

**O desastre de Mariana e suas consequências sociais,
econômicas, políticas e ambientais: porque evoluir
da abordagem de Gestão dos recursos naturais para
Governança dos recursos naturais?**

**Mariana's disaster and its social, economic, political
and environmental consequences: why to evolve from
Management of natural resources to the Governance
approach?**

**El desastre de Mariana y sus consecuencias sociales,
econômicas, políticas y ambientales: ¿Porque evolu-
ir Del nivel de Gestión para Governança de los recur-
sos naturales?**

Francisco Antônio Rodrigues Barbosa^{1*}, Paulina Maria Maia-Barbosa¹, Andrea Maria Amaral Nascimento², Arnola C. Rietzler¹, Maione W. Franco¹, Thecia Alfenas Paes¹, Mariana Reis², Karen Ann F. Moura¹, Marcela França Dias², Marcelo de Paula Ávila², Lucas Antonio G. de Oliveira¹

1 Laboratório de Limnologia, Ecotoxicologia e Ecologia Aquática - LIMNEA - Departamento de Biologia Geral - ICB/UFMG

2 Laboratório de Genética de Microrganismos - Departamento de Biologia Geral - ICB/UFMG

* Professor Titular de Ecologia/Limnologia - Coordenador do Projeto PELD-CNPq/UFMG e Vice-Coordenador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Recursos Minerais, Água e Biodiversidade- INCT-Acqua

RESUMO

Neste artigo é apresentada uma síntese dos impactos causados pelo rompimento da barragem de rejeitos do Fundão sobre a bacia do Rio Doce e suas consequências sociais, econômicas, políticas e ambientais. São apresentadas evidências destes impactos nos ecossistemas aquáticos representativos da bacia do Rio Doce, a partir de dados e análises obtidos de quatro pontos de amostragem e medições previamente selecionados desta bacia. É também objeto de análise a estrutura e o funcionamento do Sistema de Gestão de Recursos Naturais adotado pelo Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia Legal-MMA. Esta análise visa demonstrar suas limitações na solução de problemas ambientais e justificar a mudança deste nível para o estado de Governança dos recursos naturais, como alternativa para lidar com a complexidade e necessidades atuais e com as diferentes dimensões da Governança dos recursos naturais. Finalmente, são propostas algumas sugestões para mitigar os impactos e promover mudanças estruturais e funcionais importantes nas ações antrópicas na bacia. Neste sentido, é sugerido o status de bacia hidrográfica dedicada a conservação e uso sustentável dos recursos naturais, para o que será necessário a implementação de novos arranjos nos diferentes segmentos sociais, econômicos, políticos e ambientais desta bacia.

Palavras-chave: impactos antrópicos; rompimento de barragem; bacia do Rio Doce; consequências; sistema de gestão e sistema de governança de recursos naturais; bacia hidrográfica dedicada a conservação.

ABSTRACT

We present a synthesis of the impacts of the Fundão tailing dam failure, Rio Doce watershed. We emphasize their social, economic, political and environmental consequences. Evidence of such impacts on four representative sites of this watershed is presented. The structure and functioning of natural resource management by the Brazilian Ministry of Environment (MMA) is also analyzed. It aims to demonstrate limitations in solutions of environmental problems and propose governance of natural resources in its different, complex and necessary dimensions. Finally, suggestions to mitigate impacts and promote structural and functional changes in anthropogenic actions are made. In this context, a watershed status involving conservation and sustainable use of natural resources is suggested. Adjustments are suggested in all segments for implementation of the governance approach.

Keywords: anthropogenic impacts; Rio Doce watershed; social, economic, political and environmental consequences; management of natural resources; governance of natural resources; watershed dedicated to conservation

Palabras-clave: impactos antrópicos; cuenca del Rio Doce; consecuencias sociales, econômicas, políticas y ambientales; sistema de manejo de recursos naturales; sistema de Gubernancia; cuenca hidrográfica dedicada a la conservación.

O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO: A TRAGÉDIA ANUNCIADA

O rompimento da barragem do Fundão (Samarco/BHP-Billiton/Vale) em 5 de novembro 2015 e os eventos e impactos que se seguiram foi o maior desastre da mineração no país e, provavelmente, o maior desastre ambiental ocorrido no Brasil. Alguns números veiculados à época suportam este adjetivo: um volume de lama da ordem de 40 bilhões de litros, impactos notados em toda a extensão do rio (c. 853 km!) e posteriormente em toda a região da foz e zona costeira do Espírito Santo, 19 mortes confirmadas aproximadamente 320.000 pessoas afetadas, inclusive boa parte delas sem abastecimento de água por um período considerável, provavelmente perda de biodiversidade, inclusive de espécies endêmicas embora ainda não avaliada.

Pensando em ações/recursos para mitigar os impactos deste mega desastre, merecem destaque os números apontados, como o lucro das empresas nos últimos 2 anos de c. US\$1,245 bilhão, gastos das prefeituras para atendimentos e ações emergenciais da ordem de R\$150 milhões e proposta de formação de um fundo de US\$20 bilhões, ao longo de 10 anos, para cobrir despesas com recuperação de áreas, socorro às vítimas, indenizações, que promove disputas entre os segmentos envolvidos: atingidos, governos locais, ministério público e as empresas envolvidas. Tudo isso junto é bastante complexo e faz deste desastre o melhor atestado da falência do sistema de gestão vigente no país e a urgente necessidade de sua substituição por um sistema moderno e eficiente de governança dos recursos naturais. Este sistema permitiria ações integradas nos níveis local, regional e nacional dos diferentes atores envolvidos direta e indiretamente neste desastre. Esta é a tese central que pretendemos comprovar ao longo deste artigo.

