

4

Implicações Ambientais das Ações Antrópicas em Ambientes Fluviais: estudos de caso no Estado do Rio de Janeiro

Rosângela Garrido Machado Botelho

Resumo

A visão da natureza como objeto e fonte inesgotável de recursos à disposição do homem desencadeou práticas de produção calcadas na exploração intensa e, por vezes, desmedida dos recursos naturais, com efeitos danosos para a natureza e o próprio homem. Mais recentemente, tem havido um aumento da preocupação com a qualidade ambiental e com as mudanças nas relações entre sociedade e natureza. Como consequência, cresceram as pesquisas relacionadas ao uso e a qualidade dos recursos naturais, em especial, a água, o que se refletiu em estudos envolvendo bacias hidrográficas. Neste contexto, são apresentados quatro estudos de caso desenvolvidos junto aos alunos do Curso de Especialização em Análise Ambiental e Gestão do Território da Escola Nacional de Ciências Estatísticas, como trabalhos de conclusão, no âmbito do estado do Rio de Janeiro, nas bacias do rio Tinguá (Nova Iguaçu), canal do Mangue (Rio de Janeiro), alto rio Preto (Visconde de Mauá) e rio Sana (Macaé). Os trabalhos tratam das intervenções antrópicas nos cursos de água e em seu entorno e das implicações das mesmas sobre o funcionamento dos rios e as condições de qualidade de suas águas e se utilizam da visão e do método geográficos, que envolvem observações de campo, conhecimento das relações entre os processos e formas e relações entre alterações e variáveis ambientais. Os estudos baseiam-se, ainda, na busca por indicadores de degradação nos ambientes fluviais, tais como o processo histórico de ocupação, o estado de conservação das margens e da vegetação e o grau de assoreamento, tendo em vista que a mensuração da degradação contribui na elaboração do diagnóstico do problema e possibilita a tomada de decisões e implementação de medidas para seu combate, remediação e evitação.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, canal fluvial, degradação, qualidade da água, inundação.

* Membro da Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais (CREN) da Diretoria de Geociências do IBGE e Professora Colaboradora da Pós-Graduação da Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE/IBGE). Doutora em Geografia Física pela USP.

Introdução

A relação do homem com os rios é antiga e remonta ao surgimento das primeiras comunidades humanas, que se utilizavam deles para sua dessedentação, preparo de alimentos, higiene, navegação, irrigação, etc. Contudo, nos tempos mais recentes têm sido registradas as maiores intervenções nos recursos naturais, notadamente nos recursos hídricos (BOTELHO, 2011).

Segundo Bernardes e Ferreira (2003), a compreensão tradicional das relações entre sociedade e natureza desenvolvidas até o Século XIX, vinculadas ao sistema capitalista de produção, considerava o homem e a natureza como polos excludentes, numa concepção de uma natureza objeto, fonte infinita de recursos à disposição do homem. Baseados nesta concepção, os autores afirmam que foram desenvolvidas práticas de acumulação realizadas por meio da exploração intensa dos recursos naturais com efeitos perversos para a natureza e o próprio homem.

Resultado disso, são os inúmeros rios poluídos nos mais diferentes continentes: Ganges, na Índia; Yang-tsé, na China; Mississipi, nos Estados Unidos; Nilo, no Egito; Volga, na Rússia; Reno, na Europa; Jacarta, na Indonésia; Tietê, no Brasil; entre outros.

Na busca de respostas para compreensão do funcionamento dos ambientes fluviais e suas alterações frente às intervenções humanas sobre os mesmos, a partir da segunda metade da década de 1990, houve um aumento na produção de trabalhos relacionados com o uso e a qualidade da água, o que se refletiu nos estudos envolvendo bacias hidrográficas (BOTELHO; SILVA, 2004).

Park (1981) e Knighton (1984) destacam dois conjuntos de alterações antrópicas nos ambientes fluviais: as ocorridas diretamente nos canais fluviais com o objetivo de controlar as vazões, estabilizar margens, atenuar enchentes, etc., e que alteram a seção transversal, o perfil longitudinal, o padrão do canal, entre outras mudanças; e as ocorridas fora da área do canal, ou indiretas, referentes a mudanças no uso e cobertura da terra, desmatamento, agricultura não conservacionista, construções inadequadas, que alteram a descarga e a carga sólida do rio.

Neste capítulo, serão apresentados quatro estudos desenvolvidos junto aos alunos do curso de pós-graduação em Análise Ambiental e Gestão do Território da Escola Nacional de Ciências Estatísticas e que foram apresentados e aprovados como parte dos requisitos necessários para conclusão do curso. Tratam-se de trabalhos relacionados com os estudos das intervenções antrópicas nos cursos de água e em seu entorno e nas implicações das mesmas sobre o funcionamento dos rios e as condições de qualidade de suas águas.

Todos os trabalhos (SILVA, 2008; OLIVEIRA, 2011; CARREÑO 2012; DUARTE, 2013) foram desenvolvidos em bacias hidrográficas localizadas no Estado do Rio de

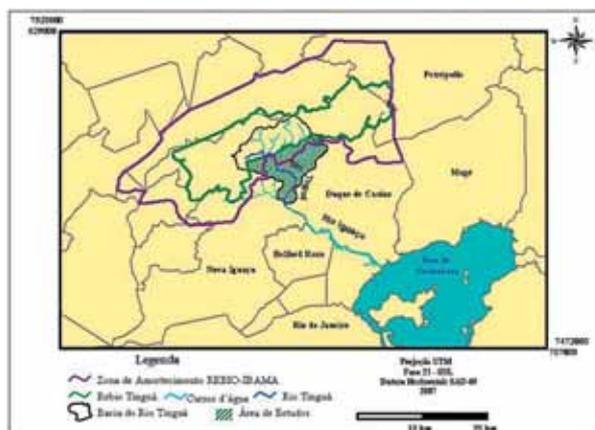
Janeiro e, guardadas suas especificidades, todos se utilizaram da visão e do método geográficos, que envolvem observações de campo, conhecimento das relações entre os processos e formas e relações entre alterações e variáveis ambientais. Os estudos basearam-se, ainda, na busca por indicadores de degradação nos ambientes fluviais. O processo histórico, o uso da vegetação ciliar, as margens erodidas e solapadas e o assoreamento são exemplos desses indicadores (PARK, 1995; CUNHA, 2003).

Na medida do possível, as pesquisas, apresentadas, a seguir, buscaram registrar e mensurar as diversas formas de degradação ambiental, o que contribui na realização do diagnóstico do problema (CUNHA; GUERRA, 2010) e possibilita a tomada de decisões e implementação de medidas para seu combate, remediação e evitação.

Rio Tinguá (Nova Iguaçu)

A bacia do rio Tinguá localiza-se no Município de Nova Iguaçu, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, distando cerca de 60km da capital do estado. Com 112km², possui quase metade de sua área inserida na Reserva Biológica (Rebio) do Tinguá, situada na parte norte da bacia, onde estão as nascentes do rio Tinguá (Figura 1). A Rebio é uma unidade de conservação do tipo integral, criada pelo Decreto Federal nº 97.780 de 23 de maio de 1989, com área total de 262,6 km², abrangendo parte dos Municípios de Nova Iguaçu (55,14%), Duque de Caxias (37,44%), Petrópolis (4,26%) e Miguel Pereira (3,16%) (IBAMA, 2006).

Figura 1 Localização da bacia do rio Tinguá (Nova Iguaçu – RJ)



Fonte: Silva (2008).

