

Análise de uma Metodologia Flexível e dos Aspectos de Interesse para a Modelagem Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão

Marcelo Cerucci¹ & Malva A. Mancuso²

RESUMO --- A modelagem de bacias hidrográficas vem se tornando uma ferramenta essencial para manejo dos recursos hídricos no Brasil. Essas ferramentas, quando utilizadas de forma adequada, conduzem a eficiência do sistema de gestão dos recursos hídricos, otimizam a alocação de recursos financeiros e promovem a melhoria da qualidade ambiental. Este artigo apresenta uma metodologia flexível para a modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Cubatão. O principal objetivo é atender às prioridades identificadas pelo comitê de bacia em duas etapas complementares de modelagem. Em uma fase preliminar, os dados disponíveis são utilizados para a modelagem de toda a bacia. Em uma fase secundária, novos elementos são identificados para uma análise refinada de sub-bacias urbanizadas, permitindo a identificação de ações específicas e solução de problemas. Além disso, a estratégia de modelagem complementa o processo de monitoramento. A metodologia proposta adota informações relevantes para o monitoramento da bacia e modelos de domínio público. Sendo assim, a metodologia proposta oferece uma alternativa flexível, eficaz e de baixo custo para auxiliar o comitê da bacia hidrográfica no gerenciamento dos seus recursos hídricos.

ABSTRACT --- Watershed modeling is becoming an essential tool for water resources management in Brazil. These tools can lead to the effectiveness of the water resources management system, the optimization of the allocation of financial resources and the improvement of environmental quality. A flexible modeling methodology prepared for the Cubatão River Watershed is presented in this article. The goal of this methodology is to address the priorities identified by the watershed committee according to a two phase modeling process. In the preliminary phase, the watershed modeling is performed using available data for the Cubatão River watershed. In the secondary phase, new elements are identified to provide a refined analysis that can help to identify specific actions and to resolve problems within the basin. The modeling strategy also complements the watershed monitoring process. The methodology proposed here requires data available through the watershed monitoring program and adopts public domain models. Therefore, the methodology offers a flexible, effective and low cost alternative for the water resources management system.

Palavras-chave: Modelagem hidrológica, bacia hidrográfica, Cubatão.

¹ Engenheiro Ambiental, MCHYDRO Consultoria Ambiental. mcerucci@mchydro.com tel. 11-8125-5152

² Laboratório de Recursos Hídricos e Avaliação Geoambiental – Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). mancuso@ipt.br tel. 11- 3767-4771

1-INTRODUÇÃO

A modelagem de bacias hidrográficas é utilizada no gerenciamento dos recursos hídricos com o objetivo de compreender como diversos fatores ambientais presentes na bacia hidrográfica afetam a disponibilidade e a qualidade da água. A possibilidade de simular a relação entre diferentes fatores ambientais e os seus efeitos nos recursos hídricos possibilita a avaliação de diferentes ações de intervenção, visando o uso ótimo desses recursos. Os objetivos de um sistema de gestão dos recursos hídricos são particulares para cada região, sendo assim, as ferramentas de modelagem devem ser selecionadas de acordo com as características da área de interesse e os objetivos propostos.

A abordagem para a simulação das bacias hidrográficas e a escolha das ferramentas de modelagem dependem de fatores como as condições críticas da área; presença de períodos de estiagem ou de chuvas; hidrogeologia da bacia; sensibilidade dos ecossistemas; significância de poluição pontual versus poluição difusa e demanda de água para abastecimento, dentre outros.

O objetivo desse artigo é apresentar uma metodologia para a modelagem hidrológica da bacia do Rio Cubatão, localizada na Baixada Santista, Estado de São Paulo. A metodologia apresentada oferece uma estrutura de modelagem simplificada e de baixo custo para atender as necessidades imediatas e futuras do comitê de bacia. Esta proposta metodológica foi elaborada considerando os fatores ambientais e os principais problemas, indicados pelo Comitê de Bacia Hidrográfica da Baixada Santista (CBHBS).

A bacia do Cubatão estende-se longitudinalmente de sudoeste para nordeste e tem uma área aproximada de 185 km². O relevo da região é caracterizado por áreas serranas e de planícies. As nascentes dos rios estão localizadas na Serra do Mar. Os rios correm em direção ao oceano. No trecho de serra, os rios são de caráter torrencial, apresentando enchentes de curta duração com picos acentuados. Vencido o trecho de serra, os rios se tornam de planície, e passam a ser responsáveis pela grande sedimentação fluvial que dificulta o escoamento das águas (Torres et al., 2002). A Figura 1 mostra o relevo e a drenagem da bacia hidrográfica do Rio Cubatão.

