS, D. G.; IMBERGER, S. J. (2015). “*Restoring a stream through retention of urban stormwater runoff: a catchment-scale experiment in a social–ecological system*”. Freshwater Science, 34(3), pp. 1161-1168.