

Gestão Adaptativa na Etapa de Acompanhamento da Avaliação de Impacto Ambiental

*EVANDRO MATEUS MORETTO,^I SIMONE ATHAYDE,^{II}
CAROLINA RODRIGUES DA COSTA DORIA,^{III}
AMARILIS LUCIA CASTELI FIGUEIREDO GALLARDO,^{IV}
NEIVA CRISTINA DE ARAUJO,^V CARLA GRIGOLETTO DUARTE,^{VI}
EVANDRO ALBLACH BRANCO,^{VII}
SERGIO MANTOVANI PAIVA PULICE^{VIII}
e DANIEL RONDINELI ROQUETTI^{IX}*

Introdução

A AVALIAÇÃO de Impacto Ambiental (AIA) surgiu no National Environmental Policy Act (Nepa) nos Estados Unidos, em 1969, criando a necessidade de os projetos do governo federal considerarem os impactos sobre o meio ambiente na tomada de decisão. No Brasil, foi instituída em 1981 como instrumento de política ambiental pela Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA). Diversas regulamentações seguiram este ato e consolidaram a AIA como o processo técnico-científico que objetiva verificar a viabilidade ambiental e subsidiar a tomada de decisão em processos de Licenciamento Ambiental de empreendimentos e atividades que possam causar significativa degradação ambiental (Sánchez, 2013).

No início do seu funcionamento, as abordagens de AIA estavam direcionadas prioritariamente à produção massiva de grandes bases de dados, com representações limitadas dos sistemas ambientais e produção de modelos insatisfatórios de previsão de impactos (Curi, 1981). Nesse contexto, o Scientific Committee on Problems of the Environment (Scope) organizou um *workshop*, em 1974, que reuniu diversas experiências em Avaliação e Gestão Ambiental Adaptativa, como foi o caso dos trabalhos semanais de C. S. Holling e de seus colaboradores do International Institute of Applied System Analysis (Iiasa) na Áustria e na Universidade de British Columbia (Holling, 1978). A partir de então, a Gestão Adaptativa surge como uma abordagem que reconhece a comple-

xidade e as incertezas dos sistemas socioecológicos, pressupondo o exercício da aprendizagem experiencial (Holling, 1978; Allen et al., 2011).

Atualmente, AIA e Gestão Adaptativa são abordagens consagradas que possuem mais de 40 anos de prática, com suas histórias, estruturas, contextos e resultados de aplicação, ainda que persistam lacunas e desafios. No caso da AIA, um grande desafio ainda existente é a melhoria do desempenho da Etapa de Acompanhamento, a qual é responsável por monitoramento, gestão, avaliação e comunicação dos resultados da execução dos programas ambientais durante as fases de implantação e operação de empreendimentos e atividades (Marshall et al., 2005; Morrison-Saunders et al., 2005; Pinto et al., 2019).

Neste sentido, o presente artigo apresenta uma análise conceitual, também baseada na prática, com o objetivo de identificar e discutir como abordagens baseadas em Gestão Adaptativa podem contribuir com o aperfeiçoamento da Etapa de Acompanhamento da AIA, considerando suas premissas (sistemas socioecológicos, incerteza e informação incompleta) e seus pressupostos (capacidade adaptativa, aprendizagem experiencial e governança).

Sistemas socioecológicos, incertezas e informação incompleta

O conceito de sistema socioecológico tem origem no campo da Ecologia a partir do reconhecimento de que os desafios para o aperfeiçoamento do manejo dos recursos naturais relacionavam-se sobretudo na compreensão das interações entre sociedade e ecossistemas. Trata-se de uma ideia que organiza a compreensão da dinâmica que integra ecossistemas e sistemas sociais (Fischer et al., 2015), incluindo seus componentes culturais, políticos, sociais, econômicos, ecológicos, tecnológicos (Ostrom, 2009; Folke et al., 2010), e os laços de retroalimentação e relações de interdependência que ocorrem entre eles (Resilience Alliance, 2010).

A abordagem dos sistemas socioecológicos reconhece ainda a natureza complexa, as incertezas, os comportamentos não lineares, a heterogeneidade individual e espacial, as escalas espaciais e temporais dinâmicas e a imprevisibilidade como suas características essenciais, que acarretam desafios substanciais para a produção de conhecimento e para processos de tomada de decisão (Levin et al., 2013), como no caso das que ocorrem na AIA.

Grande parte da informação dos sistemas socioecológicos, como uma representação dos sistemas ambientais, está nas relações que existem entre os diversos elementos e de que estes elementos conectados influenciam o comportamento de outras partes (Branco, 2014; Branco et al., 2017). Quando as conexões entre componentes e subsistemas são diversas e intensas (Scheffer, 2009), os comportamentos resultantes não podem ser estudados e explicados por abordagens determinísticas, previsíveis e lineares (Resilience Alliance, 2010).

Como resultado, nas escalas amplas de análise emerge a incerteza como uma propriedade dos sistemas (McLain; Lee, 1996), especialmente quando estão envolvidas relações entre os elementos sociais e biofísicos (Turner, 1994). Ou

seja, o reconhecimento da complexidade em sistemas socioecológicos imputa o reconhecimento de seu alto grau de incerteza (Scheffer, 2009), bem como da existência de múltiplas perspectivas, interesses e objetivos de uso e gestão desses sistemas por diversos atores sociais (Gray et al., 2015).

O desafio que se coloca é quando a avaliação ambiental busca fornecer um entendimento completo dos impactos nos sistemas socioecológicos afetados por um projeto e sobre as medidas necessárias para controlar esses impactos (Lees et al., 2016). Ocorre que as abordagens convencionais, normalmente baseadas em abordagens metodológicas reducionistas ou determinísticas, são incapazes de representar a diversidade de relações que existem nos sistemas complexos, não sendo possível prover informação completa sobre a estrutura e o funcionamento de um sistema socioecológico, considerando sua complexidade, incerteza e imprevisibilidade. Portanto, admitir a natureza complexa e incerta dos sistemas socioecológicos é admitir que o processo de planejamento e gestão ambiental ocorre em um universo de informação incompleta e cercado de imprevisibilidades.