Grande parte da bacia do Rio Cubatão é coberta por mata atlântica, tanto no trecho de serra como no trecho de planície. Aproximadamente 90% da área da bacia é coberta exclusivamente por florestas. Nos 10% restantes, encontram-se áreas urbanas e industriais. O polo industrial de Cubatão é formado principalmente por refinarias de petróleo e indústrias petroquímicas. Áreas urbanas contendo residências e atividades comerciais cresceram desordenadamente, ocupando áreas sujeitas a inundações, e muitas não são servidas por esgotamento sanitário (Couto, 2003). Sendo assim, os

trechos urbanos do Rio Cubatão e de seus afluentes estão sujeitos à poluição causada pelos efluentes industriais e domésticos despejados nesses trechos dos rios.

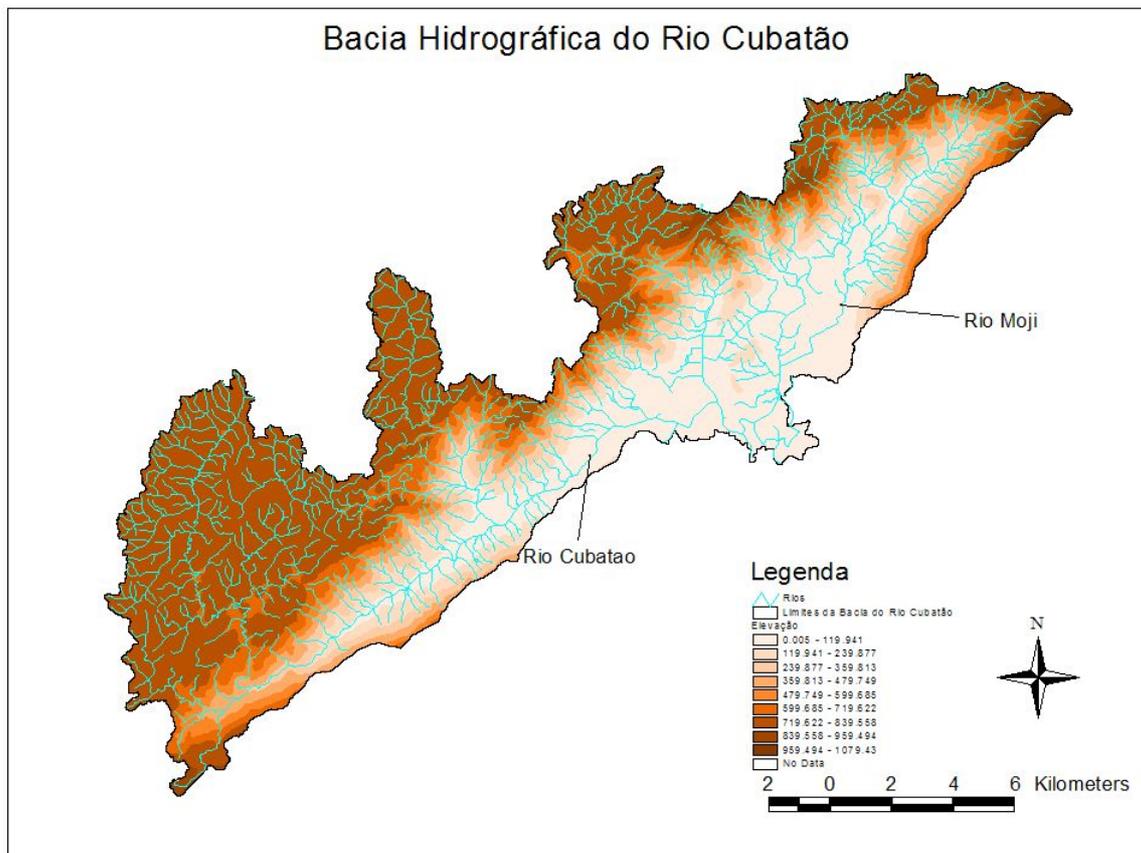


Figura 1: Drenagem e Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão

Dadas às características da bacia do Rio Cubatão e dos seus problemas, o desenvolvimento de uma metodologia de modelagem faz-se necessária para o gerenciamento eficaz dessa bacia hidrográfica.