Quais as possíveis causas deste desastre?

Quem vem acompanhando as notícias percebe, claramente, não haver ainda consenso sobre o que teria causado um desastre de tais proporções. A empresa responsável alega não ter havido qualquer indicação prévia de que este rompimento iria acontecer, embora admita que aumentou a produção de minério para o que seria inevitável a produção de mais rejeitos a serem acumulados no sistema de barragens construído para este fim. Teria sido o resultado de mais chuvas na região? Uma consequência indireta de abalos sísmicos frequentes? Excesso de confiança no sistema de monitoramento implantado? Negligência no monitoramento das condições da barragem de rejeitos?

Difícil responder agora, mas no futuro deveremos saber a verdade! A última notícia divulgada é que houve a “liquefação dos rejeitos” pelo excesso de água armazenada na barragem de rejeitos e com isto a sua estrutura foi irremediavelmente alterada resultando no seu rompimento. Tecnicamente isto deveria ter sido previsto e o desastre evitado mas... foi tão simplesmente negligência no monitoramento? Excesso de confiança e fé que isto não aconteceria? Não podemos dizer com certeza, não estávamos lá nem participamos das manobras e ações rotineiras da empresa, mas o fato que seis pessoas foram indiciadas e deverão responder pela responsabilidade técnica do desastre nos mostra, claramente, que este poderia sim ter sido evitado! Na verdade, a decisão de instalar a barragem de contenção de rejeitos a montante da localidade de Bento Rodrigues e Barra Longa foi mesmo uma decisão errada possivelmente justificada por razões prioritariamente econômicas e com pouca ou nenhuma consideração aos aspectos sociais, históricos, ambientais e de segurança!

Evidências (algumas) dos impactos causados pelo rompimento da barragem do Fundão em Mariana-MG

Ao longo de semanas ficamos todos perplexos com a escala do desastre causado pelo rompimento da barragem do Fundão: um mar de lama rio abaixo, levando tudo o que encontrava no caminho, desde pessoas, plantações, bois, cavalos, porcos e cabritos até lixo, entulho e tudo mais existente no seu trajeto alterado pelos 40-60 milhões de metros cúbicos de lama! Muito triste ver peixes se debatendo, tentando respirar e cada vez mais sendo enterrados nesta lama! Pequenas centrais hidrelétricas tiveram sua barragem de água substituída por rejeito e lama. Também desapareceram moluscos, plantas aquáticas, vegetação ribeirinha e até o limo das pedras que serve de alimento para os animais aquáticos. A paisagem geral ao longo do rio que transbordava era do tipo “lunar” mais evidente ainda pelo brilho escuro do minério de ferro em suspensão e que se depositava instantaneamente, tamanha sua concentração na água. Na medida em que se depositava e secava ia cobrindo o leito, as margens, as áreas do entorno. Chegando em Barra Longa vindo de jusante, impossível não se emocionar com a extensão e o deserto de lama depositada pelo Ribeirão do Carmo, importante afluente da margem esquerda do Rio Doce logo abaixo do epicentro do desastre.

Alguns resultados de medições feitas em pontos representativos da bacia atestam a degradação da qualidade da água, dos sedimentos e da bacia hidrográfica, como um todo (ver por ex. Relatórios técnicos do IGAM-MG). Um exemplo de medições feitas em quatro pontos de amostragem na água de afluentes e no Rio Doce em novembro e dezembro de 2015, exceto para o ponto de Governador Valadares (15/11/2015) pelo grupo de pesquisas do LIMNEA/ICB-UFMG é mostrado na Tabela 1 abaixo:

Elemento (mg L ⁻¹)	Pontos de coleta de amostras			
	Ref.	Barra Longa	Rio Casca	Gov. Val.
Al _{dis.}	0, 222	0,236	0,240	0,786
Cd _{total}	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Co _{total}	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Cu _{dis.}	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fe _{dis.}	0,298	0,106	0,088	0,957
Mg _{total}	1,514	2,159	2,006	2,300
Mn _{total}	0,028	1,535	1,588	0,727
Ni _{total}	<LQ	<LQ	0,002	<LQ
Hg _{total}	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

LQ: limite de Quantificação; Ref. Córrego Água Fria

Os níveis destes elementos nos sedimentos são consideravelmente mais elevados (>1 ordem de grandeza) e esta diferença é extremamente importante do ponto de vista da contaminação ambiental já que deverá permanecer no ambiente por um período de tempo consideravelmente mais longo. Como um exemplo, registramos as concentrações de mercúrio na água as quais estiveram abaixo do limite de detecção (2,5 µg L⁻¹) em todos os pontos amostrados, sendo 2,0 µg L⁻¹ o valor de referência para esse elemento segundo a Res. 357/2005 do CONAMA. Para o sedimento porém, os resultados do ponto Governador Valadares mostraram concentrações maiores que o valor de referência para sedimento dragado nível 1 (170 µg kg⁻¹). Chama atenção a diferença de sólidos totais encontrados nos pontos impactados em comparação ao ponto de referência, um afluente do Rio Carmo em Barra Longa não atingido pela lama (Figura 2).