A incerteza nos processos de tomada de decisão relacionados ao planejamento e à gestão ambiental, e a consequente frustração com os modelos determinísticos de avaliação e predição, motivaram o desenvolvimento da Gestão Adaptativa (Rist et al., 2013), assumindo-se a premissa de que os processos de planejamento e gestão ambiental ocorrem sempre em universos de informação incompleta (Magnuszewski et al., 2005; Allen et al., 2011).

Capacidade adaptativa, aprendizado experimental e governança

A solução encontrada pela Gestão Adaptativa ao problema da informação incompleta sobre sistemas complexos foi organizar-se a partir de pressupostos que garantissem a capacidade adaptativa dos processos de planejamento e gestão às incertezas e imprevisibilidades dos sistemas socioecológicos. De forma ampla, capacidade adaptativa pode ser compreendida como a capacidade de um sistema de reagir e se adaptar às mudanças, permanecendo em um domínio de estabilidade à medida que a forma do domínio é alterada, respondendo a distúrbios e mudanças (Gunderson, 1999). É uma medida da robustez e da flexibilidade de um sistema em face das mudanças e pressões.

Há uma relação muito próxima entre o termo e o conceito de resiliência, caracterizado como a capacidade de um sistema de absorver perturbações e reorganizar-se, de modo a reter aspectos essenciais de suas funções, estruturas e relações de retroalimentação, e, portanto, sua identidade. Trata-se da capacidade do sistema aprender com as experiências e o conhecimento acumulado para, assim, ajustar a forma que responde às alterações internas e externas (Folke et al., 2010).

Assim, a capacidade adaptativa pressupõe aprendizado experiencial, ou *learning by doing* (Lee, 1995; Medema et al., 2014), que ocorre a partir da implantação, monitoramento e avaliação dos efeitos das decisões implementadas,

com o objetivo de identificar correções necessárias (McLain; Lee, 1996; Allen et al., 2011). Na Figura 1 estão apresentados os passos de um processo de Gestão Adaptativa, de acordo com Allen et al. (2011), com destaque para a fase de aprendizado experiencial, quando as ações de planejamento e gestão estão em curso, e para a fase em que as decisões ocorrem a partir de um processo sistemático e estruturado de avaliação.

O exercício da aprendizagem experiencial baseado em um processo sistemático de avaliação e tomada de decisão requer a integração de várias formas de conhecimento, além do técnico e científico, a partir do envolvimento das diversas partes interessadas no problema e nas alternativas de solução (Magnuszewski et al., 2005). No início, a solução procedimental adotada para isso foi a realização de oficinas locais ou regionais de modelagem, envolvendo as partes interessadas, quando o problema seria identificado, os objetivos definidos e as diversas formas de conhecimento integradas para que os sistemas socioecológicos pudessem ser modelados com o apoio de ferramentas computacionais (Holling, 1978; Blumenthal; Jannink, 2000).



Fonte: Modificado e traduzido de Allen et al. (2011).

Figura 1 – Ciclo da Gestão Adaptativa.

Porém, a Gestão Adaptativa não pode ser considerada uma panaceia (Allen et al., 2011) e é preciso reconhecer os seus limites. Um deles é se, de fato, as diversas partes interessadas podem ser incluídas no processo. Ou seja, se o processo de aprendizagem experiencial é de fato amplamente legítimo, considerando as complexidades dos sistemas socioecológicos.

McLain e Lee (1996) analisaram três casos de Gestão Adaptativa considerados de sucesso no Canadá e nos Estados Unidos, onde identificaram que apenas o conhecimento científico foi considerado como válido para o processo decisório. Para os autores, o uso exclusivo de técnicas sofisticadas de modelagem dos sistemas, normalmente, desfavorece a participação de algumas partes interessadas, especialmente as comunidades locais e seus saberes diversos.

Assim, independentemente do procedimento para o envolvimento das partes interessadas, é preciso que, previamente, esteja estabelecido o arranjo de governança que irá definir como as diversas partes interessadas participam efetivamente do processo de tomada de decisão, o que permitirá que os agentes técnicos e institucionais possam aprender durante o curso do processo de planejamento e gestão (Blumenthal; Jannink, 2000).

Para Williams e Brown (2014), no desenho dos arranjos de governança, as instituições formais existentes precisam se adaptar para considerarem as instituições sociais de caráter informal, com a definição clara dos papéis das partes envolvidas que garanta o equilíbrio de poder (Westley, 1995) e de métodos de resolução de conflitos (Lee, 1995). No processo de aprendizagem experiencial pressuposto pela Gestão Adaptativa, o rastreamento e o ajuste das perspectivas, valores e oportunidades institucionais das diversas partes interessadas no problema e afetadas pela solução, são tão importantes quanto o aprendizado técnico (Williams; Brown, 2014).

Nesse contexto, o conceito de governança adaptativa tem sido utilizado para abordar os contextos sociais atuantes em iniciativas de Gestão Adaptativa, os quais determinam as condições necessárias para a criação e operacionalização de regras de ação coletiva, ou instituições de coordenação social (Folke et al., 2005). De forma ampla, a governança envolve estruturas, instituições e processos através dos quais as pessoas tomam decisões e compartilham o poder em uma sociedade (Lebel et al., 2006). Algumas características de sistemas sociais aptos a responder a crises envolvem conectar uma multiplicidade de atores através de várias escalas para lidar com as inter-relações entre recursos e ecossistemas, manejo e gestão de sistemas socioecológicos, incluindo incerteza, imprevisibilidade e surpresa (Folke et al., 2005). Esses arranjos também podem ser referidos como sistemas policêntricos de governança (Ostrom, 2009).