2-ASPECTOS DE INTERESSE NA BACIA DO RIO CUBATÃO

De acordo com material disponibilizado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica da Baixada Santista (www.csv.unesp.br/P_cbh/downloads/CBHBS.ppt, 2007 e CETEC, 1999), os principais desafios para o gerenciamento dos recursos hídricos são:

- Habitações irregulares em áreas de mananciais
- Baixo índice de coleta e tratamento de esgotos
- Rios e córregos com águas contaminadas
- Deficiências na disposição de resíduos sólidos
- Demanda de água próxima da criticidade
- Alto índice de perdas de água na rede

Dados os problemas acima elencados pelo comitê de bacia, a bacia hidrográfica do Rio Cubatão pode ser dividida em duas áreas principais para a definição de uma estratégia de modelagem dos recursos hídricos: áreas de drenagem à montante e à jusante dos pólos industriais e urbanos de Cubatão. As áreas à montante são caracterizadas pela cobertura vegetal densa e rios livres de efluentes industriais ou de esgoto sanitário. Essas características são favoráveis para a boa qualidade da água. Grande parte dessa área florestada está dentro dos limites do Parque Estadual da Serra do Mar. Embora o Parque Estadual da Serra do Mar seja uma unidade de conservação, pressões demográficas aliadas à ocupação desordenada são uma constante ameaça para a integridade do ecossistema dessa unidade. Essa ameaça dá-se principalmente nos limites das áreas de florestas com as áreas urbanas.

Ao contrário das áreas florestadas, que contribuem para a preservação dos recursos hídricos, as áreas da bacia onde se concentram as atividades industriais e urbanas tem sido a fonte mais comum de poluição das águas superficiais e subterrâneas ao longo de várias décadas (Couto, 2003). A degradação da qualidade de água pode ser constatada através de amostras retiradas dos corpos d'água da região. A Tabela 1 mostra o resultado de amostras de coliforme fecais feitas pela CETESB no ano de 2005 e 2006 em várias estações (CETESB, 2006 e CETESB, 2007).

Tabela 1: Análises de coliformes realizadas na bacia do Rio Cubatão (Coli Termo UFC/100ml)

Estação	CUBA027	CFUG029	MOJI028	PIAC027	CUBA039
Descrição	Rio Cubatão Ponte Preta	Canal de Fuga Henry Borden	Rio Moji	Rio Piaçaguera	Rio Cubatão Pereque
15/02/2005	4900	7.8	3300	2300	3300
26/04/2005	4900	230	4900	13000	240000
23/06/2005	4900	49	2300	4900	7900
11/8/2005	4900	1700	110000	1100	7900
19/10/2005	11000	1300	1700	4900	4900
14/12/2005	14	13000	1100	2400	1700
1/2/2006	4900	7.8	1300	4900	11000
5/4/2006	490	790	330	49000	7900
26/6/2006	3300	33	1700	17000	33000
2/8/2006	2200	47	7000	35000	13000
18/10/2006	4900	23	170	3300	35000
13/12/2006	490	45	350	9400	4900
Padrão CONAMA	1000	1000	1000	1000	4000

Fonte: CETESB, 2006 e CETESB, 2007.

As estações de monitoramento de qualidade de água estão localizadas dentro da malha urbana. A quantidade de coliformes fecais na maioria das estações está acima do padrão estabelecido pelo

Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA N° 357/05 (CONAMA, 2005). Altos índices de coliformes fecais estão relacionados com lançamentos de esgoto sanitário sem tratamento. O lançamento de esgoto ocorre dentro das áreas urbanas e são considerados fontes pontuais de poluição.

Além dos problemas de qualidade de água, as áreas urbanas e industriais estão sujeitas a alagamentos constantes. As enchentes do Rio Cubatão afetam as áreas situadas na planície aluvial do seu curso inferior e ocasionam prejuízos significativos. Os trechos de rio localizados na área de planície apresentam grande resistência à vazão. Essa resistência à vazão é uma característica desses tipos de rios, que geralmente possuem muitos meandros e grandes áreas de alagamento (Torres *et al.*, 2002). Essa característica dos rios de planície é fundamental para os ecossistemas de manguesais dessa faixa litorânea.

A disposição dos resíduos sólidos também pode afetar a qualidade da água dos rios. Os resíduos podem ser de origem industrial ou doméstica e devem ser destinados a aterros específicos de acordo com a sua classificação. Os aterros de resíduos sólidos, caso não estejam preparados para receber o tipo de resíduo ao qual se destinam, podem representar uma fonte de poluição significativa para as águas subterrâneas e superficiais. O chorume, que resulta da decomposição de material orgânico, pode infiltrar através solo e alcançar o lençol freático e eventualmente os rios alimentados pelo lençol. O mesmo ocorre com substâncias utilizadas nos processos de indústrias instaladas na região.