O histórico de criação da Rebio do Tinguá está vinculado “ao processo de devastação da bacia do Maracanã, na cidade do Rio de Janeiro, que culminou num período compreendido entre as décadas de 1920 e 1940 do Século XIX com a falta de água para o abastecimento da corte” (CONIMA, 2002). Assim, a área da atual Rebio e seu entorno foram protegidos por ordens do imperador D. Pedro II em 1833 para garantir o abastecimento da cidade do Rio de Janeiro. A captação de água é feita ainda hoje pela CEDAE. Além disso, de acordo como Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2013), a Rebio do Tinguá abriga 12 espécies ameaçadas de extinção, entre elas o gavião-pomba, a águia cinzenta e a onça-parda.

A outra metade da bacia abriga parte da zona de amortecimento da Rebio, definida em seu Plano de Manejo (IBAMA, 2006) e a população residente nos núcleos urbanos ligados aos bairros do Tinguá e Cava. Segundo o Plano de Manejo da Rebio do Tinguá (IBAMA, 2006), verifica-se na área uma ocupação urbana intensa que provoca pressão sobre a UC.

A preocupação com o tipo e a intensidade das alterações antrópicas sobre o rio Tinguá e seu entorno e seus possíveis efeitos sobre a qualidade ambiental e, notadamente, sobre a integridade da Rebio nortearam o estudo das intervenções humanas na área, notadamente nas áreas de preservação permanente das margens do rio e na Zona de Amortecimento, cujo uso deve obedecer aos padrões restritivos contidos no Plano de Manejo.

As ocupações na área são, em sua maioria, de baixa renda, carentes de saneamento básico e, muitas vezes, não legalizadas. Após a decadência da citricultura, principal atividade da região e do Município de Nova Iguaçu na primeira metade do Século XIX, teve início ao longo dos anos a pressão por áreas urbanizadas e baratas bem-servidas de transportes, que acabaram por transformar a Baixada Fluminense em uma área de oferta de loteamentos.

As principais atividades impactantes verificadas ao longo do curso do rio Tinguá na zona de amortecimento da Rebio do Tinguá podem ser referidas como alterações diretas e indiretas sobre o canal fluvial. As primeiras referem-se à presença de construções nas margens do rio (cimentação, concretagem ou construção de muros nas paredes do canal), lançamento do esgoto doméstico e do comercial diretamente no canal fluvial e barramentos das águas do rio; as alterações indiretas referem-se a esgoto encontrado a céu aberto, queimada em encosta adjacente associada à agricultura sem prática conservacionista e queima de lixo doméstico.

Todas essas atividades têm efeito sobre a quantidade e/ou qualidade das águas fluviais, com destaque para a ocupação das margens, o lançamento de esgotos e os barramentos.

Considerando o Art 4º do Código Florestal - Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, avaliou-se a situação da área de preservação permanente (APP) do rio Tinguá

Figura 2 Construções ciliares nas áreas de preservação permanente na bacia do rio Tinguá (Nova Iguaçu – RJ)



Fonte: Silva (2008).

numa extensão de 2,5km, entre a praça central do bairro do Tinguá até o sítio Jesus, junto ao limite da Rebio. Considerando também a largura do rio Tinguá neste trecho, que varia entre cinco e seis metros, foi definida uma APP de 30 metros de largura a partir da borda da calha do leito regular. Vale lembrar que, neste caso, as larguras mínimas das faixas marginais não foram alteradas em relação ao que havia no antigo Código Florestal - Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965.

Dessa forma, verificou-se que 60% da APP do rio Tinguá no trecho considerado está ocupada pelas chamadas “construções ciliares” (Figura 2), termo atribuído por nós para designar as construções adjacentes ao canal fluvial em local onde deveria estar presente a mata ciliar ou de galeria.

A retirada da mata ciliar e sua substituição por “construções ciliares” tem comprometido a qualidade das águas do rio Tinguá devido ao lançamento de esgoto e lixo diretamente no canal.

Outra alteração direta que tem efeito não apenas a jusante, mas a montante dos pontos de intervenção são os barramentos realizados ao longo do rio Tinguá. No trecho em análise, foram identificados três barramentos executados para fins de lazer e comércio (Figura 3).

Figura 3 Barramento das águas para fins de lazer e comércio no rio Tinguá (Nova Iguaçu /RJ)



Foto: Rosangela G. M. Botelho.

Estabelecimentos comerciais situados na margem do rio cobram taxas individuais para banhistas, que lotam os locais nos finais de semana ensolarados. Tal atividade compromete mais uma vez a qualidade e a quantidade da água do rio Tinguá. Como toda obra de barramento, a dinâmica hidrológica é alterada, com efeitos sobre a velocidade e capacidade de transporte do rio e também sobre a fauna aquática. Devido à retenção de sedimentos pelo barramento, o rio causará erosão e aprofundamento da calha no trecho a jusante, o que ocasiona uma diminuição em sua largura (CUNHA, 1995). Os efeitos a montante podem envolver elevação do nível de base local, alterando a forma do canal e a capacidade de transporte sólido, gerando muitas vezes, aumento no fornecimento dos sedimentos para as áreas confinadas.

Tais intervenções vão contra as normas de uso estabelecidas pelo Plano de Manejo da Rebio (IBAMA, 2006), que diz que deverá ser providenciada a obtenção de outorga para o uso da água quando seu fornecimento for destinado ao uso recreativo, desportivo, para irrigação e outros de caráter comercial; que todas as atividades de turismo deverão ser regulamentadas; e que as mesmas não poderão comprometer a integridade dos recursos naturais da região.

Vale lembrar que o Plano de Manejo é o instrumento que norteia as atividades a serem desenvolvidas em uma determinada unidade de conservação. Esse instrumento está fundamentado nos objetivos da UC e estabelece o zoneamento e as normas que devem ser seguidas para o uso da área e o manejo dos recursos naturais. O

desrespeito às normas previstas nesse documento é considerado infração ambiental, conforme o Decreto nº 6.514/2008, cujo Art. 90 estabelece que a realização de quaisquer atividades ou adoção de condutas em desacordo com os objetivos da unidade de conservação, seu plano de manejo e regulamentos acarretará multa no valor de R\$ 500,00 (quinhentos reais) a R\$ 10 000,00 (dez mil reais).

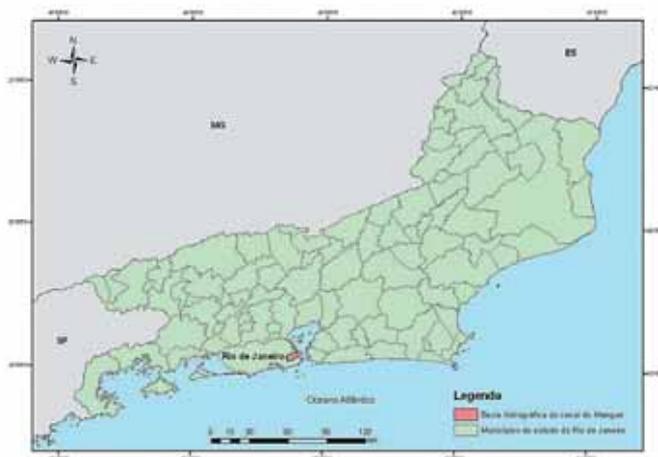
Diante desse quadro, verifica-se um forte conflito de uso e de interesses na bacia do rio Tinguá. E, a despeito dos instrumentos legais existentes, a exploração dos recursos naturais, em especial do recurso hídrico, tem se dado de maneira predatória, em total contradição com as necessidades de preservação da biodiversidade local.