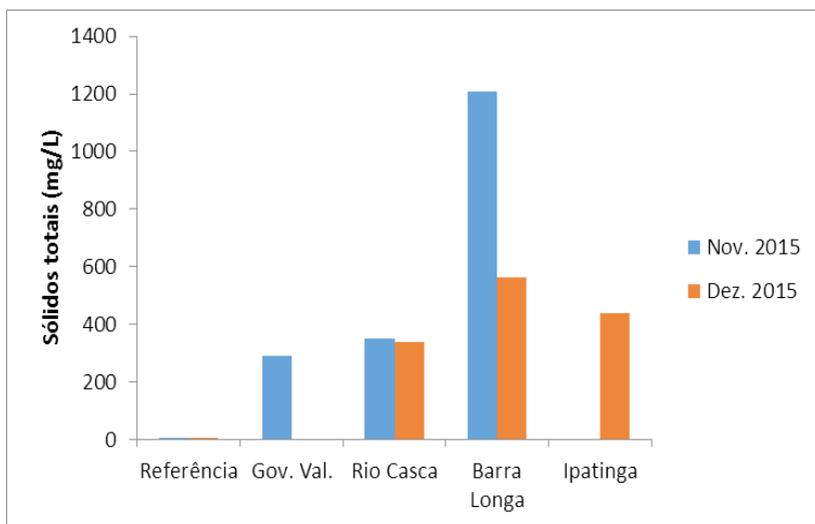


Figura 2. Sólidos totais nos pontos amostrados em duas coletas após o desastre.

Testes de laboratório visando definir o grau de toxicidade da água e dos sedimentos a diferentes organismos foram realizados. Assim, foi avaliada a exposição a diferentes diluições da água impactada pelo rejeito (0, 10, 20, 50 100%) de dois pontos da bacia: Referência (Córrego Água Fria) e Barra Longa (Rio do Carmo), comparando-se uma espécie de Cyanobacteria (*Microcystis novacekii*) e uma espécie de Chlorophyceae (*Chlorella vulgaris*). No ponto Barra Longa a exposição a apenas 10% de rejeito já mostrou redução significativa do crescimento após 96 horas.

Os testes com *Chlorella vulgaris* mostraram não existir qualquer efeito no crescimento desta espécie em todas as concentrações testadas. Estes resultados permitem concluir que a água afetada pelo rejeito exerceu influência no crescimento de *M. novacekii*, mas não foi possível perceber tal efeito em *C. vulgaris*.

A composição e diversidade das comunidades bacterianas de sedimento e água dos pontos amostrados foram investigadas, usando abordagem independente de cultivo. Análise da beta diversidade revelou que as comunidades bacterianas do sedimento e da água foram claramente separadas entre os rios impactados pela lama e o Córrego Água Fria (Referência). Destaca-se que a comunidade bacteriana do Córrego Água Fria foi consideravelmente a mais dissimilar das comunidades. Além disso, a análise taxonômica baseada no gene de rRNA 16S mostrou a presença de grupos taxonômicos exclusivos do Córrego Água Fria ou dos rios impactados. Estes resultados enfatizam a importância da comunidade bacteriana e seus padrões de diversidade e distribuição, como indicadora de qualidade do ecossistema aquático.

Foram também realizados testes de toxicidade com organismos zooplancônicos, tendo sido avaliado o efeito das concentrações de rejeito sobre a eclosão de ovos de resistência de *Daphnia ambigua*, um microcrustáceo da Ordem Cladocera, mantidos em água de cultivo de organismos zooplancônicos em condições de laboratório. Não foram observadas diferenças significativas nas taxas de eclosão dos ovos de resistência mantidos para eclodir nas águas coletadas nos diferentes pontos em novembro 2015 indicando, portanto, não haver efeito de toxicidade da água destes ambientes na eclosão dos ovos de resistência.

Outros testes de toxicidade conduzidos com amostras de água coletadas em novembro e dezembro de 2015 não mostraram efeito agudo à *Daphnia similis*. Entretanto, apresentaram efeito crônico à *Ceriodaphnia silvestrii* na 2ª campanha para o ponto de amostragem Barra Longa (P2).

Quanto às amostras de sedimento das duas campanhas, verificou-se efeito de toxicidade crônica para o ponto Rio Casca em novembro de 2015 e para todos os pontos de amostragem, incluindo o ponto de referência em dezembro de 2015. A comparação dos resultados dos

testes de toxicidade crônica utilizando o teste Bonferroni (Toxstat 3.0), mostrou, portanto, efeito crônico aos organismos zooplancctônicos expostos a amostras da bacia do Rio Doce, tanto para água quanto para sedimento, evidenciando uma degradação das condições ambientais e particularmente da qualidade das águas da bacia.