A demanda por água potável e a sua distribuição também são prioridades para o gerenciamento dos recursos hídricos. De acordo com dados da SABESP, publicados pelo jornal A Tribuna em 22 de agosto de 2004, os Rios Cubatão e Pilões são as principais fontes de abastecimento da rede pública de distribuição de água potável de Santos, São Vicente, Cubatão e Praia Grande. Parte da água também é captada dos canais de descarga da Usina Henry Borden, abastecido pela Represa Billings. O ponto de captação no Rio Cubatão fica na chamada Água Fria, onde mais de mil famílias de duas favelas próximas e dos bairros lançam seus dejetos (Malzone, 2004).

Os aspectos relevantes para o gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica de Cubatão são interdependentes. A contaminação dos rios, perdas de água da rede de abastecimento e demanda de água estão associadas às habitações irregulares e ao baixo índice de coleta de esgotos. Embora os problemas principais tenham sido identificados, a escolha de ações para solucioná-los deve ser baseada em estudos técnicos capazes de levar em conta as prioridades definidas pelos comitês de bacia e as características dos ecossistemas dessa bacia hidrográfica.

3-MODELAGEM HIDROLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUBATÃO

A estratégia de modelagem proposta inclui os aspectos ambientais da bacia do Rio Cubatão. Essa estratégia consiste na utilização de ferramentas de modelagem que considerem os dados necessários e disponíveis para a execução eficiente do modelo e que seja capaz de auxiliar o planejamento de ações na bacia do Rio Cubatão. A estratégia de modelagem é dividida em duas fases. Na primeira fase, o modelo hidrológico é preparado para toda a bacia utilizando-se dados disponíveis de relevo, uso e ocupação do solo, tipos de solo, precipitação, vazão e qualidade de água em estações de monitoramento existentes. Na segunda fase, dados complementares são obtidos e um modelo hidrológico refinado é aplicado para as sub-bacias com predominância de áreas urbanas. A Figura 2 mostra um quadro esquemático da estratégia de modelagem elaborada para a bacia do Rio Cubatão.