O campo da governança, inserido na abordagem da Gestão Adaptativa e dos instrumentos de avaliação e gestão de impacto ambiental, tem enfoque de pesquisa nas análises de atores sociais, redes sociais e instituições, ação coletiva e colaboração, aprendizagem social (incluindo aprendizagem institucional), resolução de conflitos, e avaliação e monitoramento participativos (Folke et al., 2005; Reed et al., 2010), os quais representam oportunidades que podem ser aproveitadas para o aperfeiçoamento dos instrumentos de política ambiental, como no caso da AIA.

Ainda assim, apesar da aplicação de abordagens baseadas em Gestão Adaptativa e de registros de seu sucesso continuarem aumentando ao longo do tempo (Williams; Brown, 2014), elas não podem ser consideradas como soluções simples para problemas perversos (Allen et al., 2011). Capacidade adaptativa, aprendizagem experiencial e governança não são premissas da Gestão Adaptativa, mas pressupostos que devem ser buscados continuamente no desenvolvimento conceitual e prático de suas abordagens.

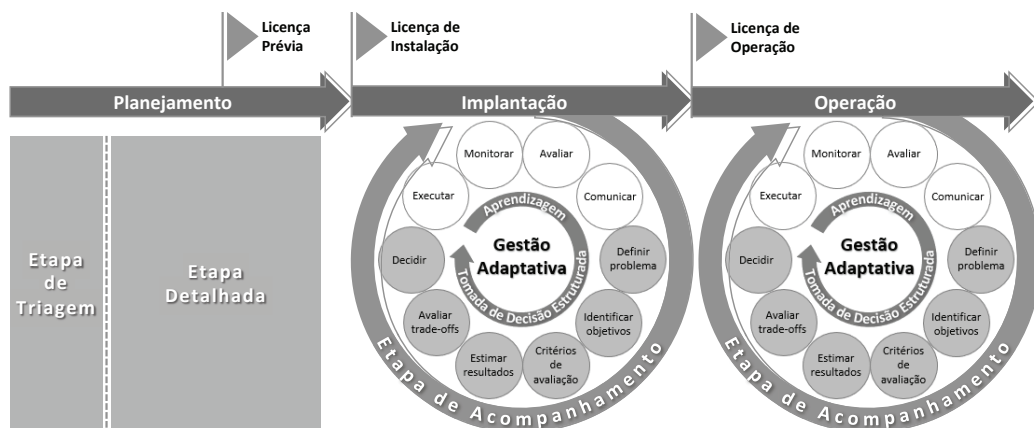
Perspectivas para a etapa de acompanhamento de AIA

Assim como a Gestão Adaptativa, o processo de AIA também trata de universos de tomada de decisão dotados de complexidades, incertezas e imprevisibilidade (Noble, 2000), ou seja, marcados por informação incompleta. Essa premissa em comum pode representar uma oportunidade para o emprego dos pressupostos da Gestão Adaptativa em AIA, especialmente na sua Etapa de acompanhamento, em que as afinidades conceituais e estruturais tornam-se ainda mais próximas entre as abordagens. No Brasil, a Etapa de Acompanhamento da AIA se inicia após a tomada de decisão ou concessão da licença prévia, e perdura durante a implantação e operação de um empreendimento, podendo até incluir o momento posterior ao encerramento do empreendimento, para aqueles que atendem a esta condição. Nela, são implementadas as medidas de prevenção, mitigação, recuperação e compensação de impactos ambientais, bem como ações de gerenciamento, avaliação, monitoramento e controle dos programas ambientais que compõem o Projeto Básico Ambiental (Sánchez, 2013). Essa etapa é considerada uma das mais importantes para a efetiva gestão dos impactos ambientais (Morrison-Saunders et al., 2003; Marshall et al., 2005; Gwimbi; Nhamo, 2016), o que tem sido um desafio e uma exigência cada vez maiores para a aprovação de projetos de infraestrutura.

De acordo com Marshall et al. (2005), os quatro elementos estruturais da Etapa de Acompanhamento são: (1) monitoramento (coleta de dados e informações sobre a qualidade ambiental antes e depois da implantação das ações do empreendimento); (2) avaliação (verificação da conformidade usando padrões, previsões ou expectativas, bem como o desempenho ambiental das ações do empreendimento); (3) gestão (tomadas de decisões e medidas apropriadas em resposta a questões decorrentes de atividades de monitoramento e avaliação); e (4) comunicação (ação de informar às diversas partes interessadas sobre os resultados do acompanhamento, com o objetivo de demonstrar como está a implementação ou o funcionamento do empreendimento e sobre a própria AIA).

A Etapa de Acompanhamento tem a função de garantir que os objetivos estabelecidos durante a fase de planejamento da AIA sejam de fato alcançados durante as fases de implantação e operação, partindo da ideia de que as lições aprendidas com a experiência interativa ajudem a melhorar a efetividade da AIA (Morrison-Saunders et al., 2001). De acordo com Marshall et al. (2005), a execução efetiva dos programas ambientais é a única maneira de se garantir o

controle dos impactos ambientais durante a construção e operação dos projetos. Ou seja, especialmente nesta fase, os elementos estruturais e os objetivos da AIA são plenamente compatíveis com os pressupostos de capacidade adaptativa e de aprendizagem experiencial da Gestão Adaptativa (Lee, 1995; McLain; Lee, 1996; Medema et al., 2014), como proposta na Figura 2. Nela, estão apresentadas as três etapas de AIA, suas relações com as fases de planejamento, implantação e operação do ciclo de vida de um projeto (adaptado de Sánchez, 2013), bem como a inserção da estrutura adaptada de Gestão Adaptativa (Figura 1) nos laços de retroalimentação da Etapa de Acompanhamento, nas fases de implantação e operação.



Fonte: Adaptado de Sánchez (2013) e adaptado e traduzido de Allen et al. (2011).

Figura 2 – Integração da estrutura da Gestão Adaptativa à Etapa de Acompanhamento da AIA.