A (crise) da gestão ambiental no Brasil

De certa maneira estamos meio que “acostumados” a ouvir que o Brasil tem uma legislação ambiental das mais avançadas do mundo, o que certamente nos enche de orgulho/vaidade. No entanto, observando alguns aspectos da área ambiental no Brasil, como é o caso por exemplo do saneamento básico, fica evidente que embora a legislação ambiental possa ser avançada, a aplicação da lei (reinforcement of the law) é completamente deficiente e limitada. Assim, o total de municípios com coleta de esgoto e fossa séptica chegou a 41,9% em 2013, aumentando de 63,3% para 64,3%; no caso da coleta de lixo, as residências atendidas aumentaram 3,2% em 2013, em comparação a 2012, passando de 56,6 milhões para 58,4 milhões e totalizando 89,8% de habitações. Apesar destes avanços, o Brasil trata apenas 37,4% dos esgotos coletados (PNAD, 2014) e como consequência direta disto não menos que 60% das internações hospitalares se devem a doenças de veiculação hídrica, com destaque para as chamadas diarreias.

Este talvez seja um bom exemplo para explicar a estrutura e funcionamento da gestão ambiental no Brasil. O Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, o popularmente conhecido MMA, pode ser considerado “do 2º Escalão” senão pela sua importância no dia-a-dia da política brasileira, mas principalmente pelo seu orçamento e pela falta de clareza e entendimento nacional das suas políticas e ações.

Estruturalmente, o MMA está calcado na Lei Federal 9.433/97, a chamada “Lei das Águas” que definiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos e como mecanismos de ação o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), composto pelo conjunto de instrumentos jurídicos e administrativos que permitem a gestão dos recursos hídricos a partir da adoção da bacia hidrográfica como a unidade básica de gestão. Ressalte-se que este foi um importante avanço dotar o país de uma unidade básica de gestão.

O SNGRH é composto, basicamente, dos seguintes instrumentos de gestão:

- Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH
- Secretaria de Recursos Hídricos –SRH/MMA
- Agência Nacional de Águas – ANA/MMA
- Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos – CERH
- Secretarias Estaduais de Recursos Hídricos – SERH
- Comitês de bacias hidrográficas - CBHs
- Agências de bacias hidrográficas - ABHs

E para exemplificar o caráter “moderno” e atual de nosso sistema de gestão estão listadas abaixo as atribuições dos comitês de bacias hidrográficas, órgãos colegiados formados por representantes da comunidade, usuários de água e representantes de governo e que tem a Agência de Bacia como sua secretaria executiva (Art. 38):

- i) Promover o debate sobre as questões relacionadas aos recursos hídricos e fazer articulações entre as entidades intervenientes;
- ii) Arbitrar conflitos;
- iii) Aprovar o Plano de Recursos Hídricos e acompanhar sua execução;
- iv) Estabelecer mecanismos de cobrança;
- v) Estabelecer critérios e promover rateios de custos das obras de uso múltiplo e interesse comum.

Como se pode ver, pelo menos em tese, as atribuições acima listadas são verdadeiramente atuais e absolutamente pragmáticas, o que não quer dizer na prática que o sistema funcione bem e que temos conseguido resolver os maiores problemas ambientais relacionados aos ambientes aquáticos e seus recursos, particularmente a conservação da sua biodiversidade. O Brasil tem hoje não menos que 1.173 espécies ameaçadas de extinção, sendo 698 espécies terrestres e mamíferos aquáticos (Port. MMA nº 444/2014), 475 peixes e invertebrados aquáticos (Port. MMA nº 445/2014) – Fonte: (<http://www.icmbio.gov.br/portal/comunicacao/noticias/4-destaques/6658-mma-e-icmbio-divulga-novas-listas-de-especies-ameacadas-de-extincao.html>).

Durante os anos 80, técnicos e especialistas brasileiros perceberam a necessidade de criar um sistema integrado e descentralizado de gestão. A dupla dominialidade da água entre os níveis federal e estadual criou muitas indefinições quanto ao papel de cada um. A maioria dos estados carece de capacidade técnica em aspectos cruciais para a operacionalização das decisões dos comitês, tais como a implantação de sistemas relativos à outorga, às informações, ao monitoramento e à fiscalização (Abers e Jorge, 2005).

As principais causas que têm impedido o funcionamento deste sistema nacional de gestão serão discutidas no próximo tópico, que procura demonstrar porque precisamos, urgentemente, mudar de um sistema de gestão para uma Governança Ambiental no Brasil.

Governança em substituição a Gestão: lidando com a complexidade das questões ambientais

A capacidade de uma população garantir acesso a quantidades de água com qualidade aceitável para garantir a saúde humana e dos ecossistemas em uma bacia hidrográfica e garantir proteção à vida e à propriedade contra desastres naturais - enchentes, deslizamentos, queda de barreiras, secas – (IHP/2012/IHP-VIII/1) é a essência

da chamada segurança hídrica que constitui uma questão central das políticas públicas e uma possibilidade concreta de respostas aos desafios locais, regionais e globais, como definido pela UNESCO (2012).

O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) através da iniciativa “Water Governance Facility” lançada em 2014 propôs uma nova abordagem a qual chamou “Governança da Água” para definir o conjunto dos sistemas político, social, econômico e administrativo que, direta ou indiretamente, afeta o uso, desenvolvimento e manejo dos recursos hídricos e a oferta dos serviços de água para a sociedade. Neste conjunto de sistemas, o setor água é parte de um conjunto maior que engloba o desenvolvimento de ações sociais, políticas, econômicas e que é portanto afetado por decisões externas.