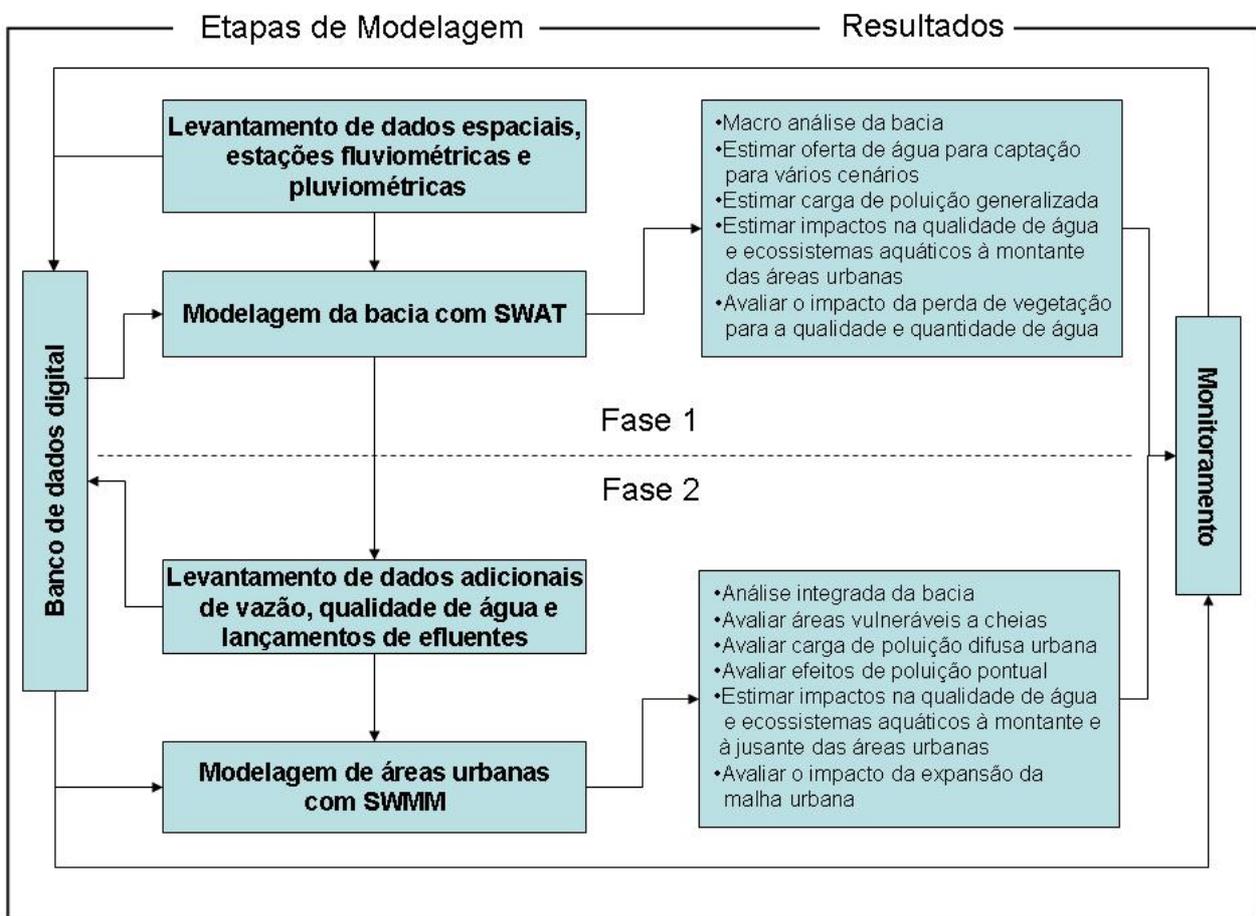


Figura 2: Quadro esquemático da estratégia de modelagem elaborada para a bacia do Rio Cubatão

A primeira fase da estratégia de modelagem consiste na modelagem hidrológica da bacia hidrográfica com o modelo “Soil and Water Assessment Tool” (SWAT) (Arnold *et al.*, 1998). Na segunda fase da estratégia, a modelagem das áreas urbanas é realizada com o modelo “Stormwater Management Model” (SWMM) (Roesner *et al.*, 1988), o qual complementaria a modelagem

hidrológica da bacia. Os dados levantados para a modelagem são inseridos em uma base de dados digital, que dá suporte à utilização dos dados de monitoramento no gerenciamento da bacia. As etapas da metodologia proposta são descritas com detalhes nas seções seguintes.

3.1 - Fase 1-Modelo hidrológico inicial da bacia do Rio Cubatão

A modelagem de bacias hidrográficas inclui a simulação da fase terrestre do ciclo hidrológico, fluxo dos rios, transformação e carregamento de substâncias nos rios. A origem da poluição pode ser classificada em dois tipos: pontual e difusa. A poluição pontual é causada pelo lançamento de efluentes nos cursos de água. Esses efluentes podem ser resíduos de processos industriais ou esgotamento sanitário. A Poluição difusa é causada pelo carregamento de nutrientes, substâncias tóxicas ou dejetos pelo escoamento superficial de água de chuva. A cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, tipos de solos e relevo constituem fatores determinantes para estimar a poluição difusa que chega aos rios.

Aproximadamente 90% da área da bacia do Rio Cubatão é coberta por florestas, enquanto somente 10% apresenta áreas urbanas e pólos industriais (Digital Globe, 2007 e Oliveira *et al.*, 2005). Devido a esse contraste, podem ser utilizadas diferentes estratégias de modelagem para essas áreas. As áreas florestadas não apresentam problemas crônicos de qualidade de água. Entretanto, elas são pressionadas por ocupações irregulares e possuem ecossistemas ameaçados que devem ser preservados. Para essas áreas, é de interesse simular o impacto da extensão da malha urbana e definir áreas mais suscetíveis para subsidiar os planos de ação.

Para fins de modelagem, a bacia hidrográfica do Rio Cubatão pode ser dividida em nove sub-bacias (Figura 3). As sub-bacias mostradas na Figura 3 foram delineadas a partir de um modelo de elevação digital do terreno (DEM) (IGGSP, 1971 e 1972). Essas sub-bacias definem as áreas de drenagem dos principais efluentes do Rio Cubatão, assim como diferenciam áreas de floresta e áreas urbanas.

As sub-bacias foram delineadas tendo em vista os principais cursos d'água, a distribuição do uso do solo e estações com dados contínuos de vazão (estações fluviométricas) (DAEE, 2000). Existem duas estações com dados fluviais na bacia do Rio Cubatão. Uma delas está localizada no próprio Rio Cubatão (Estação Ponte Preta). A outra localiza-se no Rio Moji (Estação Moji). Medidas diárias de vazão foram realizadas nessas duas estações no período de 11/1966 à 06/1969 e de 08/1972 à 10/1974 respectivamente (Oliveira *et al.*, 2005). Essas medidas de vazão podem ser utilizadas para a calibração de um modelo hidrológico para a bacia do Rio Cubatão.