Para Morrison-Saunders et al. (2003), o sucesso da Etapa de Acompanhamento da AIA depende de sua capacidade adaptativa. Nesse sentido, para os autores, torna-se necessário o envolvimento das partes da sociedade envolvidas no problema, tais como: proponente (agente privado ou governamental que desenvolve o projeto), agência reguladora da AIA (agência de governo ou ainda do fundo que financia o projeto) e comunidade local. Marshall et al. (2005) e Morrison-Saunders; Arts (2005) entendem que as comunidades locais devem participar do planejamento e da gestão dos programas ambientais da Etapa de Acompanhamento e não apenas serem informadas dos seus resultados. Para eles, a adoção da aprendizagem experiencial nesta etapa da AIA, com o devido envolvimento da comunidade local, tem como benefício a incorporação de conhecimento local na tomada de decisão e no monitoramento dos programas ambientais, a construção de confiança e de parcerias.

Recentemente, Pinto et al. (2019) consideraram que o pressuposto da governança tem emergido fortemente dentre as publicações sobre AIA nos últimos anos e propuseram que este tema seja incluído como um quinto elemento da Etapa de Acompanhamento da AIA, em complemento ao que havia sido postu-

lado anteriormente por Marshall et al. (2005). Dessa forma, a sua estrutura conceitual incorpora um quinto elemento de governança que trata dos processos e estruturas garantidores da implementação dos quatro elementos anteriores. Com isso, conceitual e estruturalmente, a Etapa de Acompanhamento da AIA aproxima-se definitivamente da Gestão Adaptativa, restando saber como os seus pressupostos têm ocorrido na prática, bem como quais são as oportunidades que existem para os avanços necessários. Para isso, são analisados a seguir alguns casos que representam sucessos e insucessos sobre esta prática.

Egré e Senécal (2003) analisaram os casos das usinas hidrelétricas de Três Gargantas no Rio Yangtze (China), Ilisu no Rio Tigre (Turquia) e Urra 1 no Rio Sinú (Colômbia), e identificaram o inadequado envolvimento das comunidades locais no momento de planejamento dos programas de gestão dos impactos ambientais que são executados na Etapa de Acompanhamento da AIA. De acordo com os autores, o adequado envolvimento das comunidades locais neste momento diminui percepções equivocadas sobre os impactos sociais e ajuda os programas ambientais a focarem nas questões que as populações de fato consideram as mais importantes.

Um caso emblemático é o da revisão do plano de gestão ambiental da barragem à montante do estuário da cidade de Great Brak, em 2004 na África do Sul, 14 anos depois do início de sua operação (Slinger et al., 2005). Esse processo envolveu ampla participação da sociedade a partir de aprendizagem experiencial em processos de monitoramento participativo durante a revisão do plano de gestão ambiental. A constatação final foi que o processo migrou de uma grande preocupação inicial e conhecimento científico genérico para o aumento do conhecimento sobre o problema com o envolvimento efetivo da comunidade local.

Gallardo e Sánchez (2004) analisaram o caso da duplicação da Rodovia dos Imigrantes no estado de São Paulo e revelaram a existência de um arranjo de AIA que mostrou impactos significativos não previstos inicialmente, bem como permitiu avaliar e aprimorar medidas mitigadoras para a redução da magnitude desses impactos em um ambiente frágil do ponto de vista ecológico – o Parque Estadual da Serra do Mar. Dez anos depois, Gallardo et al. (2015) analisaram também a construção do trecho sul do Rodoanel Mário Covas de São Paulo e entenderam que os procedimentos técnicos empregados para avaliação e proposição de medidas mitigadoras foram fundamentais para reduzir os impactos ambientais sobre mananciais de abastecimento público da região metropolitana de São Paulo. Gallardo et al. (2016) analisaram esses dois casos conjuntamente e conseguiram verificar ciclos de aprendizagem e retroalimentação que permitiram corrigir falhas observadas no caso mais antigo para o mais recente. Esses casos demonstraram que o aprendizado experiencial também ocorre entre projetos diferentes, podendo contribuir com o aperfeiçoamento da própria AIA, como discutido por Sánchez e Mitchell (2017).

Sabo et al. (2017) relatam uma experiência relacionada ao Rio Mekong, responsável por prover energia e segurança alimentar para partes da China, de Myanmar, do Laos, da Tailândia, do Vietnã e do Cambodia. A partir de emprego de abordagem baseada em Gestão Adaptativa, o hidrograma da bacia foi alterado para um regime de baixo fluxo prolongado com um pulso de inundação curto, com o objetivo de alterar a dinâmica do transporte de sedimentos e de garantir rendimentos futuros para os pescadores. Conseqüentemente, esta ação garantiu a segurança alimentar para mais de 60 milhões de pessoas, com equilíbrio entre usos múltiplos, como geração de energia hidrelétrica, produção de arroz e transporte.

Nos Estados Unidos também há casos importantes implementados, especialmente, pelos proponentes de empreendimentos regulados por autoridades ambientais (Canter; Atkinson, 2010). Um deles ocorre na porção alta da bacia do Rio Mississipi que atrai cerca de 12 milhões de turistas por ano e que, nos últimos 80 anos, é objeto de impactos relacionados a barragens, agricultura, mudanças climáticas, espécies invasoras e poluição por disruptores endócrinos (Sparks, 2010). De acordo com o autor, esse cenário motivou o estabelecimento de um processo de Gestão Adaptativa para a sua reabilitação, cujos resultados foram considerados um caminho promissor para o aperfeiçoamento da Etapa de Acompanhamento da AIA dos empreendimentos causadores das degradações ambientais, nesta e em outras bacias dos Estados Unidos.