Em síntese, governança da água diz respeito a: i) Formulação, estabelecimento e implementação de políticas de água, legislação e instituições e ii) Clarificação dos papéis de governos, sociedade civil, setor privado e suas responsabilidades com relação a propriedade, manejo e administração dos recursos hídricos e serviços, destacando: diálogo inter-setorial, parcerias e resolução de conflitos, direitos sobre água e licenças, papel das mulheres no manejo da água, quantidade e padrões de qualidade, burocracia e corrupção, regulação de preços e subsídios e incentivos fiscais e créditos.

De acordo com a iniciativa “Water Governance Facility (2014)” para se implementar uma Governança da Água é necessário a interação de quatro dimensões – social, que tem como escopo o desenvolvimento de ações que garantam o uso equitativo dos recursos hídricos, a dimensão econômica, que deverá garantir seu uso eficiente, a dimensão política, que deve cuidar para que sejam disponibilizadas oportunidades democráticas iguais sobre estes recursos e a dimensão ambiental, responsável por garantir meios e modos para o uso sustentável dos recursos hídricos. Atuando simultaneamente e de maneira sinérgica

estas quatro dimensões retratam a complexidade e níveis de atuação requeridos para lidar com este recurso universal, complexidade esta não necessariamente considerada pela abordagem vigente da Gestão de Recursos Hídricos, que frequentemente considera situações específicas atuando em níveis distintos.

O desastre de Mariana ocorrido em 5 de novembro de 2015 tem sido visto pelos diferentes atores envolvidos (ministério público, empresas, órgãos ambientais, organizações não-governamentais e sociedade em geral) sob esta óptica da Gestão específica de problemas a níveis local (impactos sobre as localidades de Bento Rodrigues e Barra Longa, por exemplo) ou impactos na faixa costeira do Espírito Santo. Numa visão de Governança da água a nível da bacia hidrográfica do Rio Doce estes impactos e suas consequências seriam analisados simultaneamente segundo as quatro dimensões acima descritas com possibilidades de resultar em propostas de ações certamente mais efetivas e com melhores chances de solução dos problemas detectados.

Propostas de recuperação para a bacia do Rio Doce: a Governança da água a nível de bacia hidrográfica

É inegável a extrema urgência da adoção de ações concretas para solucionar o estado de carência absoluta dos diretamente atingidos pelo rompimento da barragem do Fundão: só em Bento Rodrigues > 600 pessoas perderam tudo! Suas casas, seus pertences/valores, seus documentos, suas perspectivas! É urgente dar-lhes uma nova Bento Rodrigues, melhor equipada, mais bonita, com reais possibilidades de ajudar a estas pessoas a retomar suas vidas, voltar a sonhar! Isto implica em casas, escolas, hospitais, comércio, igrejas, lazer, oportunidades! Assim posto, fica evidente a necessidade de ações integradas a níveis local, regional, nacional já que as decisões, os recursos, a vontade política e a definição de ações emergenciais e continuadas deverão ser tomadas nestes níveis e de forma coordenada e praticamente simultânea. A escolha do melhor local para a instalação da nova Bento Rodrigues, por exemplo, deverá considerar aspectos sociais, econômicos, políticos e ambientais, já que dependerá dos recursos naturais existentes (água, terra fértil), dos recursos financeiros para a

aquisição da nova área e instalação dos novos equipamentos urbanos e da decisão política de tomar estas iniciativas.

Este é contudo apenas um exemplo de ações localizadas (município de Bento Rodrigues) e portanto ainda muito acanhado e simplista se comparado ao que precisa ser feito a nível de toda a bacia do Rio Doce. Estamos falando em 83.400 km², 853 km de extensão do rio, uma área maior que toda a França ou Bélgica, a 3ª maior bacia hidrográfica de Minas Gerais, que abriga os maiores projetos siderúrgicos do país, as maiores plantas de produção de celulose e com 3,5 milhões de habitantes distribuídos em > 230 municípios, a mais importante bacia hidrográfica totalmente incluída no sudeste! Deste total, 86% de sua área estão em Minas Gerais e 14% no Espírito Santo o que torna o Rio Doce um rio nacional. Como pensar e agir considerando toda esta área, todas as diferenças não somente entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo mas diferenças internas em cada um destes estados? Numa visão ecológica/ambiental nos parece considerar as sub-bacias formadoras do Rio Doce a melhor abordagem, já que permite considerar não somente as diferenças sociais, econômicas, políticas dos municípios envolvidos como também as diferenças no estado de conservação e uso dos recursos naturais.

A figura 3 mostra as principais sub-bacias formadoras da bacia do Rio Doce e dá um exemplo simples não apenas da área mas sobretudo das grandes diferenças a serem consideradas e que foram afetadas direta e/ou indiretamente pelo desastre de Mariana. A escolha por esta abordagem de sub-bacias é também a melhor possibilidade não somente de avaliar o grau dos impactos advindos do rompimento da barragem como muito provavelmente a melhor oportunidade de se planejar ações concretas para a recuperação e conservação da biodiversidade da bacia. Apenas a título de exemplo, vale citar a existência no trecho médio da bacia, do Parque Estadual do Rio Doce- PERD, a maior unidade de conservação do bioma Mata Atlântica em Minas Gerais, que abriga não menos de 60% da biodiversidade conhecida deste bioma! E vale destacar também o grande potencial