Modelos hidrológicos utilizam dados de precipitação, temperatura, uso e ocupação do solo, tipo do solo, relevo, entre outros parâmetros, para simular a fase terrestre do ciclo hidrológico e a

massa de poluentes levada até os rios através do escoamento superficial. No caso da bacia do Rio Cubatão, o modelo SWAT pode ser aplicado para a simulação de toda a extensão da bacia hidrográfica. Esse tipo de simulação permite uma avaliação global da bacia. Entretanto, devido à localização das estações de calibração, a validade do modelo fica restrita às sub-bacias localizadas à montante das estações fluviométricas. Mesmo com essa restrição, análises da expansão ou redução da malha urbana podem ser realizadas.

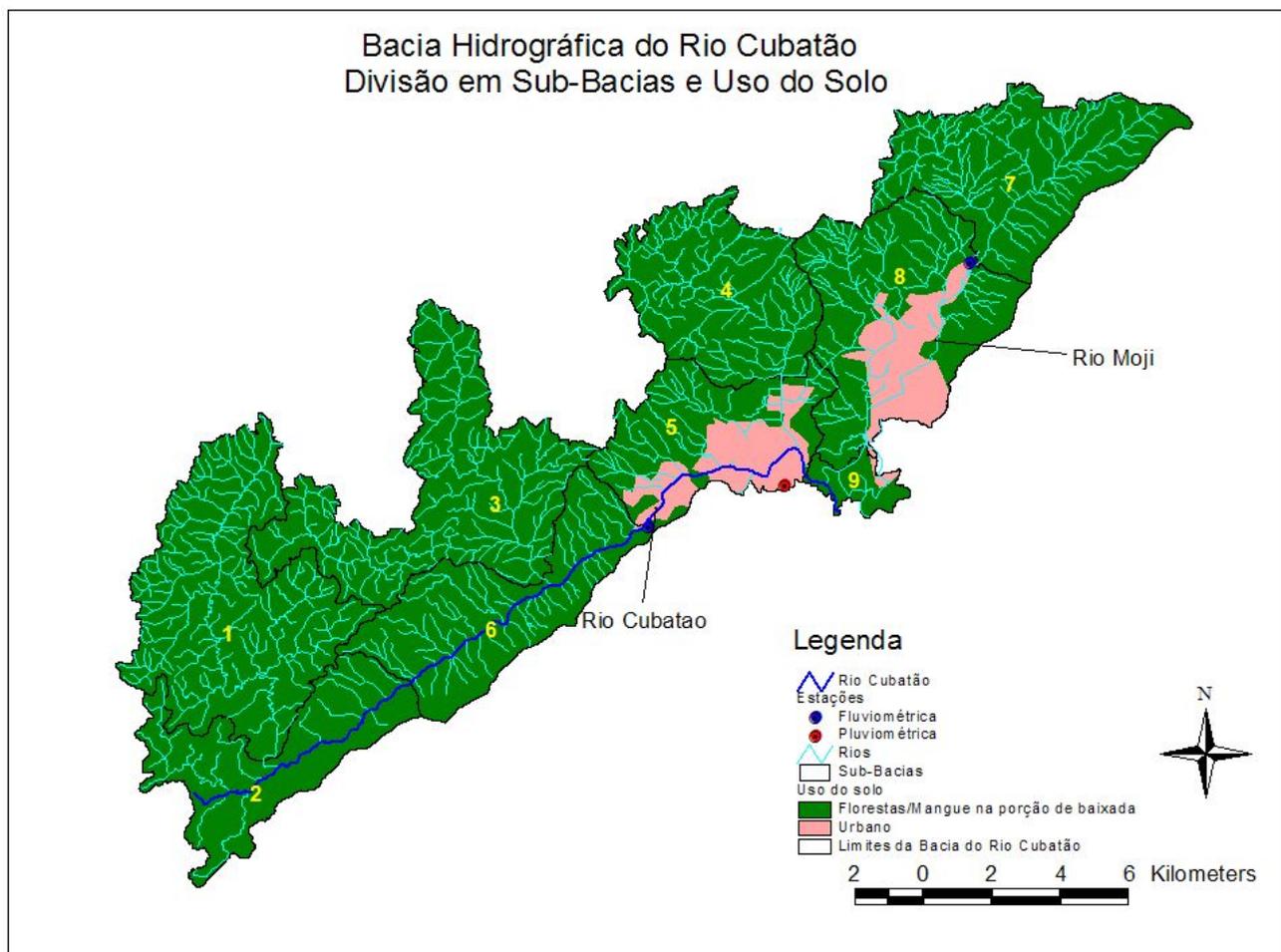


Figura 3: Distribuição das sub-bacias definidas para o modelo hidrológico em função da malha de drenagem e do uso e ocupação do solo

