

Vulnerabilidade e adaptação às variabilidades do clima na bacia Lagos São João: uma análise preliminar

Natalia Barbosa Ribeiro¹, Rosa Maria Formiga Johnsson², Denise Spiller Pena³, Glauco Kimura de Freitas⁴ e Marília Salgado Martins⁵

¹ Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ, CEP: 20550-900 – Rio de Janeiro – RJ, Brasil - nataliabribeiro@yahoo.com.br

² Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ, CEP: 20550-900 – Rio de Janeiro – RJ, Brasil - formiga.uerj@gmail.com

³ Consórcio Intermunicipal Lagos São João – CILSJ, CEP: 28970-000 – Araruama – RJ, Brasil - pea@lagossaojoao.org.br

⁴ WWF-Brazil, Programa Água para Vida, CEP: 71620-430 – Brasília – DF, Brasil - glauco@wwf.org.br

⁵ Consórcio Intermunicipal Lagos São João – CILSJ, CEP: 28970-000 – Araruama – RJ, Brasil - mariliasmartins@gmail.com

Resumo: Na bacia hidrográfica Lagos São João, as alterações do uso e da ocupação do solo ocasionaram um cenário de degradação intensa dos recursos naturais, em especial os recursos hídricos. Apesar dos impactos crescentes, a região ainda apresenta extensas áreas onde os processos hidrológicos foram preservados ou pouco alterados, o que possibilita compatibilizar os diversos usos dos recursos hídricos de forma sustentável. Desta forma, reconhecidas e caracterizadas as fragilidades ambientais da bacia, é possível planejar a bacia hidrográfica de forma a atingir o equilíbrio entre a manutenção dos ecossistemas e as necessidades crescentes da população. Somados as vulnerabilidades atuais, os impactos potenciais das variabilidades do clima precisam ser considerados em planejamentos futuros. Visando subsidiar o processo de planejamento e gestão adaptativa da bacia, o presente trabalho tem como objetivo apresentar a proposta metodológica de avaliação das vulnerabilidades, sobretudo às variabilidades climáticas, a ser aplicada na Bacia Lagos São João. Busca ainda contribuir para a avaliação da base de dados disponível e adaptação da metodologia para o estudo de caso. Este levantamento preliminar de informações objetiva subsidiar ainda a aplicação da metodologia para a bacia Lagos São João, e por sua vez, a construção de medidas de adaptação, adequadas a realidade e escala de gestão da bacia.

Palavras-chave: vulnerabilidade, adaptação, variabilidades climáticas, integridade ecológica, Lagos São João.

Abstract: In the Lagos São João Basin, use changes and land occupation caused a scene of intense environmental degradation of natural resources, especially water resources. Despite the increasing impacts, the region still has large areas where the hydrological processes have been preserved or not changed, which allows reconciling the various uses of water resources in a sustainable way. Thus, recognized and characterized the environmental vulnerabilities of the basin, it is possible to plan the basin to achieve a balance between the maintenance of ecosystems and the growing needs of the population. Taken together the current vulnerabilities, the potential impacts of climate change must be considered in future planning. Aiming to support the planning process and basin adaptive management, this paper aims to present the proposed methodology for assessing vulnerabilities, particularly to climatic variability, to be applied in Lagos São João Basin. Search also contribute to the evaluation of the available database and methodology adaptation for the case study. This preliminary survey of information further aims to subsidize the methodology application for Lagos São João Basin, and in turn, the construction of adaptation measures, appropriate to the basin reality and management scale.

Key-words: vulnerability, adaptation, climate variability, ecological integrity, Lagos São João.

Introdução

Embora a Bacia Lagos São João seja reconhecidamente um *hotspot* de biodiversidade do bioma Mata Atlântica, os ecossistemas da Bacia são constantemente ameaçados, seja pelo desmatamento, pela ocupação de encostas e impermeabilização dos solos ou, ainda, pela contaminação de mananciais (BIDEGAIN e PEREIRA, 2005). As alterações do uso e ocupação do solo da região ocasionaram um cenário de degradação ambiental intensa dos recursos naturais, em especial dos recursos hídricos.