Canal do Mangue (Rio de Janeiro)

A bacia hidrográfica do canal do Mangue (Figura 4) ocupa uma área de aproximadamente 43 km², abrangendo total ou parcialmente 18 bairros cariocas: Alto da Boa Vista, Andaraí, Catumbi, Centro, Cidade Nova, Estácio, Gamboa, Grajaú, Mangueira, Maracanã, Praça da Bandeira, Rio Comprido, Santa Teresa, Santo Cristo, São Cristóvão, São Francisco Xavier, Tijuca e Vila Isabel. Sua rede de drenagem possui uma extensão total de aproximadamente 100 km e deságua na baía de Guanabara.

Nos últimos dois séculos, esta bacia foi alvo de grandes modificações no seu ambiente natural. Segundo Terra (2007), a construção do canal do Mangue foi ini-

Figura 4 Localização da bacia hidrográfica do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ)



Fonte: Oliveira (2011).

ciada em 1857 e teve como objetivo principal secar um enorme pântano existente na área onde atualmente está localizado o bairro da Cidade Nova, que era foco de doenças, mosquitos e mau cheiro.

Desde então, outras alterações, como retificações e canalizações, tiveram lugar e culminaram por agravar os problemas decorrentes das fortes chuvas e consequentes inundações que historicamente assolam a área, afetando a economia, a saúde pública e expondo a população, muitas vezes, a situações de risco, como nas fortes chuvas de abril de 2010 e de 2011.

De acordo com dados do Sistema Alerta Rio¹ (2010), na tarde do dia 06 de abril de 2010 foi registrada uma precipitação total acumulada de 345,2 mm de chuva em 24 horas às 17h35 na estação pluviométrica do Sumaré, localizada no Morro do Sumaré, na área de abrangência da bacia hidrográfica do canal do Mangue. As estações pluviométricas da Tijuca, de Santa Teresa e do Grajaú também inseridas na bacia registraram naquela data e hora, respectivamente, 278,4, 245,2 e 228,4 mm de chuva no mesmo período.

Em abril de 2011, o Alerta Rio informou que a chuva que atingiu o Rio de Janeiro na noite do dia 25 e na madrugada do dia 26 acumulou 274 mm, num período de nove horas, em apenas uma das estações pluviométricas (Tijuca/Muda). A mesma estação registrou, às 21h do dia 25, o terceiro maior pico de chuva desde a criação do Alerta Rio, em 1997, com um acúmulo de 99,6 mm de chuva por hora.

Figura 5 Imagens da av. Francisco Bicalho às margens do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ) na manhã do dia 06 de abril de 2010



Fonte: R7 Notícias (2010).

¹ Sistema de Alerta de Chuvas Intensas e de Deslizamentos em Encostas da Cidade do Rio de Janeiro. Criado em 25 de setembro de 1996 (Decreto "N" N° 15142), tem como objetivo emitir Boletins de Alerta à população (via estações de rádio e TV) sempre que houver previsão de chuvas intensas que possam gerar inundações de vias públicas e/ou acidentes geotécnicos em encostas (deslizamentos).

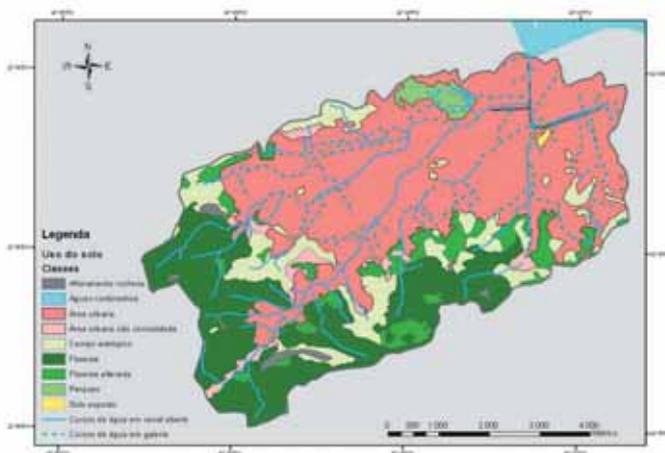
Durante esses eventos houve transbordamentos de rios e canais e alagamentos em vários trechos da bacia, residências e estabelecimentos comerciais foram inundados e a circulação de pessoas e o tráfego de veículos foram drasticamente afetados (Figura 5).

Os estudos desenvolvidos na bacia do canal do Mangue mostraram que 50% da rede de drenagem está confinada em galerias e 54% foi retificada. Se forem somados os trechos alterados pela ação antrópica, seja por retificação ou confinamento em galerias, o percentual sobe para 65%. A grande extensão de cursos nessas condições é preocupante, pois aumentam a velocidade do escoamento, podendo provocar inundações nas áreas a jusante na bacia. Nos casos dos trechos em galeria, quando há alguma obstrução em um ponto do canal, há maior dificuldade na identificação e solução do problema, que requer mais tempo e custo maior do que nos cursos a céu aberto. Outro aspecto relevante quando um rio passa a correr em galerias subterrâneas é a perda, por parte da população, da identificação desse rio como um elemento da paisagem, que faz parte do ambiente e que deve ser preservado.

Segundo estudo realizado por Botelho (2004), os problemas de dimensionamento inadequado de projeto e de obstrução de galerias são dois dos principais fatores agravantes na ocorrência de inundações em todas as Grandes Regiões do Brasil.

Entre as alterações de caráter indireto que também contribuem para a desestabilização do sistema hidrológico da bacia do canal do Mangue, estão as modificações no uso e cobertura do solo. Metade da área da bacia foi mapeada (PCRJ, 2000) como área urbana consolidada (Figura 6) e a área mapeada como campo antrópico e

Figura 6 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do canal do Mangue (Rio de Janeiro – RJ)



Fonte: Oliveira (2011).

área urbana não consolidada, que cobre pouco mais de 10% da bacia, corresponde, na verdade, em quase sua totalidade, às favelas, que somam mais de 60 na bacia do canal do Mangue.

As áreas verdes somam 33% da área, o que pode ser considerado alto para uma bacia urbana. Essas áreas estão concentradas no alto curso da bacia e correspondem a unidades de conservação: Parque Nacional da Tijuca, Parque Estadual do Grajaú e Área de Proteção Ambiental e Recuperação Urbana (APARU) do Alto da Boa Vista, além dos parques municipais Recanto do Trovador, Jardim Zoológico e Quinta da Boa Vista.

No entanto, é importante considerar a pressão antrópica sobre essas áreas, que muitas vezes estão cercadas por favelas, que ocupam nascentes e mananciais nas áreas de alto curso dos rios, encostas íngremes e áreas de vegetação que, gradativamente, foram e continuam sendo desmatadas. Além disso, muitas favelas estão localizadas próximas ou mesmo às margens dos cursos de água e por serem, muitas vezes, carentes em infraestrutura urbana e em serviços de saneamento, acabam por causar efeitos negativos sobre os canais fluviais, com o lançamento direto do esgoto e do lixo doméstico.

Com intuito de melhor avaliar as características da bacia do canal do Mangue e sua propensão para ocorrência de inundações, foram delimitadas oito sub-bacias: sub-bacia do canal do Mangue, sub-bacia do rio Joana Inferior, sub-bacia do Jardim Zoológico, sub-bacia do rio Joana, sub-bacia do rio Maracanã, sub-bacia do rio Trapicheiros, sub-bacia do rio Comprido e sub-bacia do rio Papa-Couve.