O outro caso é a bacia do Rio Colorado que abastece cerca de 40 milhões de pessoas em três estados dos Estados Unidos e no México, como um total de 22 barragens ao longo do seu percurso. Nos últimos 20 anos, tem sido executado o Glen Canyon Dam Adaptive Management Program pelo Departamento do Interior dos Estados Unidos, em parceria com o U.S. Geological Survey, com o objetivo de implantar uma estrutura de monitoramento e gestão adaptativa dos recursos pesqueiros, com subsídios para a Etapa de Acompanhamento da AIA das usinas hidrelétricas implantadas na bacia (Bair et al., 2019). De acordo com os autores, as decisões têm sido compartilhadas entre 25 grupos de diferentes setores da sociedade, incluindo alterações no regime de vazão que garantam a distribuição de água para o consumo pela população, para a produção de energia pelas usinas hidrelétricas, para manutenção de estoques pesqueiros utilizados na pesca esportiva e para a recuperação de peixes que estejam ameaçados, como é o caso do Humpback chub. De acordo com Melis et al. (2015), o aprendizado experiencial tem ocorrido, principalmente, a partir de respostas imprevistas, diferentes daquelas obtidas a partir dos modelos convencionais. Outros resultados deste demonstram que a estabilização do fluxo no Rio Colorado (na sua porção dentro do Grand Canyon), com diminuição de pulsos de vazão pela operação das barragens durante o final de semana (quando a demanda de energia elétrica é menor), pode fornecer melhores condições para a postura de ovos de espécies de insetos que servem de base para a cadeia alimentar de peixes nativos da região, como a Humpback chub (Kennedy et al., 2016).

No Brasil, em 2011, a Agência Nacional de Águas publicou a Resolução n.376, de 6 de junho de 2011 (ANA, 2011), que determinou alterações nas operações dos aproveitamentos hidrelétricos de Serra da Mesa, de Peixe Angical e de Lajeado no Rio Tocantins, durante o período de 10 junho a 20 de agosto, com o objetivo de evitar variações no regime de vazão do rio que comprometessem o uso das praias para atividades turísticas. Ainda que não haja evidências de que esta decisão tenha resultado de um processo de Gestão Adaptativa, esse é um caso emblemático de alteração do potencial de geração de energia elétrica para garantir o uso múltiplo dos recursos naturais relacionados ao reservatório das barragens, que revela a existência de oportunidades para a implantação de processos de Gestão Adaptativa associados à Etapa de Acompanhamento da AIA na fase de operação de barragens no Brasil.

Já o caso do aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte demonstra um caminho diferente. De acordo com a Nota Técnica da Sociedade Brasileira de Ictiologia (SBI, 2020), o Hidrograma de Consenso proposto pela empresa responsável pelo empreendimento demonstra a priorização do uso da água para a geração de energia elétrica que pode levar a perdas ambientais irreparáveis com impactos significativos nos sistemas socioecológicos locais, como a depleção da fauna aquática e a desestabilização da vegetação marginal. De acordo com a Nota, o Hidrograma de Consenso proposto não considerou todas as partes interessadas, como pesquisadores e comunidades locais.

O mesmo cenário de conflito entre o uso da água para geração de energia elétrica e outros usos locais é relatado por Doria et al. (2018) e Santos et al. (2018) em relação às usinas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio. Os autores discutem que mudanças no regime de vazão do Rio Madeira, em função da construção das barragens, conduziram a profundas mudanças na dinâmica hidrológica que afetam diretamente a pesca. Contudo, apesar de várias tratativas entre pescadores e a empresa, o regime de operação das usinas hidrelétricas ainda permanece como estabelecido inicialmente.

Um importante trabalho de avaliação de programas ambientais da Etapa de Acompanhamento da AIA do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte, desenvolvido pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2016), relata uma série de problemas para a execução de programas ambientais durante a construção do empreendimento. Entre os principais problemas, estão aqueles relacionados ao saneamento básico da cidade de Altamira, ao desmatamento e à degradação florestal, à proteção territorial indígena e ao aumento da transparência e das capacidades institucionais. A principal recomendação que emerge deste trabalho é que a efetividade de um processo de monitoramento – elemento essencial da Etapa de Acompanhamento da AIA – é dependente do envolvimento da sociedade durante o processo e de como esta sociedade se apropria do conhecimento.

Esses desafios não estão postos apenas para grandes usinas hidrelétricas.

Athayde et al. (2019a) analisaram as lacunas de um processo de AIA realizado para um conjunto de sete pequenas centrais hidrelétricas e uma grande barragem no Rio Cupari (tributário da Bacia do Rio Tajapós na Região Amazônica), tendo identificado deficiências importantes em relação à avaliação de impactos cumulativos realizada no processo de AIA. Os autores chamam a atenção para a possibilidade de emprego da Gestão Adaptativa como forma de fortalecer processos de Avaliação Ambiental Integrada de múltiplos aproveitamentos hidrelétricos, bem como a necessidade de fortalecimento do diálogo intersetorial a partir da participação das diversas partes interessadas em fóruns e comitês. Considerando que os impactos cumulativos resultam de relacionamentos múltiplos entre elementos e tratam de sistemas complexos dotados de altos graus de incerteza, é apropriado admitir o emprego de Gestão Adaptativa para a sua melhor avaliação e controle dentro de processos de AIA (Canter; Atkinson, 2010). Para Morrison-Saunders et al. (2001), a existência de impactos cumulativos torna ainda mais importante o envolvimento das comunidades locais na Etapa de Acompanhamento da AIA, considerando que, normalmente, estas são as partes que mais se interessam pelos impactos cumulativos ao longo do tempo.

Os empreendimentos hidrelétricos citados apresentam como características comuns o fato de estarem localizadas na região Amazônica. Em particular, as usinas hidrelétricas de Jirau, Santo Antônio e Belo Monte foram instaladas mais recentemente e demonstram o fenômeno de avanço da fronteira hidrelétrica para a Amazônia discutido por Moretto et al. (2012) nas duas últimas décadas, o que implica um enorme desafio no equacionamento dos impactos ambientais resultantes. De acordo com Athayde et al. (2019b), o desenvolvimento de abordagens baseadas em Gestão Adaptativa é especialmente promissor na região Amazônica, considerando as complexidades e incertezas de seus sistemas socioecológicos. Assim, o emprego dos pressupostos de Gestão Adaptativa para o aperfeiçoamento da Etapa de Acompanhamento da AIA de usinas hidrelétricas já instaladas na região Amazônica representa não apenas uma oportunidade para o desenvolvimento da Avaliação de Impacto Ambiental, mas sobretudo para o adequado endereçamento dos impactos que persistem sobre os sistemas socioecológicos e povos dessa região.

