SÉRIE PEIXE VIVO

BASES CONCEITUAIS PARA CONSERVAÇÃO E MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS PARA CONSERVAÇÃO E MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

MARCOS CALLISTO, DIEGO R. MACEDO, DIEGO M.P.
CASTRO & CARLOS BERNARDO M. ALVES

Callisto M., Macedo D.R., Castro D.M.P. & Alves C.B.M. (2019). Introdução aos conceitos para conservação e manejo de bacias hidrográficas. In: Marcos Callisto, Diego Rodrigues Macedo, Diego Marcel Parreira de Castro & Carlos Bernardo Mascarenhas Alves (orgs.) Bases Conceituais para Conservação e Manejo de Bacias Hidrográficas. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais, pp. 17-28 (Série Peixe Vivo, 7). DOI: 10.17648/bacias-hidrograficas-1

1 – INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS PARA CONSERVAÇÃO E MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Embora ocupem pequeno percentual da superfície do planeta Terra, os ecossistemas aquáticos continentais são responsáveis por abrigar elevada diversidade de espécies, muitas dessas endêmicas e sensíveis a alterações ecológicas e ambientais (Revenga *et al.* 2005, Strayer & Dudgeon 2010). Além disso, ecossistemas aquáticos são essenciais para o estabelecimento de populações humanas, uma vez que fornecem água para uso doméstico, industrial e agropecuário, geração de energia, navegação e lazer (Malmqvist & Rundle 2002, Revenga *et al.* 2005). A demanda por água potável, a necessidade de saneamento e o controle de cheias requerem esforços em pesquisa, política e desenvolvimento de alternativas para o uso humano sustentável em conjunto com a proteção de ecossistemas aquáticos (Larsen *et al.* 2016).

Atividades humanas podem impactar diretamente os ecossistemas aquáticos em maior intensidade do que os terrestres, afetando os fluxos de matéria e energia (Karr 1998). O acelerado crescimento de populações humanas com aumento de demandas por água e a sobre-exploração de recursos naturais têm resultado na degradação de ecossistemas aquáticos, muitas vezes irreversível (Naiman & Turner 2000, Abell *et al.* 2008). Esses ecossistemas têm perdido uma grande proporção de seus habitats e espécies, e os biomas tropicais estão à frente nesse processo (Laurance & Peres 2006). Neste sentido, os cursos d'água urbanos sofrem influências diretas de atividades humanas, incluindo lançamentos de esgotos, destruição e degradação de habitats, introdução de espécies exóticas e regulação do fluxo fluvial (Dudgeon *et al.* 2006). Essas mudanças geralmente levam à simplificação de habitats e reduzem a diversidade de espécies nas comunidades aquáticas, prejudicando a integridade biótica e a sustentabilidade de processos ecológicos nesses ecossistemas (Cardinale *et al.* 2012).

Os riachos tropicais estão entre os ecossistemas mais ameaçados do mundo (Dudgeon *et al.* 2006), com taxa de extinção de espécies superior aos ambientes terrestres (Sala *et al.* 2000). Porém, este ritmo de degradação e perda ecológica excede o ritmo das pesquisas científicas voltadas para o entendimento de respostas

de comunidades de organismos (p. ex. peixes e macroinvertebrados bentônicos) às mudanças de qualidade ambiental em bacias hidrográficas (Ramirez *et al.* 2008). No Brasil, todos esses problemas têm afetado a qualidade ecológica dos corpos d'água, especialmente aqueles próximos a centros urbanos e áreas sob intenso desenvolvimento industrial (Pompeu *et al.* 2005, Tejerina-Garro *et al.* 2006, Hepp *et al.* 2010; Figura 1). Para uma avaliação efetiva dos impactos decorrentes de pressão de atividades antrópicas, é necessário o desenvolvimento de ferramentas de avaliação de condições ecológicas em ecossistemas aquáticos (Balderas *et al.* 2016). Essas avaliações fornecem subsídios para implementação de políticas de manejo cujo foco seja a conservação da integridade e dos serviços oferecidos por esses ecossistemas (Revenge *et al.* 2005).

FIGURA 1 – Exemplos de atividades humanas que exercem pressões e acarretam alterações em ecossistemas aquáticos continentais: (A) pasto; (B) represamento de rios; (C) urbanização; (D) agricultura; (E) lançamento de esgotos domésticos sem tratamento.