Tanto o Parque Estadual do Rio Doce-PERD como outras áreas preservadas na bacia deverão ser a fonte natural para a obtenção destas espécies. Em Minas Gerais destacamos a Reserva Biológica do Caraça, a Estação Biológica do Tripuí, a Estação Biológica de Caratinga e áreas selecionadas da sub-bacia do Rio Santo Antônio, principalmente no que diz respeito a ictiofauna. Certamente que a definição de quais espécies deverão ser translocadas destas áreas será conhecida após concluída a avaliação crítica do que se perdeu com o desastre, etapa esta ainda a ser iniciada com as atividades de diagnóstico e a realização de novos inventários das áreas atingidas. É evidente a importância ecológica das áreas de conservação acima listadas não só pelo seu potencial como fonte de espécies mas como áreas de conservação essenciais para a biodiversidade local e regional. Para exemplificar esta importância, indicamos abaixo alguns números conhecidos da biodiversidade existente no PERD.

Das 260 espécies de mamíferos conhecidas para a Mata Atlântica, 30% estão presentes no PERD onde são conhecidas 7 espécies de Primatas! Das 325 espécies de aves da Mata Atlântica 47% estão no PERD, das 78 espécies de peixes da bacia do Rio Doce, 24 (30%) estão no PERD (Godinho, 1996), onde também foram registradas 481 spp. de cianobactérias e microalgas (Barros et al., 2013), 58 Famílias de organismos bentônicos (Marques e Barbosa, 2001) e 64% das 551 espécies de organismos do zooplâncton conhecidas para Minas Gerais. Das c. 20.000 espécies de plantas existentes na bacia do Rio Doce, 1.129 espécies foram registradas no PERD. Merece destaque o registro recente de 1 espécie nova de peixe para o PERD – *Australoheros perdi* (Teleostei: Labroidae: Cichlidae) por Ottoni et al. (2011).

Infelizmente, há que se destacar diferentes ameaças a esta expressiva biodiversidade existente no PERD, através principalmente da constante ameaça de fogo e o resultado nefasto das introduções de espécies exóticas, intencionais ou não, a partir dos anos 1970: 1 espécie de planta, 2 espécies de moluscos, 7 espécies de peixes

e até 1 espécie de Primata! Como resultado destas introduções a biodiversidade local/regional está consideravelmente ameaçada e como um exemplo recente, foi registrada a extinção local de 7 espécies de peixes! (Fragoso-Moura et al., 2016).

Por fim, mas não menos importante, é preciso considerar que a participação das comunidades residentes ao longo da bacia é essencial para o sucesso de qualquer proposta de recuperação da área. Para a implantação de um programa de monitoramento da qualidade da água numa área tão extensa é preciso criar uma rede de colaboração entre o cidadão comum e os cientistas. Esta rede, que poderá envolver como voluntários professores e seus alunos, líderes comunitários, “cientistas amadores, dentre outros, permitirá a coleta de uma quantidade maior de dados ao longo de toda a área e sem custos adicionais. A participação do cidadão comum em projetos científicos (*Citizen Science*, UNEP Year Book, 2014), tem crescido muito e constitui uma combinação da pesquisa ambiental com a educação sobre o ambiente.

Projetos desenvolvidos em parceria com a comunidade tem contribuído para o aumento do conhecimento científico e para o processo educativo, já que permitem que o cidadão comum compreenda o que é ciência e como os ambientes funcionam. Monitoramento da qualidade ambiental, observações sobre um determinado grupo de organismos ou da biodiversidade de uma determinada área, o aparecimento de espécies exóticas, são exemplos de projetos que podem ser bem sucedidos quando desenvolvidos em parceria com a sociedade. É claro que o sucesso destes projetos depende de um bom planejamento, do comprometimento da população com os objetivos propostos e, principalmente, da continuidade das ações propostas.

Um exemplo pioneiro de Citizen Science desenvolvido na bacia do Rio Doce ainda na década de 1990, por equipe multidisciplinar da UFMG, como um dos desdobramentos do projeto PADCT/CIAMB foi o treinamento de um grupo de pessoas de nível médio para atuarem

como monitores da qualidade da água – Monitores Ambientais – em pontos estratégicos da bacia do Rio Doce, particularmente na sub-bacia do Rio Piracicaba, durante o desenvolvimento do projeto. Estas pessoas receberam um treinamento intensivo e suporte teórico-prático para realizarem medições de parâmetros de qualidade de água, as quais eram repassadas para integrantes do projeto para serem interpretadas e incorporadas a uma rede de informações sobre a qualidade da água e qualidade ambiental da bacia.

Numa sociedade tecnológica como a atual, o compartilhamento dos dados pode ser feito quase que em tempo real via smartphones, redes sociais, websites. Monitores ambientais de hoje podem ser muito mais efetivos que os da década de 1990 e possivelmente sua contribuição se dará não apenas de maneira mais abrangente mas também com maiores chances de influenciar pessoas e mudar comportamentos!