Neste sentido, uma importante iniciativa presente na Amazônia é a Rede Barragens Amazônicas (RBA) (ADN, 2019), criada com a missão de construir capacidades locais para o avanço da pesquisa inter e transdisciplinar sobre os impactos socioecológicos da construção de barragens hidrelétricas na Amazônia. Atualmente, a rede conta com o desenvolvimento do projeto denominado “*Amazon Dams Network: Advancing Integrative Research and Adaptive Management of Social-ecological Systems Transformed by Hydroelectric Dams*”, financiado pela *US National Science Foundation* e coordenado pela Universidade da Flórida, do qual participam pesquisadores de universidades brasileiras (Universidade Federal de Rondônia [Unir], Universidade Federal do Tocantins [UFT] e

Universidade de São Paulo [USP]), de universidades dos Estados Unidos (University of Florida e Northern Arizona University) e do US Geological Survey, com o objetivo de integrar, sintetizar e compartilhar dados e conhecimentos entre os casos de estudo dos Estados Unidos (especialmente no Rio Colorado) e da Amazônia, promovendo o intercâmbio de conhecimentos sobre experiências de Gestão Adaptativa e monitoramento a longo prazo com o envolvimento das comunidades locais.

Por fim, é necessário resgatar a ideia de que as abordagens baseadas em Gestão Adaptativa foram desenvolvidas a partir do reconhecimento da incerteza e de críticas às limitações das previsões de impactos ambientais sobre sistemas socioecológicos complexos. De acordo com Kwasniak (2010), tal reconhecimento exige que as abordagens emergentes tenham capacidade de gerar mudanças efetivas na gestão de impactos ambientais, o que não significa ferir o princípio da precaução e sobrepujar a prevenção que fundamentam os processos de AIA, servindo de mera ação compensatória. Ou seja, a Gestão Adaptativa não pode ser um método paliativo para situações cujos impactos ambientais poderiam ter sido adequadamente previstos e evitados (Bond et al., 2015).

Conclusões

A Etapa de Acompanhamento da AIA apresenta grande semelhança estrutural com a Gestão Adaptativa e, conceitualmente, com os seus pressupostos de capacidade adaptativa, aprendizagem experiencial e governança. Porém, na prática, tem demonstrado dificuldades em incorporar tais pressupostos, especialmente na efetivação da aprendizagem experiencial a partir do envolvimento de todas as partes interessadas. Como resultado, o pressuposto da governança sequer apareceu na revisão exploratória realizada a partir deste contexto. Os poucos casos de sucesso envolvendo aprendizagem experiencial, com a devida participação das diversas partes interessadas, demonstram não apenas o melhor controle dos impactos ambientais resultantes, mas também a emergência de uma postura ativa das comunidades locais na apropriação dos problemas e dos processos de gestão.

Como desafios importantes no cenário brasileiro, revelam-se as grandes e pequenas usinas hidrelétricas implantadas na região Amazônica, onde ainda residem problemas para a devida efetivação da Etapa de Acompanhamento, considerando-se a existência de contextos socioecológicos dotados de grandes complexidades e incertezas. Por fim, resta claro que o compromisso de se empregar os pressupostos da Gestão Adaptativa para o aperfeiçoamento da Etapa de Acompanhamento da AIA, ou de qualquer outro instrumento, é um exercício que não pode significar, em hipótese alguma, prática de negligência com o princípio da precaução e com a devida prevenção dos impactos, os quais fundamentam a AIA enquanto instrumento de política ambiental.

Agradecimentos – Agradecemos a todas as agências que deram suporte financeiro às atividades de colaboração interdisciplinar e interinstitucional que resultaram neste

artigo: à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) (Processo n.88887.371504/2019-00), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo n.303542/2020-9), à National Science Foundation (NSF) (Grant n.1617413), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) (Processos n.2013/14111-9, n.2015/20288-1 e n.2019/18.988-9), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Agência Nacional de Águas (ANA) (Processo n.2180/2017). Gostaríamos também de agradecer ao Conservation and Development Program (TCD), ao Center for Latin American Studies at University of Florida (UF) e à Amazon Dams Network (ADN) pelo apoio institucional e suporte.

Referências

ADN, Amazon Dams Network. Rede Barragens Amazônicas. Disponível em: <<http://amazondamsnetwork.org/>>. Acesso em: 1 fev. 2019.

ALLEN, C. R. et al. Adaptive management for a turbulent future. *Journal of Environmental Management*, v.92, n.5, p.1339-45, 2011.

ANA, Agência Nacional das Águas. Resolução n.376 de Junho de 2011, 2011.

ATHAYDE, S. et al. Improving policies and instruments to address cumulative impacts of small hydropower in the Amazon. *Energy and Policy*, v.132, p.265-71, 2019a.

ATHAYDE, S. et al. Mapping research on hydropower and sustainability in the Brazilian Amazon: advances, gaps in knowledge and future directions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v.37, p.50-69, 2019b.

BAIR, L. S. et al. Incorporating social-ecological considerations into basin-wide responses to climate change in the Colorado River Basin. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v.37, p.14-19, 2019.

BLUMENTHAL, D.; JANNINK, J. L. A classification of collaborative management methods. *Conservation Ecology*, v.4, n.2, 2000.

BOND, A. et al. Managing uncertainty, ambiguity and ignorance in impact assessment by embedding evolutionary resilience, participatory modelling and adaptive management. *Journal of Environmental Management*, v.151, p.97-104, 2015.

BRANCO, E. A. et al. O sistema terrestre (land system) como plataforma de integração e interpretação das complexas relações ambiente-sociedade. *Sustentabilidade em Debate*, v.8, n.3, p.111-25, 2017.

BRANCO, S. M. *Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente*. São Paulo: Edgar Blücher, 2014.

CANTER, L.; ATKINSON, S. F. Adaptive management with integrated decision making: an emerging tool for cumulative effects management. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v.28, n.4, p.287-97, 2010.