Para cada uma das sub-bacias, foram analisados aspectos relevantes e que podem agir como fatores agravantes ou atenuantes no potencial de ocorrência de inundações. São eles: relevo/declividade, tipo de uso e ocupação do solo, existência de áreas verdes e alterações diretas nos cursos de água na forma de retificação e confinamento em galeria.

Cada sub-bacia recebeu um valor para cada um dos fatores analisados, de acordo com suas características. Os valores variaram de 1 (baixo) a 3 (alto), considerando a influência de cada fator no potencial de ocorrência de inundações. Por exemplo, a ausência de áreas verdes em uma bacia faz com que ela receba o valor 3 (alto potencial de inundações) nesse atributo, pois a presença de áreas verdes é benéfica e atua reduzindo impactos causados pelas precipitações, entre eles, as inundações.

Em seguida, foi obtido um valor final para cada sub-bacia, a partir da soma dos valores atribuídos aos fatores. Esses totais foram comparados e foi organizado um *ranking* que identifica as áreas mais críticas e sujeitas à inundação (Tabela 1). Nesse *ranking* os resultados possíveis para os totais variam entre 5 e 15. As bacias que apresentam um total de 5 a 8 foram classificadas com um baixo potencial, de 9 a 11 com um potencial intermediário e de 12 a 15 um alto potencial de ocorrência de inundação.

Tabela 1 *Ranking* das sub-bacias da bacia do canal do Mangue quanto ao potencial de ocorrência de inundação

	Ranking
Rio Comprido	13
Rio Joana	13
Rio Papa-Couve	13
Canal do Mangue	12
Jardim Zoológico	10
Rio Maracanã	9
Rio Joana Inferior	8
Rio Trapicheiros	8

Fonte: Oliveira (2011).

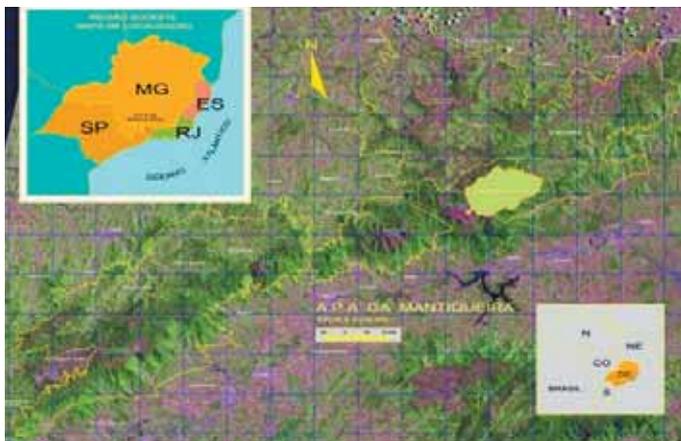
Assim, foi possível concluir que a bacia hidrográfica do canal do Mangue possui elevado potencial de ocorrência de inundações. As sub-bacias com maior potencial de ocorrência de inundação (Comprido, Joana, Papa-Couve e Canal do Mangue) representam mais de 50% da área total da bacia. Se considerarmos também as sub-bacias com potencial intermediário (Maracanã e Jardim Zoológico), a área potencial abrange cerca de 70% do total da bacia hidrográfica.

Alto Rio Preto (Região de Visconde de Mauá – RJ/MG)

A bacia do alto rio Preto (Figura 7) totaliza 372,6 km² (FNMA, 2003), sendo limitada a oeste pelo Maciço de Itatiaia (onde se encontram suas nascentes) e a leste pela cachoeira da Fumaça, selecionada como sendo o final do trecho do alto curso do rio Preto. Os Municípios pertencentes a essa bacia são: Bocaina de Minas (MG), Itatiaia e Resende (RJ).

O percurso inicial do rio Preto (cerca de 8km) está inserido no Parque Nacional de Itatiaia - PNI, em sua porção nordeste, em altitude superior a 2 500m. A totalidade de seu alto curso (cerca de 50km) faz parte ainda da Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Mantiqueira. Tais fatos representam algumas restrições legais de uso e manejo deste corpo hídrico. Tendo em vista que a região onde está inserida a

Figura 7 Localização da bacia do alto rio Preto e APA da Serra da Mantiqueira



Fonte: Crescente Fértil (2008).

área de estudo, que tem como base econômica o turismo, é de grande relevância a manutenção da qualidade das águas desse corpo hídrico, principalmente no que se refere a sua balneabilidade. Vale destacar que a bacia do alto rio Preto faz parte do Programa de Gestão Ambiental da APA da Mantiqueira, que tem como área de estudo o mesmo recorte aqui apresentado. A bacia drena uma área montanhosa, estando o curso do rio Preto encaixado entre essas montanhas e apresentando estreitas planícies.

Neste trabalho buscou-se avaliar a qualidade das águas da bacia do alto rio Preto, com destaque para sua condição de balneabilidade, a partir da aplicação de um método qualitativo e de um método quantitativo. Este último refere-se a análises físico-químicas comumente utilizadas em estudos sobre qualidade de água, tendo sido levantados os seguintes parâmetros: condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (PO₄), nitrato total (NO₃), oxigênio dissolvido (OD), potencial de hidrogênio (pH), sólidos totais, temperatura, coliformes termotolerantes e série de metais. A coleta de água foi baseada em LACEN (2010) e a seleção dos parâmetros em Silva (2005) e CETESB (2009).

O método qualitativo abrangeu a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), elaborado com base nos trabalhos de Rodrigues (2008, 2010). Esse tipo de método de avaliação da qualidade das águas teve origem nos sistemas de monitoramento de órgãos governamentais de países como os Estados Unidos, Inglaterra e Austrália. O método aplicado por Rodrigues (2010) baseia-se na caracterização morfológica do corpo hídrico e de suas margens, das estruturas físicas dos segmentos, da paisagem que o canal atravessa e da dinâmica do fluxo, por meio de uma avalia-

ção visual rápida, semiquantitativa e que possibilita caracterizar, *in situ*, a qualidade global dos segmentos fluviais.

O PAR foi empregado em 12 pontos ao longo do rio Preto e de seus afluentes, contendo os seguintes parâmetros de avaliação qualitativa: substrato e/ou habitats disponíveis; regime de velocidade/frequência de corredeiras/profundidade; diversidade de poços; sinuosidade do canal; deposição de sedimentos; condições de escoamento do canal/alterações no canal; estabilidade das margens; proteção das margens pela vegetação; estado de conservação da vegetação do entorno; e características da água (odor, cor, presença de espuma e de elementos antrópicos). Este último foi acrescido por Carreño e Botelho (2011).