Apesar dos impactos crescentes, a região ainda apresenta extensas áreas onde os processos hidrológicos foram preservados ou pouco alterados, o que possibilita compatibilizar os diversos usos dos recursos hídricos de forma sustentável. O conhecimento dos níveis de fragilidades presentes em uma bacia hidrográfica, por meio da integração de diversas variáveis que interferem nas potencialidades dos recursos naturais, possibilita compreender a realidade e obter uma visão mais evidente sobre quais são as opções mais adequadas para o uso e ocupação do solo (SPÖRL, 2001). O adequado uso do solo da bacia, por sua

vez, é determinante para a manutenção dos processos hidrológicos e de sua capacidade de resiliência, garantindo assim a sua integridade ecológica.

A integridade ecológica da bacia e, especificamente, de seus ecossistemas aquáticos, é considerada garantida quando todas as espécies nativas estão representadas por populações acima dos limiares de extinção; seus componentes físicos e estrutura apresentam-se conservadas e quando todos os ciclos, processos, fluxos e interações ecológicas que o mantém produtivo e dinamicamente estável, encontram-se em pleno funcionamento, ofertando permanentemente serviços e recursos ambientais e possibilitando usos múltiplos e benefícios sustentáveis para a sociedade (BIDEGAIN e PEREIRA, 2005).

No momento atual de discussão mundial sobre as mudanças climáticas, o efeito sinérgico dos estresses climáticos e não climáticos deve ser considerado nas análises de vulnerabilidade, visto a necessidade de manter ou ampliar a resiliência da Bacia (CILSJ, 2009). Nos últimos dez anos, o evento de mudanças climáticas em nível global e seus impactos potenciais sobre os recursos naturais, de modo geral, e sobre os recursos hídricos, em particular, tem despertado interesse cada vez maior não só dos pesquisadores e cientistas, mas também de tomadores de decisão, organizações não governamentais e o setor privado (ENGLE e LEMOS, 2007).

A manutenção dos processos ecológicos da Bacia depende diretamente da sua capacidade de adaptação, que pode ser definida como uma série de respostas aos impactos atuais e potenciais do clima, com o objetivo de minimizar possíveis danos sociais, ambientais e econômicos, orientando para novas oportunidades (IPCC, 2001). O desenvolvimento de uma visão de adaptação de bacias hidrográficas às mudanças climáticas baseia-se, portanto, no conhecimento das vulnerabilidades de bacias hidrográficas e do seu potencial de resiliência. Logo, é fundamental o conhecimento das vulnerabilidades da bacia frente ao cenário atual e potencial das mudanças do clima. Diversas medidas de gestão, executadas ou planejadas, necessitam ser avaliadas em função das alterações climáticas já em curso (CILSJ, 2009). Ao adotar a bacia hidrográfica como unidade de gestão, a Política Nacional de Recursos Hídricos descentralizou o processo decisório e a gestão das águas através dos comitês de bacia. As novas tendências mundiais apontam para a gestão adaptativa das águas ou governança adaptativa das águas, onde as variáveis de mudança climática passam a ser consideradas nos processos de planejamento e gestão, objetivando assim a gestão integrada dos recursos hídricos. Assim, para enfrentar os impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos faz-se necessário a implementação de medidas de adaptação para reduzir a vulnerabilidade dos recursos hídricos, promovendo uma melhor governança em nível de bacias hidrográficas (TUNDISI, 2008).