CURI, K. Environmental Impact Assessment from the Point of View of a Developing Country. In: NATO. *Environmental Impact Assessment*. NATO ASI Series. Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Environmental Impact Assessment, Chateau de Bonas, Toulouse, France, 1981.

DORIA, C. R. C. et al. Review of Fisheries Resource Use and Status in the Madeira

- River Basin (Brazil, Bolivia, and Peru) Before Hydroelectric Dam Completion. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, v.26, n.4, p.494-514, 2018.
- ÉGRÉ, D.; SENÉCAL, P. Social impact assessments of large dams throughout the world: Lessons learned over two decades. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v.21, n.3, p.215-24, 2003.
- FGV, Fundação Getúlio Vargas. *Indicadores de Belo Monte*. Um diálogo entre condicionantes do licenciamento ambiental e o desenvolvimento local, 2016.
- FISCHER, J. et al. Advancing sustainability through mainstreaming a social-ecological systems perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v.14, p.144-9, 2015.
- FOLKE, C. et al. Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*, v.30, p.441-73, 2005.
- FOLKE, C. et al. Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society*, v.15, n.4, 2010.
- GALLARDO, A. L. C. F.; SÁNCHEZ, L. E. Follow-up of a road building scheme in a fragile environment. *Environmental Impact and Assessment Review*, v.24 n.1, p.47-58, 2004.
- GALLARDO, A. L. C. F. et al. Improving effectiveness of mitigation measures in EIA follow-up: The case of a highway construction in Brazil. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, v.26 n.4, p.518-37, 2015.
- GALLARDO, A. L. C. F. et al. Linking Environmental Assessment and Management of Highway Construction in Southeastern Brazil. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, v.18, n.1, p.1-27, 2016.
- GRAY, S. A. et al. Using fuzzy cognitive mapping as a participatory approach to analyze change, preferred states, and perceived resilience of social-ecological systems. *Ecology and Society*, v.20, n.2, 2015.
- GUNDERSON, L. Resilience, flexibility and adaptive management - antidotes for spurious certitude? *Conservation Ecology*, v.3, n.1, p.7, 1999.
- GWIMBI, P.; NHAMO, G. Benchmarking the effectiveness of mitigation measures to the quality of environmental impact statements: lessons and insights from mines along the Great Dyke of Zimbabwe. *Environment, Development and Sustainability*, v.18, p.527-46, 2016.
- HOLLING, C. S. Adaptive environmental assessment and management. *Wiley IIASA international series on applied systems analysis*, 1978.
- KENNEDY, T. A. et al. Flow management for hydropower extirpates aquatic insects, undermining river food webs. *BioScience*, v.66, n.7, p.561-75, 2016.
- KWASNIAK, A. J. Use and abuse of adaptive management in environmental assessment law and practice: a Canadian example and general lessons. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, v.12, n.4, p.425-68, 2010.
- LEBEL, L. et al. Governance and the capacity to manage resilience in regional social-ecological systems. *Ecology and Society*, v.11, n.1, 2006.
- LEE, K. N. 1993. *Compass and Gyroscope: Integrating Science and Politics for the Environment*. Washington: Island Press, 1995.

- LEES, J. et al. Analysis of Uncertainty Consideration in Environmental Assessment: An Empirical Study of Canadian EA Practice. *Journal of Environmental Planning and Management*, v.59, n.11, p.2024-44, 2016.
- LEVIN, S. et al. Social-ecological systems as complex adaptive systems: Modeling and policy implications. *Environment and Development Economics*, v.18, n.2, p.111-32, 2013.
- MAGNUSZEWSKI, P. et al. Conceptual modeling for adaptive environmental assessment and management in the Barycz Valley, Lower Silesia, Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v.2, n.2, p.194-203, 2005.
- MARSHALL, R. et al. International principles for best practice EIA follow-up. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v.23, n.3, p.175-81, 2005.
- MCLAIN, R. J.; LEE, R. G. Adaptive Management: Promises and Pitfalls. In: *Environmental Management*, v.20, p.437-48, 1996.
- MEDEMA, W. et al. Integrating adaptive learning into adaptive water resources management. *Environmental Engineering and Management Journal*, v.13, n.7, p.1801-16, 2014.
- MELIS, T. S. et al. Surprise and opportunity for learning in Grand Canyon: The Glen Canyon dam adaptive management program. *Ecology and Society*, v.20, n.3, 2015.
- MORETTO, E. M. et al. Histórico, Tendências e Perspectivas no Planejamento Espacial de Usinas Hidrelétricas Brasileiras. A Antiga e a Atual Fronteira Amazônica. *Ambiente e Sociedade*, v.XV, n.3, p.141-64, 2012.
- MORRISON-SAUNDERS, A.; ARTS, J. Learning from experience: emerging trends in environmental impact assessment follow-up. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 23, n. 3, p. 170-4, 2005.
- MORRISON-SAUNDERS, A.; BAKER, J.; ARTS, J. Lessons from practice: Towards successful follow-up. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v.21, n.1, p.43-56, 2003.
- MORRISON-SAUNDERS, A. et al. Roles and stakes in environmental impact assessment follow-up. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v.19, n.4, p.289-96, 2001.
- NOBLE, B. F. Strengthening EIA through adaptive management: a systems perspective. *Environmental Impact Assessment Review*, v.20, p.97-111, 2000.
- OSTROM, E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, v.325, n.5939, p.419-22, 2009.
- PINTO, E. et al. Distilling and Applying Criteria for Best Practice EIA Follow-Up. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, v.21, n.2, 2019.
- REED, M. S. et al. What is social learning? *Ecology and Society*, v.15, n.4, 2010.
- RESILIENCE ALIANCE. *Assessing Resilience in Social-Ecological Systems: Workbook for Practitioners. Workbook for practitioners. Version 2.0*, 2010.
- RIST, L. et al. Adaptive management: Where are we now? *Environmental Conservation*, v.40, n.1, p.5-18, 2013.
- SABO, J. L. et al. Designing river flows to improve food security futures in the Lower Mekong Basin. *Science*, v.358, n.6368, 2017.
- SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. *Oficina de Textos*, São Paulo: s. n., 2013.