Além dos aspectos já mencionados para a simulação da poluição difusa, os modelos hidrológicos também levam em conta descargas de indústrias, esgotos ou transposições de água. Os efluentes industriais e de esgotamento sanitário são considerados fontes pontuais de poluição. O volume diário de água e a massa total de poluição são dados necessários para que o efeito dos efluentes possam ser levados em consideração. O mesmo ocorre com a transposição de água existente na bacia. O Rio Cubatão recebe regularmente a descarga da usina Herry Borden. Essa água é levada da Represa Billings ao rio Cubatão e é utilizada para o abastecimento público de grande parte da Baixada Santista. Sendo assim, a quantidade e qualidade da água transposta é

fundamental para manter níveis mínimos de vazão necessários para a integridade dos ecossistemas aquáticos e para suprir a demanda de água na Baixada Santista.

Modelos hidrológicos são capazes de simular a vazão e a qualidade da água dos rios por longos períodos de tempo. Esse tipo de análise permite a avaliação simultânea da disponibilidade de água e a sua qualidade de acordo com vários cenários de regimes de fluxo, regras de operação de transposições de água e descarga de efluentes, assim como mudanças de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Embora modelos hidrológicos como o SWAT sejam capazes de considerar o efeito da poluição pontual e difusa ao mesmo tempo, é fundamental que dados de vazão e concentrações das substâncias de interesse estejam disponíveis. Para a calibração e validação do modelo hidrológico proposto, também são necessários dados de qualidade da água à jusante das áreas de descarga. As informações disponíveis no momento não permitem uma avaliação detalhada dos efeitos da poluição pontual no Rio Cubatão. Para a realização da simulação hidrológica da bacia é necessário o levantamento dos pontos relevantes de descarga de efluentes, assim como o desenvolvimento de uma base de dados digital com as concentrações dessas descargas. Além disso, em função da qualidade atual do recurso (CETESB, 2006 e 2007), considerando o impacto decorrente da descarga destas águas no ecossistema estuarino, alerta-se para a importância da instalação de novas estações fluviométricas e de caracterização de qualidade nos trechos urbanos.

Dada às limitações impostas pelos dos dados disponíveis, a aplicação de um modelo hidrológico fica limitada às áreas florestadas, as quais não são o foco das ações de intervenção na bacia.

3.2 – Fase 2 - Modelo hidrológico das sub-bacias urbanas

Como foi discutido na seção anterior, modelos hidrológicos como SWAT permitem uma avaliação generalizada da bacia hidrográfica. Uma vez coletados os dados necessários para a avaliação completa da bacia do Rio Cubatão, que inclui poluição pontual e difusa, pode ser elaborada uma abordagem de modelagem mais detalhada para as áreas urbanas.

No caso da bacia do Rio Cubatão, um décimo da área contém atividades industriais e urbanas concentradas em duas sub-bacias (sub-bacias 5 e 8, Figura 3). Essa característica permite que as áreas urbanas sejam analisadas separadamente. A modelagem diferenciada das áreas urbanas e dos trechos urbanos dos rios, permite uma análise refinada dos efeitos das descargas de poluentes e da poluição difusa urbana, o que pode subsidiar estratégias de ação específicas para estas áreas.

O modelo SWMM permite a modelagem detalhada das áreas urbanas. SWMM é um modelo dinâmico de chuva-vazão que permite simular a vazão e qualidade de água de eventos isolados ou

períodos de longa duração. SWMM possibilita a simulação de sistemas de drenagem urbana complexos, incluindo canais, dutos, reservatórios, estações de bombeamento e estações de tratamento.

O uso de modelos que permitem a análise detalhada da malha urbana é fundamental para a bacia do Rio Cubatão. Todos os problemas elencados pelo CBHBS ocorrem nessas áreas. A elaboração de um modelo de manejo de águas de chuva como o SWMM permite avaliar ações em diferentes localidades dos pólos urbanos e industriais, avaliar ações para a remediação de enchentes e carreamento de poluição difusa dos centros urbanos, entre outras medidas técnicas que vem sendo recomendadas para essas localidades.

O modelo SWMM permite a simulação do escoamento e qualidade de água superficial. Entretanto, os processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem nos trechos de rios que atravessam a malha urbana não são simulados por SWMM. Sendo assim, os resultados do modelo SWMM podem ser utilizados como dados de entrada para o modelo hidrológico da bacia. Essa acoplação de modelos permite que a bacia do Rio Cubatão seja simulada em escalas diferentes, de forma a propiciar uma abordagem de modelagem flexível e eficiente. Nesse caso, as áreas florestadas seriam modeladas com o SWAT enquanto a malha urbana seria modelada com SWMM.