Os resultados do PAR (Tabela 2) mostraram que a qualidade das águas do rio Preto foi considerada ótima apenas no ponto mais a montante (ponto 1). Nos pontos

Tabela 2 Avaliação qualitativa das águas da bacia do alto rio Preto (RJ/MG) a partir dos resultados do PAR

Pontuação dos parâmetros do Protocolo de Avaliação Rápida - PAR em cada ponto de coleta no alto rio Preto		Pontos de coleta											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Substrato e/ou habitats disponíveis (A&B)	20	10	18	8	16	14	3	0	10	6	14	7
2	Substrato em poços (B)	20	-	-	-	-	-	0	0	11	7	14	9
3	Soterramento (A)	20	10	19	0	18	15	-	-	-	-	-	-
4	Regime de velocidade / Profundidade (A&B)	20	20	20	15	20	15	10	10	15	10	20	15
5	Diversidade de poços (B)	20	-	-	-	-	-	0	0	15	10	10	5
6	Deposição de sedimentos (A&B)	20	10	18	7	16	9	4	3	8	8	5	6
7	Condições de escoamento do canal (A&B)	20	13	20	2	15	13	8	4	13	11	18	15
8	Alterações no canal (A&B)	20	3	20	0	17	17	11	0	17	15	18	15
9	Frequência de corredeiras (A)	20	18	15	7	10	4	-	-	-	-	-	-
10	Estabilidade das margens (A&B)	20	2	17	3	17	8	10	0	1	6	5	3
11	Proteção das margens pela vegetação (A&B)	20	7	12	5	18	10	13	0	2	7	4	3
12	Estado de conservação da vegetação do entorno (A&B)	20	5	15	2	18	6	10	0	1	7	0	0
13	Características físicas da água (A&B)	20	7	18	5	16	15	3	1	13	2	14	3
	Total PAR	20	10	18	5	16	11	7	1,6	10	8	11	7

"Legenda dos parâmetros – A: alto curso, B: baixo curso

Legenda da pontuação - 0 a 5 = Ruim; 5 a 10 = Razoável; 10 a 15 = Boa; e 15 a 20 = Ótima."

Fonte: Carreño (2012)

Nota: Os pontos 3, 5, 6, 9, 10 e 11 referem-se à foz dos tributários principais do alto curso do rio Preto.

Figura 8 Estado das águas da bacia do alto rio Preto no ponto 1, à esquerda, e no ponto 10, à direita



Foto: Rosangela G. M. Botelho.

localizados a jusante das vilas (pontos 2, 4, 7, 8 e 12), os valores do PAR decresceram em função de diversas alterações/intervenções no canal, na forma de pontes e muros; menor proteção das margens pela vegetação; menor estabilidade das margens (com presença de focos de erosão nas margens do rio); e menor qualidade física da água (odor forte, coloração escura, presença de espuma/bolhas, turbidez, excesso de limo nas rochas e presença de materiais antrópicos) (Figura 8).

O alto rio Preto está enquadrado, segundo o CONAMA (2005), na Classe 1, que visa atender o abastecimento humano após tratamento simplificado, a proteção de comunidades aquáticas e a recreação primária, como estabelecido pela Resolução CONAMA n° 274 de 2000. As condições do corpo hídrico devem seguir os padrões estabelecidos pela legislação para essa classe, senão medidas de controle precisam ser implementadas.

Com relação aos parâmetros físico-químicos, estes, de um modo geral, apresentaram valores abaixo daqueles estabelecidos pelo CONAMA (2005), estando, assim, em boas condições para o uso da recreação (Tabela 3). Os metais também apresentaram valores abaixo dos máximos indicados por lei. O padrão proposto na legislação está muito acima dos valores encontrados em muitos rios, inclusive no alto rio Preto, onde a poluição se dá expressivamente por resíduos sólidos, que, diferentemente da industrial, apresenta níveis inferiores de contaminação por metais.

Na análise microbiológica, entretanto, o parâmetro coliformes termotolerantes (NMP/100ml) apresentou maior variação e excedeu, em alguns casos, o limite para águas próprias previstos na resolução CONAMA n° 274/2000 para fins de recreação de

Tabela 3 Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das águas da bacia do alto rio Preto (RJ/MG) e valores de referência (CONAMA, 2005)

Parâmetros	Condutividade	DBO	Fósforo Total	Nitrato	OD	pH	Sólidos Totais	Coliformes Termotolerantes
Unidades	Micromhos/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	10 [H+]	mg/l	NMP/100 ml
Valores de referência (CONAMA, 2005)	x	≤3,0	≤0,1	≤10,0	> 6,0	6,0 a 9,0	≤500	< 200
Pontos								
PR 1 - Escorrega	18	<2,0	0.14	0.18	10,4	8,8	22	<23
PR2 - Vila da Maromba	17	<2,0	0.14	0.21	10,8	8,0	35	230
PR3 - Foz Sta. Clara	15	<2,0	0.05	0.18	10,8	7,5	6	33
PR4 - Vila de Maringá	17	<2,0	0.03	0.1	10,8	7,7	18	3500
PR5 - Foz Cruzes	18	<2,0	0.03	0.03	11,0	8,0	23	230
PR6 - Foz Marim-bondo	19	<2,0	0.03	0.02	11,0	8,0	6	110
PR7 - Vila de Mauá	20	<2,0	0.03	<0,01	10,8	8,0	4	1300
PR8 - Vila do Lote 10	22	<2,0	0.04	<0,01	11,0	7,8	29	2200
PR9 - Foz Alcantilado	18	<2,0	0.03	<0,01	11,0	7,7	<4	790
PR10 - Foz Pedra Selada	109	<2,0	0.05	<0,01	9,8	7,0	54	5400
PR11 - Foz Prata	17	<2,0	0.04	0.04	10,6	7,8	5	230
PR12 - Pte Souza	22	<2,0	0.03	0.03	10,4	7,6	5	700

Fonte: Gerência do Complexo de Laboratórios - INEA - 10/10/2011.

contato primário (balneabilidade), que é de 1 000 coliformes fecais (termotolerantes) em 100ml. Embora não tenha sido possível nesta pesquisa realizar múltiplas amostragens, o limite fixado para os demais usos em 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros foi excedido na maioria das amostras (67%).

O estudo na bacia do alto rio Preto mostrou que a poluição das águas está relacionada com alguns agentes poluidores específicos, com destaque para o esgoto doméstico e as atividades pecuárias (pastos, currais e laticínios). Porém, o rio Preto parece apresentar uma elevada capacidade de restauração dos padrões positivos de qualidade da água, o que está provavelmente relacionado com a maior oxigenação das águas dos rios de ambientes montanhosos e pelo recebimento de afluentes com boa qualidade de água.

Vale destacar que, de um modo geral, a avaliação qualitativa indicou melhor a interferência antrópica negativa. Alguns parâmetros físico-químicos usados com frequência em avaliações de qualidade da água não apresentaram variações signifi-

cativas, como o caso da DBO, que em todos os pontos apresentou valores menores que 2,0 mg/l, assim como levantado pelo INEA (2010). O indicador que apresentou maior nível de relação e sensibilidade foi o de Coliformes Termotolerantes.

Rio Sana (Macaé)

O rio Sana é afluente direto do rio Macaé e sua bacia (Figura 9) compreende a área correspondente ao distrito do Sana, no Município de Macaé. Localizada no domínio das escarpas serranas do alto curso da bacia do rio Macaé, no norte do Estado do Rio de Janeiro, a bacia do rio Sana apresenta uma área de aproximadamente 133 km², com relevo montanhoso, encostas de declividade acentuada e ocorrência de afloramento rochoso.

Figura 9 Localização da bacia do rio Sana (Macaé – RJ)



Fonte: Duarte (2013).