A Bacia Lagos São João é conhecida pela dinâmica de seus organismos de bacia – Comitê e Consórcio Lagos São João – que constituem atores-chave para a gestão integrada das águas. Estes organismos têm papel fundamental na identificação e quantificação das vulnerabilidades, bem como na proposição de medidas de adaptação, com o objetivo de propor um melhor uso do território da bacia. Visando subsidiar o processo de planejamento e gestão adaptativa da Bacia, o Comitê Lagos São João, em parceria com a WWF Brasil e outras instituições, desenvolveu uma metodologia de análise de vulnerabilidade, que tem como objetivo identificar e caracterizar as vulnerabilidades atuais e potenciais da Bacia Lagos São João, sobretudo aquelas relacionadas às variabilidades climáticas. Será também analisada a capacidade atual de adaptação do sistema de gestão de bacias hidrográficas e a necessidade de evoluir para uma gestão adaptativa das águas.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a proposta metodológica de avaliação de vulnerabilidades, climáticas e não climáticas, que está sendo adaptada para a Bacia Lagos São João, bem como os resultados do levantamento preliminar de informações, visando contribuir para a posterior avaliação da vulnerabilidade e capacidade de adaptação da região hidrográfica.

Metodologia de pesquisa

Com uma área de 3.825 km², a Bacia Lagos São João está localizada na porção sudeste do estado do Rio de Janeiro, entre as coordenadas geográficas 22°25" e 23°57" S e 42°40" e 41°50" O (Bidegain e Pereira, 2005). Abrange 12 municípios, sendo estes: Araruama, Saquarema, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio, Armação de Búzios, Arraial do Cabo, Iguaba Grande, Silva Jardim, integralmente situados na área da Bacia, e Rio Bonito, Maricá, Cachoeiras de Macacu, Casimiro de Abreu, parcialmente situados (Figura 1).

A análise de vulnerabilidade que está sendo desenvolvida na Bacia Lagos São João, baseia-se na metodologia utilizada pela Rede WWF para a Bacia Amazônica e para a Bacia Transfronteiriça do Alto Paraguai, que consiste em um estudo a ser realizado em etapas. A aplicação desta metodologia para a bacia Lagos São João decorreu da parceria institucional entre o Consórcio Intermunicipal Lagos São João - CILSJ, entidade delegatária do Comitê de Bacia Lagos São João, e o Programa Água para Vida do WWF Brasil. Em sua segunda fase, o programa vem atuando através da Iniciativa Água e Clima, uma parceria com o Banco HSBC, para mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

O método de avaliação de riscos baseia-se no Índice de Risco Ecológico (IRE) de Mattson e Argermeier (2007) que é, resumidamente, um processo de identificação e ranqueamento de áreas de baixo, moderado e alto risco aos ecossistemas aquáticos, baseado no dano potencial dos estressores identificados/selecionados sobre os atributos da integridade ecológica. Segundo Karr (1986), a integridade

básicas necessárias a análise de vulnerabilidade. Para a avaliação qualitativa dos dados, considerou-se a escala de 1:25.000 como escala ideal de gestão da bacia Lagos São João. O banco de dados assim concebido deve contar ainda com duas entradas de dados, os dados básicos e ainda os dados dos estressores da bacia. O banco de dados básico cumpre o papel de caracterizar a bacia e contribuir para a análise de sensibilidade do território às ameaças que se apresentam. A informação sobre os estressores contempla a localização física da ameaça considerada, como por exemplo, a ocupação irregular das áreas de preservação permanente. Os estressores que irão compor a análise devem ser facilmente identificados e seus impactos correspondentes devem ser facilmente quantificáveis. A decisão de considerar ou não um determinado estressor dependerá da disponibilidade de informações no banco de dados.

Outros dados adicionais necessários para a caracterização dos impactos das atividades humanas sobre os ecossistemas da bacia estão sendo levantados para complementar o banco de dados, tais como os pontos de captação de água e lançamento de efluentes, as redes de saneamento básico (água, esgoto e drenagem pluvial), os reservatórios, os aterros sanitários e lixões, os empreendimentos licenciados, os polígonos de mineração e outros dados disponíveis nos planos diretores municipais e no banco de dados de instituições públicas.

Resultados e discussões

Visando avaliar o quanto os dados disponíveis são adequados as necessidades de dados para a análise de vulnerabilidade, todos os *shapefiles* foram analisados e uma tabela foi produzida (Tabela 1) onde são mostrados os dados disponíveis em cada tema.