- SÁNCHEZ, L. E.; MITCHELL, R. Conceptualizing impact assessment as a learning process. *Environmental Impact Assessment Review*, v.62, p.195-204, 2017.
- SANTOS, P. C. et al. The decline of fisheries on the madeira river, Brazil: the high cost of the hydroelectric dams in the Amazon basin. *Fisheries Management and Ecology*, v.5, p.380-91, 2018.
- SBI, Sociedade Brasileira de Ictiologia. *Parecer sobre a Nota Técnica NE-PR-SSAI-NT-0346-0 "Estudos experimentais para mitigação de impactos sobre peixes e quelônios na Volta Grande do Xingu"*. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos – NAEA, 2020.
- SCHEFFER, M. *Critical transitions in nature and society*. Princeton: Princeton University Press, 2009.
- SLINGER, J. H. et al. From impact assessment to effective management plans: Learning from the Great Brak Estuary in South Africa. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v.23, n.3, p.197-204, 2005.
- SPARKS, R. E. Forty years of science and management on the Upper Mississippi River: An analysis of the past and a view of the future. *Hydrobiologia*, v.640, n.1, p.3-15, 2010.
- TURNER, B. L. et al. *Land-Use and Land-Cover Change, Science/Research Plan*. IGBP Report No. 35/HDP Report n.7, Stockholm, Sweden, and Geneva, Switzerland, 1995.
- WESTLEY, F. *Governing design: the management of social systems and ecosystem maintenance*. In GUNDERSON L. H. et al. Barriers and bridges to the renewal of ecosystems and institutions. New York: Columbia University Press, 1995. p.391-427.
- WILLIAMS, B. K.; BROWN, E. D. Adaptive management: From more talk to real action. *Environmental Management*, v.53, n.2, p.465-79, 2014.

RESUMO – O emprego de abordagens baseadas em Gestão Adaptativa representa uma oportunidade para o aperfeiçoamento da Etapa de Acompanhamento da Avaliação de Impacto, considerando as afinidades conceituais que existem entre suas estruturas. Na prática, há casos que demonstram o aumento da capacidade adaptativa baseado em aprendizado experiencial, o que requer arranjos de governança que sejam capazes de garantir o efetivo envolvimento das diversas partes da sociedade no próprio processo de tomada de decisão. De toda forma, a Gestão Adaptativa é uma abordagem promissora, o que não pode significar o desrespeito aos princípios da precaução e da prevenção que fundamentam os processos de Avaliação de Impacto Ambiental, servindo de mero paliativo para situações cujos impactos ambientais poderiam ter sido previstos e evitados.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação de Impacto Ambiental, Gestão Adaptativa, Sistemas socioecológicos, Complexidade, Incerteza.

ABSTRACT – Approaches based on adaptive management are an opportunity to improve the Environmental Impact Assessment (EIA) follow-up, considering the conceptual affinities between their structures. Some cases demonstrate an increase in adaptive capacity, based on experiential learning, despite a lack of governance arrangements able to guarantee the effective involvement of different parts of society in the decision-making process. Finally, adaptive management is a promising approach for EIA follow-up, whi-

ch does not mean abrogating the principles of precaution and prevention that underlie EIA processes, serving as a mere palliative for situations whose environmental impacts might have been predicted and prevented.

KEYWORDS: Environmental Impact Assessment, Adaptive management, Socioecological systems, Complexity, Uncertainty.

Evandro Matheus Moretto é professor Associado da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH), Universidade de São Paulo (USP). @ – evandromm@usp.br / <https://orcid.org/0000-0002-8082-387X>.

Simone Athayde é professora associada do Department of Global and Sociocultural Studies (GSS) and Latin American and Caribbean Center (LACC), Florida International University (FIU). @ – sathayde@fiu.edu / <https://orcid.org/0000-0002-3820-6595>.

Carolina Rodrigues da Costa Doria é professora associada do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Rondônia (Unir). @ – carolinarcdoria@unir.br / <https://orcid.org/0000-0003-1638-0063>.

Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo é professora associada do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), professora associada do Programa de Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis da Universidade Nove de Julho (Uninove). @ – amariliggallardo@usp.br / <https://orcid.org/0000-0002-5169-997X>.

Neiva Cristina de Araujo é professora adjunta da Universidade Federal de Rondônia (Unir). @ – neiva.araujo@unir.br / <https://orcid.org/0000-0003-3252-4514>.

Carla Grigoletto Duarte é professora da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas (ICAQF). @ – carla.duarte@unifesp.br / <https://orcid.org/0000-0003-2129-7117>.

Evandro Albiach Branco é pesquisador do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). @ – evandro.albiach@inpe.br / <https://orcid.org/0000-0002-1132-8250>.

Sergio Mantovani Paiva Pulice é pesquisador bolsista no Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). @ – sergio.pulice@inpe.br / <https://orcid.org/0000-0002-4885-5652>.

Daniel Rondineli Roquetti é pesquisador no Programa de Desenvolvimento Local do Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGVCes). @ – drroquetti@gmail.com / <https://orcid.org/0000-0001-7472-2602>.

Recebido em 25.5.2020 e aceito em 18.2.2021.

^I Universidade de São Paulo, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, São Paulo, São Paulo, Brasil.

^{II} Florida International University, Department of Global and Sociocultural Studies and Latin American and Caribbean Center, Florida, Estados Unidos.

^{III, V} Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Biologia, Porto Velho, Rondônia, Brasil.

^{IV} Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica, São Paulo, São Paulo, Brasil.

^{VI} Universidade Federal de São Paulo, Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas, Diadema, São Paulo, Brasil.

^{VII, VIII} Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Ciência do Sistema Terrestre, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

^{IX} Fundação Getúlio Vargas, Programa de Desenvolvimento Local do Centro de Estudos em Sustentabilidade, São Paulo, São Paulo, Brasil.