A área teve seu processo de ocupação marcado pelos ciclos econômicos de exploração de madeira de lei, café e agropecuária, atividades degradantes ao ambiente e que ocasionaram a retração da área original de cobertura vegetal caracterizada pela Mata Atlântica. Mais recentemente, o turismo surgiu como potencial atividade econômica da região, mas veio acompanhado de especulação imobiliária, do parcelamento indiscriminado da terra, de construções em áreas marginais de proteção dos rios, etc. (PMM, 2003). Para compatibilizar a conservação da natureza e o uso sustentável dos recursos naturais locais, foi criada, em 2001, pela Lei Municipal nº 2.172, a Área de Proteção Ambiental (APA) do Sana, cujos limites coincidem com os da bacia do rio Sana.

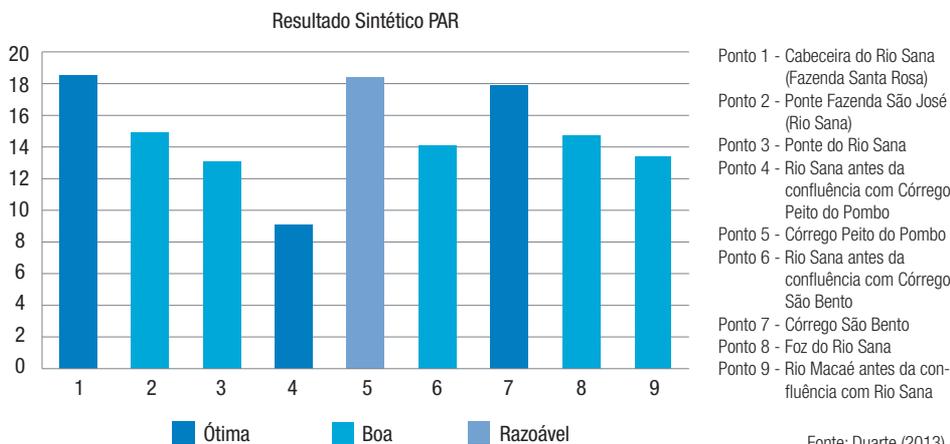
O turismo é a principal atividade econômica do distrito do Sana, incluindo a prática do banho de cachoeira, que requer o contato direto com a água e que impõe condições mais restritivas à qualidade da água, como visto no item anterior.

Assim como no trabalho anterior, este teve como objetivo analisar o potencial de aplicação do método indireto (PAR) e direto (análises físico-químicas e microbiológicas) na avaliação da saúde dos recursos hídricos e seu entorno. Ao aplicar novamente os métodos de avaliação da qualidade das águas em outra bacia, seria possível verificar e, possivelmente, aperfeiçoar as técnicas de observação e rediscutir as relações entre os dois tipos de métodos. Dessa forma, seria possível contribuir na divulgação, aplicação e interpretação do método indireto ou visual de avaliação, ainda pouco difundido no Brasil.

A pesquisa utilizou os protocolos de Barbour et al. (1999), Rodrigues (2008) e Carreño (2012) para definir os 11 parâmetros considerados no Protocolo de Avaliação Rápida de rios de alto curso. Os ajustes nos parâmetros propostos por Rodrigues (2008) ao protocolo de Barbour et al. (1999) e por Carreño e Botelho (2011) foram considerados apropriados e incorporados.

A definição dos pontos de coleta e observação contemplou os principais trechos do rio Sana, desde a cabeceira até a desembocadura no rio Macaé, além dos principais afluentes, Córrego do Peito do Pombo e Córrego São Bento, que possuem potencial para a prática de recreação. No total, foram nove pontos de observação e coleta, sendo o último no rio Macaé, antes da confluência com o rio Sana com o objetivo de avaliar a qualidade das águas do rio Macaé antes do deságue do rio Sana.

A inovação metodológica neste caso coube à adaptação feita no parâmetro *Proteção das margens pela vegetação* a partir de Barbour et al. (1999), Rodrigues (2008) e Carreño (2012). Nesta pesquisa, acreditou-se que para avaliar a proteção das margens pela vegetação não é necessário avaliar se esta é mata nativa ou vegetação secundária, mas sim a existência, densidade, porte e distribuição. Decidiu-se que a avaliação da qualidade desta cobertura vegetal caberia no parâmetro *Estado de conservação da vegetação do entorno*.

Gráfico 1 Resultado Sintético do PAR para bacia do rio Sana (Macaé - RJ)

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos considerados nesta pesquisa foram os mesmos utilizados em Carreño (2012).

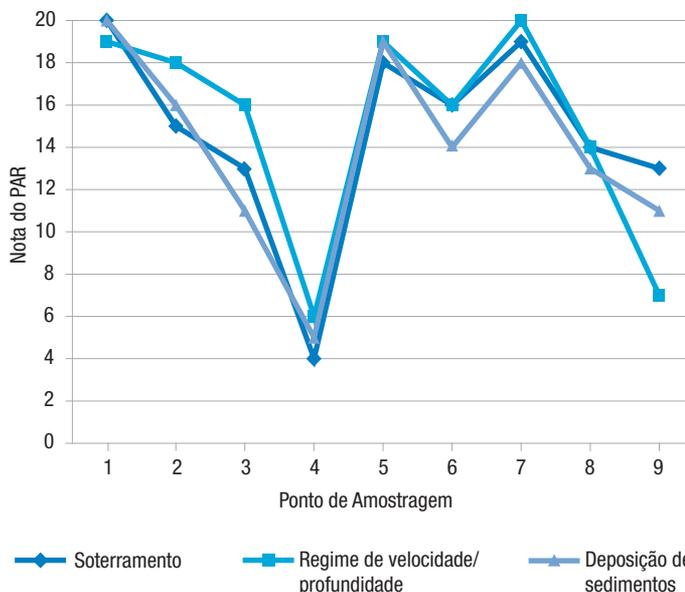
O resultado sintético total do PAR foi definido pela média das pontuações dos parâmetros avaliados para cada ponto amostrado (Gráfico 1). Nenhum ponto foi classificado em situação ruim. Desta forma, pode-se dizer que o resultado da avaliação das águas da bacia do rio Sana obtido pelo PAR enquadra-o em uma situação boa.

Nota-se uma gradual regressão da qualidade das águas do ponto 1 ao ponto 9, ou seja, de montante para jusante no rio Sana. Os valores mais altos dos pontos 5 e 7 referem-se aos dois afluentes, que, como era esperado, demonstraram melhor estado de conservação. É possível inferir, por meio da observação dos totais, uma melhora da qualidade do rio Sana nos pontos 6 e 8 com a entrada destes afluentes.

Alguns parâmetros apresentaram forte relação entre si, como soterramento, regime de velocidade/profundidade e deposição de sedimentos (Gráfico 2). Isto decorre do tipo de fluxo característico daquele trecho, ou seja, os parâmetros retratam o grau de energia do rio (vazão) e a relação transporte x deposição. Observa-se que há uma tendência de diminuição dos valores de montante para jusante (desconsiderando os pontos 5 e 7, que se referem aos afluentes). Além disso, destaca-se a grande contribuição do Córrego Peito do Pombo (ponto 5) no aumento da energia do rio Sana, que apresenta valores muito baixos antes da confluência com esse tributário (ponto 4).

Quanto às análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água processadas em laboratório e os valores limites estipulados pelo CONAMA (2005) para

Gráfico 2 Relação entre os parâmetros soterramento, regimes de velocidade/profundidade e deposição de sedimentos na bacia do rio Sana (Macaé- RJ)



Fonte: Duarte (2013).

as Classes I e II destinadas à recreação de contato primário, entre outros usos, os únicos valores que se distinguem e imprimem à Classe I um caráter mais restritivo que a Classe II são os valores referentes aos coliformes termotolerantes (Tabela 4). De um modo geral, os parâmetros não demonstraram significativa variação entre os pontos amostrados e quase todos os resultados se apresentaram dentro dos limites estipulados pelo CONAMA (2005).