Ao avaliar qualitativamente os temas, foi possível identificar os dados correspondentes, a escala disponível e principalmente sua abrangência. O tema 'solos', por exemplo, apresenta três arquivos, que variam em escala e abrangência: o *shapefile* com escala mais próxima à escala ideal (1:25.000), foi obtido de um estudo do CILJS, em escala 1:50.000, que abrange contudo somente o entorno do reservatório de Juturnaíba, o que, a princípio, inviabilizaria sua utilização. Já o arquivo cedido pela EMBRAPA, em escala 1:100.000, abrange parte da bacia, faltando somente uma faixa que corresponde a porções dos municípios de Saquarema, Rio Bonito, Silva Jardim e Casimiro de Abreu. Por fim, o único arquivo que abrange toda a bacia foi cedido pelo Departamento de Recursos Minerais – DRM/RJ, em escala desconhecida.

Tabela 1. Base de dados disponível para a análise de vulnerabilidade.

Tema	Dado disponível	Escala	Fonte	
Solos	Classificação dos solos	<i>Shape</i> que abrange parte da BACIA	1:100.000	EMBRAPA
	Uso e ocupação do solo	<i>Shape</i> que abrange somente o entorno do reservatório de Juturnaíba.	1:50.000	CILSJ
		<i>Shape</i> que abrange toda a BACIA	Desconhecida	DRM - RJ
		<i>Shape</i> que abrange somente a bacia do rio São João	1:50.000	ICMBio
Relevo	Declividade	<i>Shape</i> para toda a BACIA	1:25.000	DRM - RJ
	Curvas de nível			
Clima	Domínios geomorfológicos	<i>Shape</i> para toda a BACIA	1:250.000	ZEE - RJ
	Isolinhas	<i>Shape</i> para toda a BACIA	1:250.000	CPRM
Geologia	Fraturnas	<i>Shape</i> para toda a BACIA	1:250.000	CPRM
Infraestrutura	Rodovias	<i>Shape</i> para toda a BACIA	Desconhecida	IBGE
	Ferrovias			
	Dutovias			
	Linhas de transmissão			
Hidrografia	Rios principais e drenagem	<i>Shape</i> para toda a BACIA	1:50.000	IBGE
	Áreas protegidas	<i>Shape</i> de todas as Unidades de Conservação	Desconhecida	INEA - RJ
Outros	Áreas de Preservação Permanente	<i>Shape</i> para toda a BACIA	1:25.000	DRM - RJ
	Cobertura Florestal	<i>Shape</i> para toda a BACIA	1:25.000	SOS Mata Atlântica

Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos de dois arquivos, um com abrangência apenas da região da Área de Proteção Ambiental da Bacia do rio São João/Mico-leão-dourado - ICMBio, e outro gerado pelo Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Rio de Janeiro – ZEE/RJ, com dados de toda a área da bacia. A classificação disponibilizada pelo ZEE/RJ é mais atualizada que a da APA/ICMBio, além de abranger toda a área da bacia.

No tema 'relevo', as curvas de nível apresentam excelente precisão, além de estar em escala adequada de 1:25.000. Com elas, foi possível gerar o modelo digital de elevação do terreno – MDT e o *hillshade*. Pela observação da superfície de relevo e das curvas de nível, é possível visualizar três regiões distintas, a porção serrana, morrotes, na forma de meia laranja, e a baixada. Os domínios geomorfológicos são uma boa forma de representação da bacia. Na caracterização geológica, estão disponíveis os dados relativos às fraturas geológicas, disponibilizada pelo Serviço geológico do Brasil – CPRM, abrangendo toda

a bacia. O CPRM disponibilizou ainda as isoietas de precipitação, em escala 1:250.000. Esses dados poderão ser utilizados na análise de sensibilidade, por caracterizar as diferentes superfícies do território.