As alterações na cobertura do solo nas bacias hidrográficas, com a substituição da cobertura natural por usos antrópicos (p. ex. agricultura, pastagem, urbanização), influenciam o fluxo de energia, os habitats físicos nos ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, as comunidades aquáticas (Allan 2004, di Lascio *et al.* 2013, Macedo *et al.* 2014). A agricultura e a urbanização pressionam a redução da cobertura vegetal nativa, incluindo a vegetação na zona ripária, afetando e degradando os ecossistemas aquáticos (Dudgeon *et al.* 2006). As mudanças resultantes nos habitats fluviais incluem aumento nas taxas de sedimentação, mudanças no regime hidrológico, aumento da temperatura da água e das concentrações de nutrientes, o que, em sinergia, afeta a biodiversidade aquática (Bryce *et al.* 2010, Hughes *et al.* 2010, Woodward *et al.* 2012) e o funcionamento de ecossistemas (De Laender *et al.* 2016). Em riachos neotropicais, em particular, há necessidade urgente de quantificar e entender como as comunidades aquáticas respondem às mudanças nos usos da terra para orientar os esforços de conservação e o gerenciamento de recursos naturais.

O Cerrado é considerado um *hotspot* de biodiversidade no mundo, em função de seu elevado endemismo de espécies e risco à extinção devido a atividades humanas (Myers *et al.* 2000). Nesse bioma, é preocupante o número reduzido de estudos de avaliação de integridade biótica, tendo em vista o seu acelerado processo de degradação (Hunke *et al.* 2015). Números recentes mostram que as taxas de desflorestamento no Cerrado, de 2002 a 2011, foram 2,5 vezes superiores àquelas observadas no bioma Amazônia (Strassburg *et al.* 2017), enquanto os esforços para sua conservação são ainda limitados, pois apenas 8,21% de sua área encontram-se sob proteção legal, sendo que, destes, apenas 2,85% são unidades de conservação de proteção integral (MMA 2018).

Mais da metade dos 2 milhões de km² da área original do bioma Cerrado foram transformados para usos antrópicos nas últimas décadas (Klink & Machado 2005). Das principais atividades, o agronegócio é o que mais movimenta o setor econômico no Cerrado através de pastagens e plantações de cana-de-açúcar, soja, milho, café, feijão, entre outros (Hunke *et al.* 2015). Como consequência dessa superexploração do Cerrado, observam-se a perda de cobertura vegetal nativa

(savanas, florestas, campos, veredas), fragmentação de habitat, invasão de espécies exóticas, perda da biodiversidade, erosão do solo, poluição de ecossistemas aquáticos por agrotóxicos, alterações no regime natural de fogo e mudanças climáticas regionais (Klink & Machado 2005, Strassburg *et al.* 2017, Figura 2).

FIGURA 2 – Exemplos de riachos no Cerrado alterados por atividades humanas: (A) fragmentação e instalação de cercas; (B) canalização; (C) remoção de vegetação ripária; (D) poluição e descarte de lixo.

Do ponto de vista hidrológico, o Cerrado desempenha um papel fundamental na dinâmica de recursos hídricos. De acordo com Lima & Silva (2005), esse bioma é responsável por abrigar as cabeceiras de 10 regiões hidrográficas de importantes rios brasileiros: Tocantins (65%), São Francisco (57%), Paraguai (50%), Paraná (49%), Parnaíba (46%), Atlântico Nordeste (46%), Atlântico Leste (8%), Amazônia (4%), Atlântico Sudeste (1%) e Nordeste Oriental (<1%). Essas bacias fornecem

água para suprir demandas da indústria, agricultura, navegação, turismo, geração de energia hidrelétrica e consumo humano. Além disso, o Cerrado também possui um grande número de nascentes e riachos de pequeno porte, o que faz desse bioma “o berço das águas”, exercendo, portanto, importante papel na manutenção e conservação das comunidades aquáticas (Oliveira *et al.* 2014). Além disso, abaixo de seu solo estende-se grande parte do aquífero Guarani, a segunda maior reserva de água doce subterrânea do mundo (Araújo *et al.* 1999).