No entanto, os parâmetros alumínio dissolvido, zinco total e coliformes termotolerantes apresentaram valores acima dos limites definidos pelo CONAMA (2005). Ressalta-se que a concentração aceitável pelo Ministério da Saúde, Portaria nº 518/2004, para o consumo humano de alumínio dissolvido é de 0,2 mg/l. Apesar de o trabalho não tratar diretamente deste uso, a recreação de contato primário pode ocasionar, por vezes, a ingestão de água. As possíveis consequências dos altos valores de alumínio é o acarretamento de estresse e mortalidade entre algumas espécies aquáticas. O zinco aparece acima do limite de 0,18 mg/l no ponto 3. Apesar de o valor de 0,20 mg/l não exceder muito o limite, este se apresenta muito superior aos encontrados nos outros pontos. Esse elemento em baixas concentrações é essencial

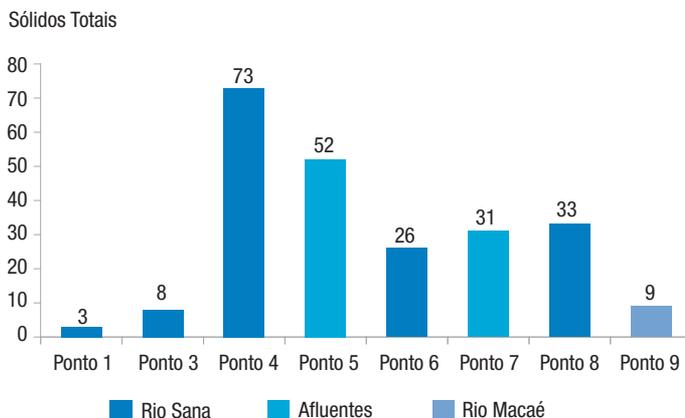
Tabela 4 Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas das águas e valores limites estipulados pelo CONAMA (2005) para as Classes I e II

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Limites CONAMA (2005)		Unidade
										Classe I	Classe II	
										Alumínio total	0,15	
Alumínio dissolvido	0,15	-	0,20	0,20	0,15	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1	mg/L Al
Cádmio solúvel	< 0,001	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001	mg/L Cd
Chumbo total	< 0,01	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01	mg/L Pb
Cobre total	< 0,005	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	-	-	-
Cobre dissolvido	< 0,005	-	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,009	0,009	mg/L Cu
Cromo total	< 0,01	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	0,05	mg/L Cr
Ferro total	< 0,02	?	0,16	0,25	0,12	0,20	0,06	0,2	0,55	-	-	-
Ferro dissolvido	< 0,02	-	0,10	0,14	0,08	0,12	0,06	0,12	0,10	0,3	0,3	mg/L Fe
Manganês total	< 0,01	-	0,012	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	0,1	0,1	mg/L Mn
Níquel total	< 0,01	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,025	0,025	mg/L Ni
Zinco total	< 0,005	-	0,20	< 0,005	0,015	0,015	< 0,005	< 0,005	0,01	0,18	0,18	mg/L Zn
Condutividade	16	-	27	28	22	28	21	26	22	-	-	-
DBO	2,0	-	< 2,00	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	≤ 3	≤ 5	mg/L
Fósforo total	0,03	-	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	≤ 0,1	≤ 0,1	mg/L P
Nitrato	0,18	-	0,08	0,09	0,15	0,08	0,06	0,04	0,08	≤ 10	≤ 10	mg/L N
OD	10,00	-	14,00	18,40	21,20	28,60	26,40	37,20	12,20	> 6	> 5	mg/L
pH	6,1	-	7,1	7,0	7,1	7,2	7,3	7,2	7,2	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	x
Sólidos totais	3,0	-	8,0	73,0	52,0	26,0	31,0	33,0	9,0	≤ 500	≤ 500	mg/L
Coliformes termotolerantes	2,0 x 10	-	4,6 x 10 ²	7,9 x 10 ²	7,9 x 10 ²	3,3 x 10 ²	1,1 x 10 ²	4,9 x 10 ²	1,1 x 10 ³	< 200	< 1 000	NMP/100mL

Fonte: Duarte (2013).

ao funcionamento do ecossistema e à saúde humana. Entretanto, a exposição prolongada a elevados teores de zinco pode acarretar problemas aos seres humanos, pois tendem a bioacumular nos tecidos do organismo (ANA, 2011).

Gráfico 3 Valores de Sólidos Totais nas águas da bacia do rio Sana (Macaé – RJ)



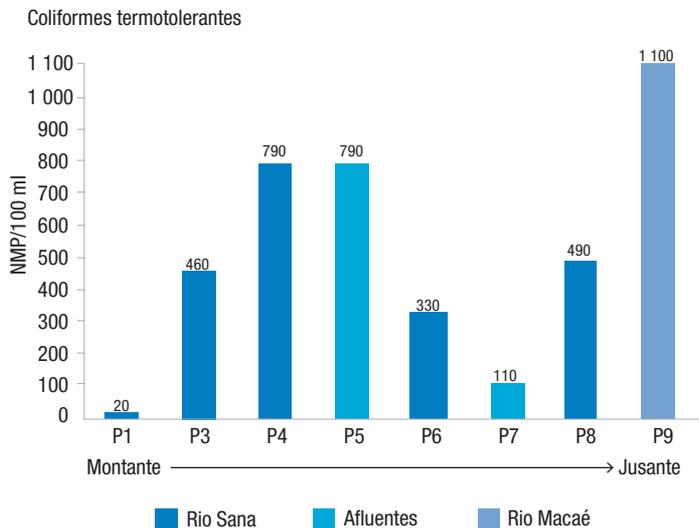
Fonte: Duarte (2013).

Comportamento interessante foi o dos sólidos totais (Gráfico 3), que apresentam valores bastante variados nos pontos de amostragem, com máxima de 73 mg/l (ponto 4) e mínimo de 3 mg/l (ponto 1). Os baixos níveis de sólidos totais possivelmente foram influenciados pela baixa ocorrência de chuvas no período que antecedeu à coleta das amostras.

De toda forma, o menor valor corresponde à situação de alto curso onde as condições são as melhores de toda bacia e o maior valor foi encontrado no ponto 4, localizado a montante da confluência com o Córrego Peito do Pombo, próximo ao *Camping* da Ilha, já no perímetro urbano do Distrito do Sana. O mesmo ponto apresentou também os maiores valores de coliformes termotolerantes, refletindo a influência das concentrações urbanas na degradação da qualidade da água na bacia do rio Sana (Gráfico 4). A Vila do Sana também contribui para o elevado valor de coliformes encontrado no Córrego do Peito do Pombo (ponto 5). Esses valores indicam o possível lançamento de esgoto doméstico direto no corpo d'água, já que a maior parte da bacia não possui rede de esgotamento sanitário. O ponto 9, localizado no rio Macaé, apresenta o maior nível de coliformes, ultrapassando o limite estipulado pelo CONAMA (2005) para o enquadramento nas Classe I e II e não atende as condições das categorias de águas próprias para recreação de contato primário disposta pela Resolução CONAMA nº 274/00.