Quanto à hidrografia e drenagem, existem três arquivos principais que abrangem a bacia em sua totalidade e *shapfiles* que caracterizam somente porções da bacia, originados de levantamentos locais em outros formatos. O principal conflito entre estes arquivos é devido ao processo de retificação, drenagem e aterramento que os cursos d'água da bacia vêm sofrendo desde a década de 70. Neste período, o Departamento Nacional de Obras e Saneamento iniciou o processo de retificação de grande parte dos cursos d'água da bacia. Outro fator são as aberturas de valas e canais, principalmente na área rural. Alguns destes são tão antigos, que em alguns casos são considerados cursos d'água. É relevante citar ainda que, o crescimento urbano também contribuiu para o aterramento de diversos corpos d'água. Devido a estas alterações, é difícil determinar quais rios permanecem e por onde corre o seu leito, e ainda se as diferenças encontradas entre as bases são ocasionadas pela escala de análise adotada ou por modificações físicas do território.

Ainda estão contempladas no banco de dados as delimitações das unidades de conservação, das áreas de preservação permanente (APP), representadas em onze categorias, e o dado de cobertura florestal, resultado do mapeamento realizado pela Fundação SOS Mata Atlântica, em escala 1:25.000. De toda a base levantada na instituição, os dados ligados ao tema infra-estrutura – rodovias, linhas de transmissão, ferrovias e dutovias – encontram-se incompletos. Essas melhorias não se referem à precisão dos dados e sim a totalidade dos dados de infra-estrutura da bacia.

Para a avaliação da sensibilidade dos ecossistemas aos estressores, é importante identificar ainda as características que diferenciam os diferentes ambientes dentro do território da bacia. Para a bacia Lagos São João essa diferenciação poderá ser feita através de algumas características do território, que possam apresentar diferenças no grau de sensibilidade destes aos estressores, e que dispõe de informações no banco de dados. Nesta avaliação inicial foi possível identificar as principais características, passíveis de serem utilizadas na análise sendo estas, a distribuição da precipitação (isoietas), os domínios geomorfológicos, à declividade a hierarquia hidrográfica (cabecera, tributários e leito principal). O cálculo da severidade e da frequência será orientado pela Tabela 2, que apresenta a relação preliminar dos estressores que poderão ser considerados na análise da bacia, bem como a proposta de medidas de frequência dos respectivos estressores nas unidades hidrológicas. Esta lista inicial de estressores e de medidas de frequência foi elaborada a partir das vulnerabilidades mapeadas na oficina, e o levantamento da base de dados disponível (Tabela 1), que foi determinante para a escolha dos estressores, e da forma de abordagem e processamento das informações.

Tabela 2. Lista preliminar dos estressores da Bacia Lagos São João, com as possíveis fontes de informação e proposta de medida de frequência a ser utilizada na análise.

Estressor	Informação relacionada ao estressor	Medida de frequência
Agricultura	Polígonos de produção agrícola	Área
Pecuária	Polígonos de pastagem Número de cabeças de gado	Área Quantidade
Vias de acesso	Extensão Cruzamento com corpos hídricos	Extensão Quantidade (pontos)
Dutovias	Extensão Cruzamento com corpos hídricos	Extensão Quantidade (pontos)
Ferrovias	Extensão Cruzamento com corpos hídricos	Extensão Quantidade (pontos)
Área urbana	Áreas sem cobertura de rede coletora Abastecimento de água Densidade populacional	Extensão Quantidade
Barramentos	Represas Tanques	Quantidade Área
Desmatamento	Conversão de áreas Pontos de infração	Área Quantidade (pontos)
Ocupação da APP	Polígonos de uso e ocupação	Área
Mineração	Polígonos de mineração Pontos de infração	Área Quantidade (pontos)
Ocupação de áreas alagadas e brejosas	Polígonos de uso e ocupação	Área
Leitos retificados	Malha retificada	Extensão
Empreendimentos licenciados	Pontos	Quantidade (pontos)
Lixões e aterros sanitários	Polígonos e pontos	Área Quantidade (pontos)
Caça e pesca	Pontos de infração	Quantidade (pontos)

A partir da lista preliminar dos estressores foi possível cruzar informações e obter alguns mapas, que poderão possivelmente ser utilizados na análise (Figura 2). A análise de vulnerabilidade a princípio não contemplará todos os estressores, devido à ausência de dados espacializados. Em alguns casos, há dados

disponíveis, porém em escala não adequada a análise, e em outros, há dados que não abrangem toda a área da bacia.