A calibração do modelo SWMM pode ser mais complexa que a calibração do modelo SWAT. A calibração do SWMM envolve dados medidos durante as chuvas como vazões e concentrações de poluentes para várias localidades e durante chuvas de diferentes intensidades.

3.3 - Contaminação de água subterrânea.

A contaminação da água subterrânea da-se através da infiltração de substancias tóxicas pelas camadas superficiais do solo. A disposição inapropriada de resíduos sólidos é um exemplo de fontes de poluição do lençol freático. Estudos realizados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) mostram uma metodologia para identificar e áreas vulneráveis a poluição das águas subterrâneas. Essa metodologia foi aplicada na bacia do Rio Cubatão e pode ser utilizada juntamente com a metodologia proposta nesse artigo para o gerenciamento dos recursos hídricos dessa região (Oliveira *et al.*, 2005).

5 - CONCLUSÃO

O desenvolvimento de estratégias de modelagem voltadas para atender os problemas identificados pelos comitês de bacias hidrográficas são críticos para o sucesso no processo de modelagem. Existem inúmeras ferramentas de modelagem disponíveis. Essas ferramentas podem

ser utilizadas de forma integrada para oferecer uma estratégia de modelagem que seja eficiente do ponto de vista econômico e da qualidade ambiental.

A estratégia de modelagem em duas fases proposta para a bacia do Rio Cubatão apresenta como vantagem a utilização dos dados disponíveis para a análise preliminar enquanto dados complementares são adquiridos para subsidiar a análise detalhada da área. Os dados obtidos para a modelagem podem ser usados para auxiliar no monitoramento da bacia. Os modelos elaborados com softwares de domínio público irão permitir a atualização dos dados de acordo com o monitoramento da bacia. Esta dinâmica de atualização é importante para acompanhar a evolução da qualidade ambiental na bacia do Rio Cubatão e para a identificar problemas futuros, contribuindo para a identificação de medidas que possam prevenir ou mitigar os impactos no sistema.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnold, J.G., R. Srinivasan, R.S. Muttiah, and J.R. Williams, 1998. *Large Area Hydrologic Modeling and Assessment. Part I : Model Development*. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 34(1):73-89.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE CONAMA, 2005. Resolução CONAMA Nº 357. Diário Oficial da União - DOU 18.03.2005. Brasil. 24 p.

DAEE – Departamento de Águas e energia elétrica, 2000. BcDae2000 - Banco Pluviométrico, Fluviométrico e Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo, v. 1.0. CDRoom.

CETEC, 1999. Minuta Preliminar do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 7. Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista, 238 pp. <http://www.sigrh.sp.gov.br>.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2006. Relatório de qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2005. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. 488 p. <http://www.ceteb.sp.gov.br>.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2007. Relatório de qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2006. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. 327 p. <http://www.ceteb.sp.gov.br>.

Digital Globe 2007. Google Earth. Cubatão, São Paulo, Brazil. <http://www.earth.google.com>

Couto J. M., 2003. Entre Estatais e Transnacionais: O Pólo Industrial de Cubatão. Tese de Doutorado. Instituto de Economia da Universidade de Campinas (Unicamp).

IGGSP - Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo, 1972. Folha de Santos. Folhas SF-23-Y-D-IV-3 e SG-23-V-B-I-1. Escala: 1:50.000.

IGGSP – Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo, 1971. Folha de Mongaguá. Folha SG-23-V-A-III-2. Região Sul do Brasil. Escala: 1:50.000.

Malzone, V., 2004. Caminho até a torneira: Antes de chegar às casas, a água consumida em Santos, Cubatão, São Vicente e Praia Grande percorre um trajeto que começa nos rios Pilões e Cubatão, no sopé da Serra do Mar. Jornal A Tribuna (22 de Março de 2004). <http://www.novomilenio.inf.br/cubatao/ch058b.htm>

Oliveira, M.M., Henriques, M.J., Ferreira, J.P., 2005. Integrated Ecological Coastal Zone Management System. SIG mapping of hydrogeologic parameters including groundwater recharge assessment and vulnerability to pollution. LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. Deliverable 2.6 - 1st Part: Santos Estuary. Relatório 413/05.

Roesner, L.A., Aldrich, J.A. and R.E. Dickinson, 1988. Storm Water Management Model, Version 4, User's Manual: Extran Addendum, EPA/600/3-88/001b (NTIS PB88-236658/AS), U.S. EPA, Athens, GA, 30605.

Torres F.R., J.C. Braga Jr. W.R. Borges, 2002. O que você precisa saber sobre Cubatão. Design & Print, Cubatão.