Apesar da importância do bioma Cerrado para a conservação dos ecossistemas aquáticos, a constante pressão por atividades humanas tem resultado em mudanças na composição da biota e na estrutura de habitats aquáticos (Macedo *et al.* 2014, Ferreira *et al.* 2017). O grande potencial hídrico do Cerrado propiciou a construção de empreendimentos hidrelétricos que trouxeram impactos diretos a partir de sua implementação (p. ex. realocação de pessoas, deterioração de qualidade da água, regularização de pulsos de inundação, perda de patrimônio genético, desestruturação de comunidades de organismos aquáticos, alterações climáticas) e efeitos indiretos como, por exemplo, adensamento populacional, expansão de atividades agropecuárias, entre outros (Von Sperling 2012). O uso para geração de energia é ponto crítico em relação aos usos da água no Cerrado pois, enquanto cerca de 16% da matriz energética mundial é hidrelétrica, no Brasil este percentual é de cerca de 70% (Von Sperling 2012, ANEEL 2018), e isso ressalta a importância do estudo e conservação de bacias hidrográficas de empreendimentos hidrelétricos.

Neste livro, apresentamos as bases conceituais de estudos ecológicos sobre integridade de qualidade ambiental ao longo de 10 anos de parceria com a Cemig. Nossas equipes de pesquisa trabalharam nas bacias dos empreendimentos hidrelétricos de Nova Ponte, Três Marias, Volta Grande, São Simão e Pandeiros (Figura 3). As bases ecológicas foram utilizadas em nossas pesquisas e, acreditamos, serão essenciais para o desenvolvimento de ferramentas de gestão de recursos hídricos. É nossa pretensão acadêmica que a abordagem Índice de Integridade Biótica (IBI no inglês) possa ser colocada em prática pelos órgãos ambientais do estado de Minas Gerais e federais, como a Agência Nacional de Águas.

FIGURA 3 – Localização das bacias dos empreendimentos hidrelétricos estudados ao longo de 10 anos de parceria entre as universidades e a Cemig.

REFERÊNCIAS

Abell, R., Thieme, M.L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Balderas, S.C., Bussing, W., Stiassny, M.L.J., Skelton, P., Allen, G.R., Unmack, P., Naseka, A., Ng, R., Sindorf, N., Robertson, J., Armijo, E., Higgins, J.V., Heibel, T.J., Wikramanayake, E., Olson, D., López, H.L., Reis, R.E., Lundberg, J.G., Sabaj Pérez, M.H. & Petry, P. 2008. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience* 58(5): 403–414.

ANEEL 2018. *Agência Nacional de Energia Elétrica. BIG - Banco de Informações de Geração. Ministério de Minas e Energia*. Brasília, DF.

Allan, J.D. 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35(1): 257–284.

Araújo, L.M., França, A.B. & Potter, P.E. 1999. Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná and Chaco-Paraná basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA. *Hydrogeology Journal* 7(3): 317–336.

Balderas, E.C.S., Grac, C., Berti-Equille, L. & Armienta Hernandez, M.A. 2016. Potential application of macroinvertebrates indices in bioassessment of Mexican streams. *Ecological Indicators* 61: 558–567.

Bryce, S.A., Lomnický, G.A. & Kaufmann, P.R. 2010. Protecting sediment-sensitive aquatic species in mountain streams through the application of biologically based streambed sediment criteria. *Journal of the North American Benthological Society* 29(2): 657–672.

Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G.M., Tilman, D., Wardle, D.A., Kinzig, A.P., Daily, G.C., Loreau, M., Grace, J.B., Larigauderie, A., Srivastava, D.S. & Naeem, S. 2012.

Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486: 59–67.

Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M.L.J. & Sullivan, C.A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 81(2): 163–182.

Ferreira, W.R., Hepp, L.U., Ligeiro, R., Macedo, D.R., Hughes, R.M., Kaufmann, P.R. & Callisto, M. 2017. Partitioning taxonomic diversity of aquatic insect assemblages and functional feeding groups in Neotropical Savanna headwater streams. *Ecological Indicators* 72: 365–373.

Hepp, L.U., Milesi, S.V., Biasi, C. & Restello, R.M. 2010. Effects of agricultural and urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). *Zoologia* 27(1): 106–113.

Hughes, R.M., Herlihy, A.T. & Kaufmann, P.R. 2010. An evaluation of qualitative indexes of physical habitat applied to agricultural streams in ten U.S. States. *Journal of the American Water Resources Association* 46(4): 792–806.

Hunke, P., Mueller, E.N., Schröder, B. & Zeilhofer, P. 2015. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. *Ecohydrology* 8(6): 1154–1180.

Karr, J. 1998. Rivers as sentinels: using the biology of rivers to guide landscape management. In: Naiman, R. & Bilby, R. (eds.). *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion*. New York: Springer-Verlag, 502–528.

Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* 19(3): 707–713.

De Laender, F., Rohr, J.R., Ashauer, R., Baird, D.J., Berger, U., Eisenhauer, N., Grimm, V., Hommen, U., Maltby, L., Meliàn, C.J., Pomati, F., Roessink, I., Radchuk, V. & Van den Brink, P.J. 2016. Reintroducing environmental change

drivers in biodiversity–ecosystem functioning research. *Trends in Ecology and Evolution* 31(12): 905–915.

Larsen, T.A., Hoffmann, S., Lüthi, C., Truffer, B. & Maurer, M. 2016. Emerging solutions to the water challenges of an urbanizing world. *Science* 352(6288): 928–933.

Di Lascio, A., Rossi, L., Carlino, P., Calizza, E., Rossi, D. & Costantini, M.L. 2013. Stable isotope variation in macroinvertebrates indicates anthropogenic disturbance along an urban stretch of the river Tiber (Rome, Italy). *Ecological Indicators* 28: 107–114.

Laurance, W.F. & Peres, C.A. 2006. *Emerging Threats to Tropical Forests*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

Lima, J.E.F.W. & Silva, E.D. 2005. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. In: Scariot, A., Sousa-Silva, J.C. & Felfili, J.M. (orgs). *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Brasília, Brasil: Ministério do Meio Ambiente.

Macedo, D.R., Hughes, R.M., Ligeiro, R., Ferreira, W.R., Castro, M.A., Junqueira, N.T., Oliveira, D.R., Firmiano, K.R., Kaufmann, P.R., Pompeu, P.S. & Callisto, M. 2014. The relative influence of catchment and site variables on fish and macroinvertebrate richness in Cerrado biome streams. *Landscape Ecology* 29(6): 1001–1016.

Malmqvist, B. & Rundle, S. 2002. Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation* 29(2): 134–153.

MMA 2018. *Ministério do Meio Ambiente*. Site: <http://www.mma.gov.br>. Acessado em: 24/08/2018.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.

Naiman, R.J. & Turner, M.G. 2000. A future perspective on north America's

freshwater ecosystems. *Ecological Applications* 10(4): 958–970.

Oliveira, P.T.S., Nearing, M.A., Moran, M.S., Goodrich, D.C., Wendland, E. & Gupta, H.V. 2014. Trends in water balance components across the Brazilian Cerrado. *Water Resources Research* 50: 7100–7114.

Pompeu, P.S., Alves, C.B.M. & Callisto, M. 2005. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas basin, Brazil. In: Brown, L.R., Hughes, R.M., Gray, R. & Meador, M.R. (eds.). *Effects of Urbanization on Stream Ecosystems*. Bethesda, MD: American Fisheries Society, 47: 11–22.

Ramirez, A., Pringle, C.M. & Wantzen, K.M. 2008. Tropical stream conservation. In: Dudgeon, D. (ed.). *Tropical Stream Ecology*. London: Elsevier.

Revenga, C., Campbell, I., Abell, R., De Villiers, P. & Bryer, M. 2005. Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360(1454): 397–413.

Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L.R., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M. & Wall, D.H. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287(5459): 1770–1774.

Von Sperling, E. 2012. Hydropower in Brazil: Overview of positive and negative environmental aspects. *Energy Procedia* 18: 110–118.

Strassburg, B.B.N., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Loyola, R., Latawiec, A.E., Oliveira Filho, F.J.B., Scaramuzza, C.A.M., Scarano, F.R., Soares-Filho, B. & Balmford, A. 2017. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution* 1(4): 1–3.

Strayer, D.D.L. & Dudgeon, D. 2010. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society* 29(1): 344–358.

Tejerina-Garro, F.L., Maldonado, M., Ibañez, C., Pont, D., Roset, N. & Oberdorff, T. 2006. Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages a framework for ecological assessment of rivers. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48: 91–108.

Woodward, G., Gessner, M.O., Giller, P.S., Gulis, V., Hladyz, S., Lecerf, A., Malmqvist, B., McKie, B.G., Tiegs, S.D., Cariss, H., Dobson, M., Eloise, A., Ferreira, V., Graça, M.A.S., Fleituch, T., Lacoursière, J.O., Nistorescu, M., Pozo, J., Risnoveanu, G., Schindler, M., Vadineanu, A., Vought, L.B.-M. & Chauvet, E. 2012. Continental-scale effects of nutrient pollution on stream ecosystem functioning. *Science* 336(6087): 1438–1440.