A estratégia atual para montar o banco de dados se baseia no levantamento e busca de informações pré-existentes, que na maioria das vezes foram geradas com objetivos distintos dos atuais da instituição. A consequência positiva dessa estratégia é a possibilidade de trabalhar com um grande volume de informações a baixo custo. Ao mesmo tempo, o trabalho com dados geográficos com características múltiplas, principalmente com escalas, metodologia e projeções diversas, torna-se um desafio. Ao analisar os dados disponíveis na instituição foi possível observar que grande parte não atende a escala ideal de 1:25.000, como demonstrado na Tabela 1. Para a adequação da base disponível, que contempla dados geográficos em escalas variadas, é necessário o refinando da maioria das informações. Essa adequação deve ser buscada em longo prazo, à medida que recursos, mão de obra e tempo estejam disponíveis. Este fato, porém, não inviabilizará o uso das informações disponíveis para a análise de vulnerabilidade, sendo adotado como critério apenas o uso de dados que contemplem toda a área da bacia hidrográfica.

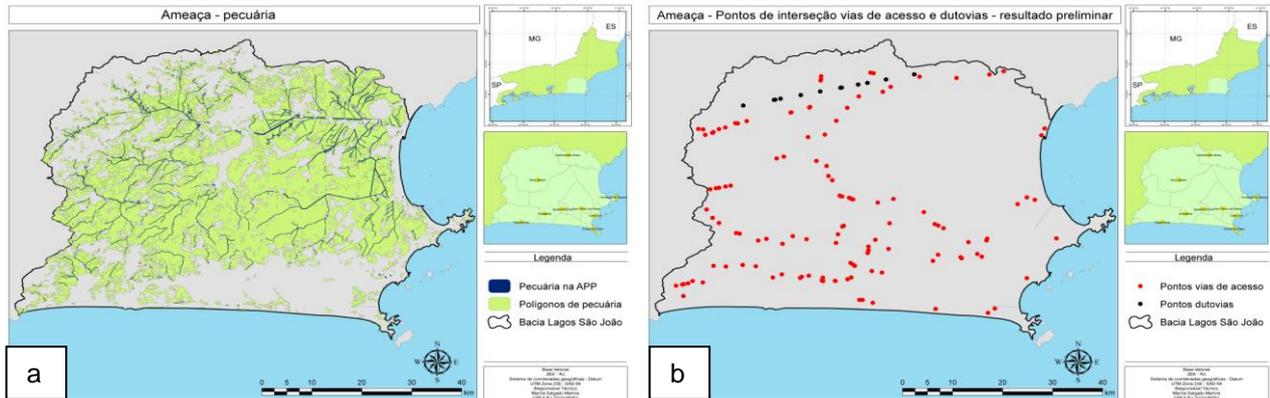


Figura 2. Exemplo de *shapefile* de estressores, construído a partir do cruzamento dos dados disponíveis: a) polígonos de pecuária e cruzamento com as APPs; b) pontos de interseção de vias de acesso e dutovias com cursos d'água.

A necessidade e a avaliação dos dados a serem utilizados em análises de risco, necessariamente diferem de acordo com a escala abordagem e metodologia a ser adotada (Figura 3). Abordagens mais quantitativas se aplicam a estudos mais específicos, com metodologia baseada na avaliação das alterações em função da condição de um determinado foco, como por exemplo, uma comunidade de peixes. No caso da metodologia de avaliação de risco, proposta por Mattson e Argemeier (2007), a integridade ecológica é o ponto focal, permitindo uma abordagem mais qualitativa e em escala regional (Figura 3), incluindo a análise de múltiplos estressores.