De forma geral, a qualidade da água na bacia do rio Sana mostrou-se em uma situação boa, propícia a atividade de recreação de contato primário, ou seja, própria

Gráfico 4 Variação do nível de coliformes termotolerantes nas águas da bacia do rio Sana (Macaé – RJ)



Fonte: Duarte (2013).

para banho. Os afluentes avaliados (Córrego Peito do Pombo e Córrego São Bento) contribuem de forma positiva na qualidade da água do rio Sana. Desta forma, pode-se reforçar o grande potencial vocacional da área para práticas de ecoturismo e turismo de aventura, atividade econômica que, se tratada de maneira adequada, contribui para a conservação ambiental na bacia. No entanto, a área carece ainda de infraestrutura básica, como rede de esgotamento sanitário, e da atuação dos órgãos fiscalizadores no intuito de evitar a criação de novas ocupações nas APPs de margem de rio.

Considerações finais

Apesar das limitações para o desenvolvimento de projetos de pesquisa que envolvam trabalhos de campo, coleta de amostras e análises laboratoriais junto ao Programa, principalmente, em função do pouco tempo para a realização das monografias, os quatro trabalhos aqui apresentados significaram um grande esforço neste sentido e constituíram pesquisas com levantamento e geração de dados primários. No caso dos trabalhos de Carreño (2012) e Duarte (2013), estes representaram as primeiras pesquisas desenvolvidas junto ao Programa de Especialização da ENCE que realizaram coletas de amostras, análises laboratoriais e avaliação da qualidade da água doce.

A consistência gradativa das pesquisas em questão propiciou a construção de uma linha de estudos em ambientes fluviais que está se consolidando dentro do Programa de Especialização. Muitos trabalhos poderão ser elaborados à luz destes, como o desenvolvido sobre as alterações no canal do rio das Pedras na Baixada de Jacarepaguá, no Rio de Janeiro.

Espera-se que outros trabalhos sobre alterações antrópicas em sistemas fluviais possam ser somados a estes e que sua elaboração contribua na formação de profissionais e seus resultados na solução de questões ligadas à análise ambiental e gestão do território.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos*. Agência Nacional de Águas - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília. 2011. 154p.
- BARBOUR M.T., GERRISTSEN J., SNYDER B.D., STRIBLING J.B. Rapid Bioassessment Protocols for Use in *Streams and Wadeable Rivers*: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. Washington, EPA 841-B-99-002. 1999. 339p.
- BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. de M. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, Sandra Baptista da e GUERRA, José Teixeira (Org.). *A questão ambiental: diferentes abordagens*. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil Ltda, 2003.
- BOTELHO, R.G.M. *Enchentes em áreas urbanas no Brasil*. Seminário A questão ambiental urbana: expectativas e perspectivas. (CD ROM). Universidade de Brasília – Brasília (DF), 2004.
- BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (Org.) *Geomorfologia Urbana*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 71-115, 2011.
- BOTELHO, R.G.M; SILVA, A.S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: A.C. Vitte e A.J.T. Guerra (Org). *Reflexões sobre a geografia física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 153-188p, 2004.
- CARREÑO, P. M. L. P. Avaliação Quali-quantitativa das Águas da bacia do Alto Rio Preto – Região de Visconde de Mauá (RJ/MG). Monografia (Especialização em Análise Ambiental e Gestão do Território) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2012.
- CARREÑO, P. M. L. P.; BOTELHO, R. G. M. A contribuição do método qualitativo para a avaliação da saúde dos corpos hídricos: a aplicação do PAR na bacia do Alto Rio Preto. In: XIII Congresso Brasileiro de Limnologia, 2011, Natal. *Anais ...*, 2011.
- CETESB. *Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem*. São Paulo, 2009.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>
- _____. Resolução N°274, de 29 de Novembro de 2000. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>>
- CONIMA. *Plano de zoneamento do território do entorno*. Reserva Biológica do Tinguá. Rio de Janeiro, CD-ROM. PDF 2002, 230p.
- CUNHA, S. B. *Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da bacia do rio São João no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1995.

- CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Org.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 211-252, 2003.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Org.). *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 337-394, 2010.
- DUARTE, N. S. Aplicação de Métodos Direto e Indireto de Avaliação da Qualidade das Águas de Superfície na Sub-Bacia do Rio Sana (Macaé/RJ). Monografia (Especialização em Análise Ambiental e Gestão do Território) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2013, 51 p.
- FNMA. *Mauá Sustentável*. Proposta do Edital FNMA nº 2/2003 – Construção de agendas 21 Locais. Brasília, 2003. 228p.
- IBAMA. *Plano de manejo*. Reserva Biológica do Tinguá - RJ, Rio de Janeiro, 2006, DVD-Rom. PDF, 601p.
- ICMBio. Rebio do Tinguá. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/mata-atlantica/unidades-de-conservacao-mata-atlantica/2143-rebio-do-tingua.html>>. Acesso em 30/07/2013.
- INEA. *Relatório de atendimento ao Ministério Público sobre a qualidade das águas da Micro bacia do Alto Rio Preto*. Única Edição, Rio de Janeiro, 2010, 10p.
- KNIGHTON, A. D. *Fluvial forms and processes*. Edward Arnold, 1984, 218p.
- LACEN. *Manual de Orientação para coleta de água e amostras ambientais*. Santa Catarina, 2010. Disponível em: <<http://www.lacen.saude.sc.gov.br/arquivos/MOCAAA.pdf>>. Acesso em 19/03/2012.
- OLIVEIRA, B.R.G. Alterações antrópicas em cursos de água em ambiente urbano: um estudo de caso na bacia hidrográfica do canal do Mangue, Rio de Janeiro - RJ. 2011. Monografia (Especialização em Análise Ambiental e Gestão do Território) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2011.
- PARK, C. C. Man, river systems and environmental impacts. *Progress in Physical Geography*, 5 (1):1-31, 1981.
- PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. *Mapeamento e Caracterização do Uso das Terras e Cobertura Vegetal no Município do Rio de Janeiro entre os anos de 1984 e 1999*. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2000.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ. Secretaria Municipal de Ambiente. *Plano de Manejo da APA do Sana - fase 1*. Macaé, ONG Viva Rio, Rio de Janeiro, 2003. 123 p.
- RODRIGUES, A. S. L. Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais. 2008. 266p.

_____. A importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos: Uma revisão. *Revista de Saúde e Biologia*. Vol. 5, nº1, p. 26-42, 2010.

SILVA, M. D. Uso e Ocupação do Solo em Zona de Amortecimento de Unidade de Conservação: o caso da Bacia do Rio Tinguá (Nova Iguaçu-RJ). Monografia (Especialização em Análise Ambiental e Gestão do Território) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2007, 60p.

SILVA, S.C. P. Uso e conservação do solo e da água na bacia do rio Itamarati, Petrópolis (RJ). Dissertação de Mestrado, PPGG:UFRJ. Rio de Janeiro, 2005.

SISTEMA ALERTA RIO. Disponível em: <<http://www2.rio.rj.gov.br/georio/site/alerta/alerta.htm>>, <<http://www.sistema-alerta-rio.com.br/>> e <<http://www0.rio.rj.gov.br/alertario>>. Acesso em 01/09/2010.

TERRA, C. Canal do Mangue: estruturação urbana, paisagística e “ambiental” no Rio de Janeiro no Século XIX In: TÂNGARI, V.R.; SCHLEE, M.B.; ANDRADE, R.; DIAS, M.A. (Org.) Águas urbanas: uma contribuição para a regeneração ambiental como campo disciplinar integrado. 1. ed. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU-UFRJ, 2007.