Propostas de ações para a recuperação da biodiversidade da bacia do Rio Doce

- i) Realização de um amplo estudo-diagnóstico para identificar o grau/extensão do impacto sobre os ecossistemas, suas biotas e os processos mantenedores (ex. produção primária, ciclagem de nutrientes, metabolismo aquático, etc);
- ii) Considerando o conhecimento acumulado pelos programas de pesquisa (exs. PADCT/CIAMB, PELD/CNPq-UFMG, INCT-*Acqua*/CNPq/FAPEMIG) na bacia do Rio Doce é possível identificar e priorizar tributários essenciais para a re-colonização da biodiversidade desta bacia. Um estudo anterior de Vieira (2006) sugeriu o trecho do alto Rio Sto. Antônio como área importante para conservação, corroborando os estudos de Áreas Prioritárias para Conservação dos Peixes de Minas Gerais (Costa et al 1998; Drummond et al 2005). Segundo documento divulgado por Carlos Bernardo Mascarenhas Alves em 29/11/2015 –“A Tragédia do Rio Doce e seus Peixes: o que se tem dito e a

necessidade de boa informação” está em tramitação um Projeto de Lei (PL 3082/2015) para tornar esse trecho da bacia como Rio de Preservação Permanente, o que deverá limitar, consideravelmente, as atuais ameaças e expansão de empreendimentos de mineração e implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Além disso, na área ocorrem quatro espécies ameaçadas da bacia do Rio Doce e outras tantas nativas, de onde podem ser retiradas matrizes para propagação artificial e repovoamento das áreas afetadas;

- iii) Outros aspectos, não relacionados diretamente ao desastre, mas essenciais para a conservação dos tributários deverão ser considerados, destacando-se por ex. poluição por esgotos e erosão;
- iv) Ações: mapeamento por satélite das áreas atingidas; avaliação da carga de esgotos; análises físicas e químicas da água (nutrientes, metais, OD, pH, cond. e outras; avaliação da biodiversidade aquática (bactérias, cianobactérias, fitoplâncton, perifíton, zooplâncton, bentos, peixes; testes eco-toxicológicos com distintos organismos-teste (fito, zoo; ovos de resistência do zooplâncton);
- v) Considerando que o Parque Estadual do Rio Doce (PERD) detém c. 60% da biodiversidade da Mata Atlântica é razoável supor que esta Unidade de Conservação terá importância destacada para a recuperação da biodiversidade desta bacia hidrográfica, incluindo os processos básicos de sua manutenção;
- vi) Ações: avaliar qual a proporção das espécies do PERD é possível de ser utilizada na recuperação da área degradada do entorno. Avaliar bancos de dados anteriores e realizar novos inventários e monitoramentos dos tributários;

O que deverá ser feito para utilizar a biodiversidade remanescente para a recuperação de toda a bacia?

Para responder a esta questão, é nosso entendimento que, numa 2^a etapa, deverão ser realizados estudos específicos visando a recuperação das áreas criticamente degradadas e apresentadas propostas específicas de recuperação e conservação, dos quais o estudo realizado por Vieira (2006) na sub-bacia do Rio Santo Antonio constitui um exemplo

concreto para subsidiar ações de recuperação e conservação da biodiversidade da bacia do Rio Doce, no que tange particularmente a sua ictiofauna.

Concluindo e adotando uma visão moderna e efetiva de conservação de ecossistemas/paisagens e de uso sustentável de sua biodiversidade, salientamos que o grande desafio da sociedade será propor a adoção do *status* de “Bacia Hidrográfica Dedicada à Conservação e Uso Sustentável de seus recursos para a bacia do Rio Doce, que seria a 1ª bacia hidrográfica brasileira a receber este status.

Este desafio significa adotar e promover as interações necessárias entre as dimensões essenciais para a “Governança da água e dos recursos naturais” a saber: dimensão social, dimensão econômica, dimensão política e dimensão ambiental. Ao fazer isto, novos arranjos locais, regionais e nacionais deverão ser implementados o que permitirá uma efetiva Governança da água e dos recursos naturais com reais possibilidades de sucesso e aplicação. Com isto, não apenas o setor de mineração deverá mudar completamente suas formas atuais de ação e adequação as normas de proteção e uso sustentável dos recursos naturais, como todos os demais setores e atividades da sociedade moderna farão esta mudança, o que resultará na adoção verdadeira de uma abordagem, prática e ações sustentáveis. Este será, talvez, o ganho maior e mais positivo deste desastre anunciado!

Uma nova mineração: o futuro que queremos para Mariana e o Brasil

A posição brasileira na produção mineral global é digna de nota: exporta níquel, magnésio, caulim, vermiculita, cromo, ouro, é auto-suficiente em calcário, diamante industrial, titânio, cobre, tungstênio e talco. Importa fosfato, diatomita e zinco e tem uma dependência externa de carvão mineral, potássio, enxofre e terras raras. No período 2000-2011 sua produção mineral total cresceu 550% alcançando nada menos que US\$ 50 bilhões! (www.ibram.org.br). A mineração está para Minas Gerais provavelmente como os queijos e os vinhos

estão para a França. Na verdade podemos incluir também para Minas Gerais os queijos! Atualmente, mesmo com a grande queda no preço do minério de ferro e portanto ter um menor peso na balança comercial, a mineração ainda é atividade de destaque para o país e particularmente para Minas Gerais, como demonstra o nome deste importante estado da Federação.