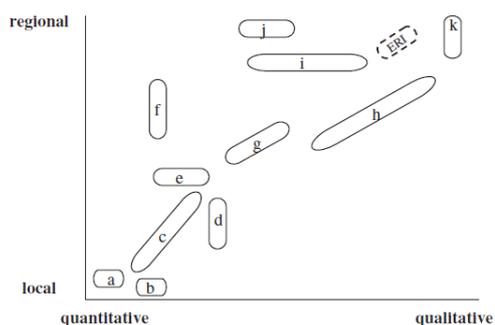


Figura 3. Representação esquemática das avaliações de risco ao longo de gradientes de escala espacial e rigor metodológico. A posição horizontal reflete a importância relativa de análise quantitativa. A posição vertical reflete a extensão espacial. (Adaptado de Mattson e Argermeier, 2007).

Considerações finais

A metodologia de análise de vulnerabilidade que está sendo adaptada para a Bacia Lagos São João revela-se ser de grande utilidade ao apontar, de forma preliminar, as áreas mais vulneráveis e os estressores mais impactantes da bacia, além de permitir posterior atualização e complementação das informações. Sua aplicação vai prover, além da avaliação do impacto dos estressores, a identificação das áreas onde os esforços de gestão vão garantir maior efetividade na conservação das águas, e por sua vez da integridade ecológica da bacia. É relevante ainda, por sua utilidade no processo de revisão e construção

do Plano de Bacia do Comitê, e por oportunizar a discussão e inserção das variabilidades climáticas nos planejamentos futuros.

Nessa primeira fase de adaptação/aplicação, foi possível apontar as lacunas de dados, além de qualificá-los quanto à necessidade de melhorias e construção de novas bases. Outras informações de estressores, não contempladas inicialmente na avaliação, devem ser construídas visando abranger de fato as ameaças mais importantes para a bacia. Foi possível observar ainda que a inclusão das variabilidades do clima na análise dependerá de uma avaliação mais criteriosa acerca do modelo a ser adotado, compatível com a escala da Bacia Lagos São João. Com os avanços na precisão dos modelos e cenários de mudanças do clima, e da sua aplicação a escalas regionais, será possível entender as mudanças ambientais em curso e adotar medidas de adaptação mais precisas.

Para que a análise de vulnerabilidade seja completa, é necessário ainda incluir outros componentes, obtidos através de análises socioeconômica e político-institucional, de modo a garantir uma visão mais holística dos processos que ocorrem no território da bacia. Essas camadas de informação podem ser facilmente inseridas neste estudo inicial, em função da abordagem multi-criterial da metodologia escolhida, que permite a inserção de novos dados à medida que estiverem disponíveis.

Agradecimentos

Este trabalho faz parte do projeto de pesquisa do Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - PEAMB da Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ. Agradecemos aos parceiros e colaboradores, CNPq, FAPERJ, WWF Brasil, Consórcio Intermunicipal Lagos São João e Comitê de Bacias Lagos São João.

Referências

BIDEGAIN, P.; PEREIRA, L.F.M. Plano das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos e do Rio São João. Rio de Janeiro: CILSJ, 2005.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL LAGOS SÃO JOÃO. Relatório final da Oficina “A Bacia Hidrográfica da Região dos Lagos e do Rio São João frente aos desafios da mudança climática, e os impactos sobre os recursos naturais, especialmente os recursos hídricos”. Araruama, 2009.

ENGLE, N.; LEMOS, M. C. Capacidade de adaptação às mudanças climáticas e gerenciamento de recursos hídricos no nordeste brasileiro: estudo preliminar. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Third Assessment Report. Working Group II, Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, Chapter 18, 2001.

KARR, J. R., et al. Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale. Illinois Natural History, Survey Special Publication 5, 1986.

MATTSON, K.M. ANGERMEIER, P.L. Integrating Human Impacts and Ecological Integrity into a Risk-Based Protocol for Conservation Planning. Environmental Management, v. 39, p 125-138, 2007.

MELLO, E. L., et al. Efeito das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Paracatu. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.4, p.635-644, 2008.

SPÖRL, C. Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do rio Jaguari-mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata. São Paulo, 159 p., 2001. Tese (Doutorado).

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.