Esta importância econômica tem contudo um grande passivo ambiental, passivo este iniciado com a exploração do ouro já no século XVIII: não havia então qualquer preocupação com as questões ambientais, nem se pensava em contaminação das áreas mineradas! Certamente que esta situação vem mudando desde o início dos anos 1970 e hoje temos uma legislação ambiental muito mais abrangente e eficiente. A legislação existe, mas a fiscalização ineficiente é um grande obstáculo para sua aplicação. Assim, ainda continuam a existir transgressões e práticas ambientalmente inadequadas com resultados muito nefastos para a qualidade ambiental e conservação dos recursos naturais.

Um bom exemplo das mudanças ocorridas pode ser visto na proposta inicial do INCT-Acqua ao tomar como uma de suas perguntas norteadoras “como compatibilizar a produção mineral com a conservação da água e da biodiversidade”. Para responde-la o INCT-Acqua propõe uma mudança do paradigma “água é um produto indispensável e valioso para a indústria da mineração” para uma visão da água como um ambiente, resultado de amplas interações entre a matriz físico-química, a biota e os processos associados que garantem a manutenção da biodiversidade de um dado ecossistema e/ou região.

Tal mudança de paradigma permitiu a proposta de uma nova visão para a mineração que passa a considerar não uma dada mina específica mas um território mineral, o qual deverá ser ambientalmente manejado. Esta nova visão deve ser a visão norteadora da nova mineração pretendida, mineração esta que deverá permitir i) uma antecipação dos impactos em lugar de sua remediação; ii) integração do manejo dos recursos hídricos com a pesquisa e desenvolvimento; iii) a conciliação

das atividades minerárias com a conservação dos recursos naturais e iv) adoção de um manejo integrado dos recursos hídricos. Tais aspectos constituem a essência da aplicação da abordagem Governança do Território Mineral, garantida pela interação das dimensões social, econômica, política e ambiental, anteriormente referidas.

Agradecimentos

Os autores agradecem as contribuições de Marcelo Augusto de Resende Costa e Thais Soares da Silva pela realização das análises de água e sedimentos, a Izabela Cristina Dias Vaz pela manutenção dos cultivos de cianobactérias e microalgas, a Claudinéia Lizieri dos Santos pelas contribuições para os experimentos de toxicidade com cianobactérias e microalgas e a Ilma A.B. de Souza pelas coletas de água e sedimento no ponto de Governador Valadares. Somos particularmente gratos a Juliano de Freitas Siqueira e Gabriela Lanna de Carvalho Siqueira, por permitirem nossas amostragens de água e sedimentos no Córrego da Água Fria-Fazenda Jurumirim, em Barra Longa-MG, utilizadas como referência para nossas medições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abers, R. e Jorge, K. D. (2005). Descentralização da gestão da água: Por que os comitês de bacia estão sendo criados? *Ambiente & Sociedade*, Vol. VIII nº. 2 jul./dez.

Barros, C. F. de A., Santos, A. M. M., Barbosa, F. A. R. (2013). Phytoplankton diversity in the middle Rio Doce lake system of southeastern Brazil. *Acta Botanica Brasílica* (Impresso), v. 27: 327-346.

Brasil-IBGE/PNAD 2014.

Costa, M.R.C.; Herrmann, G., Martins, C. S., Lins, L.V. & Lamas, I.R. (orgs.) (1998). Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas, 94 p. Ilust.

Drummond, G. M., Martins, C. S., Machado, A. B. M., Sebaio, F. A. & Antonini, Y. (2005). Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação. 2ª. Ed., Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas. 222p.

Fragoso-Moura, E. N., Oporto, L. T., Maia-Barbosa, P. M., Barbosa, F. A. R. (2016). Loss of biodiversity in a conservation unit of the Brazilian Atlantic Forest: the effect of introducing non-native fish species. *Braz. J. Biol.*, 76 (1): 18-27.

Godinho, A. L. (1996). *Peixes do Parque Estadual do Rio Doce*. Belo Horizonte: IEF/UFMG.

Marques, Maria Margarida ; Barbosa, F. A. R. (2001). Biological quality of waters from an impacted tropical watershed (middle Rio Doce basin, southeast Brazil), using benthic macroinvertebrate communities as an indicator. *Hydrobiologia* (The Hague), v. 457, n.1/3: 69-76.

Otoni, F. P., Lezama, A. Q., Triques, M. L., Fragoso-Moura, E. N., Lucas, C. C. T., Barbosa, F. A. R. (2011). *Australoherosperdi*, new species (Teleostei: Labroidae: Cichlidae) from the lacustrine region of the Doce River Valley, southeastern Brazil, with biological information. *Vertebrate Zoology*, 61 (1): 137-145.

Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios-PNAD-IBGE 2014. Publi. 18/09/2014.

Portaria MMA nº 444, de 17 de dezembro de 2014

Portaria MMA nº 445, de 17 de dezembro de 2014

(<http://www.icmbio.gov.br/portal/comunicacao/noticias/4-destaques/6658-mma-e-icmbio-divulga-novas-listas-de-especies-ameacadas-de-extincao.html>).

UNEP Year Book (2014). Emerging issues update: realizing the potential of citizen Science.

UNDP- (2014). Water Governance Facility.

Vieira, F. (2006). A ictiofauna do Rio Santo Antônio, bacia do Rio Doce, MG: proposta de conservação. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre – ICB/UFMG – Tese de Doutorado, 101 p.