

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DE APOIO À GESTÃO AMBIENTAL COM FOCO NOS RECURSOS HÍDRICOS

Carlos Roberto Valêncio^{1}; Antonio Carlos Carvalho²; Camila Alves de Medeiros³; Paulo Scarpelini Neto⁴; Fernando Tochio Ichiba⁵*

Resumo – A lei federal 9.433/97 define a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos, sendo prevista a utilização de sistema de informações como instrumento para caracterizar a situação da bacia. Na prática, além de armazenar e manipular dados referentes às características dos recursos hídricos é fundamental que tais sistemas realizem a correlação desses dados com a localização geográfica, para permitir a análise da distribuição destas características ao longo da bacia. Neste trabalho é apresentado um projeto que contempla a coleta de dados *in loco*, com o propósito de garantir a confiabilidade das informações, uma vez que os dados oficiais divergem em relação a real situação ambiental; e um sistema computacional que além de suportar a caracterização da situação da bacia prevista na lei, agrega recursos para o armazenamento, manipulação e análise de dados georreferenciados, de forma interativa, em uma plataforma *web* por meio de tecnologias avançadas e gratuitas, bem como contempla um ambiente de identificação e monitoramento dos recursos naturais que suporta planejamento de ações de preservação e recuperação ambiental. O projeto foi aplicado em duas regiões da Bacia Hidrográfica Turvo/Grande, beneficiando indiretamente mais de um milhão de habitantes.

Palavras-Chave – Gestão Ambiental; Recursos Hídricos; Sistema de Informações Geográficas.

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO SUPPORT ENVIRONMENTAL MANAGEMENT WITH FOCUS ON WATER RESOURCES

Abstract – Federal law 9.433/97 define watershed as unit of water resources management, being expected the use of information system as a tool to characterize the watershed situation. In practice, besides to store and manipulate data is crucial that these systems perform the correlation of these data with the geographic location, to enable analysis of the distribution of these characteristics throughout the watershed. This paper presents a project that involves the collection *in loco* of data, in order to ensure the reliability of the information, once official data shows deviations from the real environmental situation; and a computational system that besides to support the characterization of the watershed situation the under the law, aggregate resources for the storage, manipulation and analysis of georeferenced data, interactively and in web platform using advanced and free technologies, and includes an module of identification and monitoring of natural resources which supports planning of conservation and restoration environmental. The project was developed in two regions of Turvo/Grande watershed, indirectly benefiting more than one million inhabitants.

Keywords – Environmental Management; Watershed Management; Geographic Information System.

^{1*} Doutor em Computação, UNESP, São José do Rio Preto – SP. E-mail: valencio@ibilce.unesp.br.

² Eng°. Civil e Matemático, Comitê Turvo/Grande, São José do Rio Preto – SP. E-mail: accarvalho10@hotmail.com.

³ Mestranda em Computação, UNESP, São José do Rio Preto – SP. E-mail: camila.alves.medeiros@gmail.com.

⁴ Mestre em Computação, UNESP, São José do Rio Preto – SP. E-mail: pauloscarpelini@gmail.com.

⁵ Mestre em Computação, UNESP, São José do Rio Preto – SP. E-mail: fernandoichiba@sjrp.unesp.br.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, muito tem sido feito para tentar minimizar os problemas que atingem o meio ambiente, tais como mudanças climáticas, erosão, desertificação e escassez da água Spiegel *et al.* (2012) e Strager *et al.* (2010). Uma das soluções que tem recebido investimento no Brasil é o uso da tecnologia da informação para suporte a gestão ambiental, que vem se mostrando uma importante aliada para a preservação dos recursos naturais e recuperação das áreas degradadas, no que se refere a recursos hídricos, solo, matas ciliares e outros Valêncio *et al.* (2010) e Taddei (2011). Tal investimento tem o suporte da lei federal 9.433/97, que prevê a utilização de sistemas de informação como um dos instrumentais de apoio à caracterização da situação dos recursos hídricos BRASIL (1997).

Com o propósito de suportar a gestão ambiental com foco nos recursos hídricos, foi desenvolvido um trabalho que contempla: o levantamento *in loco* dos dados referentes aos recursos naturais, bem como o georreferenciamento dos mesmos com o propósito de obter a situação real dos recursos; um sistema de informação de suporte à gestão ambiental de uso livre aos órgãos públicos de interesse, com disponibilidade de recursos para armazenamento, manipulação e análise de dados georreferenciados com tratamento por meio de algoritmos computacionais avançados próprios; um ambiente de identificação e monitoramento de matas ciliares e nascentes.

2. REGIÕES ALVO DO PROJETO

A Bacia Hidrográfica Turvo/Grande localizada no interior de São Paulo contempla uma área de aproximadamente 15.983 km², sendo composta por mais de 66 municípios com uma população de aproximadamente 1.242.827 habitantes CBH-TG (2010). A maior demanda para captação de água proveniente dos poços destina-se ao uso urbano, o que totaliza 57,17% do total captado, seguido do uso industrial – 18,33% IPT, CPTI, CBH-TG (2009). Por meio desse levantamento, constatou-se a existência de outras atividades com percentuais muito inferiores aos demais – como é o caso de comércio e serviços – o que também leva a concluir que possivelmente há ausência de cadastro ou outorga dos usos no DAEE, o que evidencia a deficiência dos órgãos federais, estaduais e municipais no completo domínio dos recursos que estão sendo explorados.

Ainda com relação ao descontrole do uso e existência desses recursos hídricos, segundo o balanço hídrico do Comitê da Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande, foi levantado que há um desperdício de aproximadamente 3.536.898 m³ de água por mês, o suficiente para abastecer a população de mais de 400 mil habitantes do município de São José do Rio Preto durante 11 meses. Além disso, em trabalhos de campo é possível verificar os sinais de exaustão dos recursos hídricos e a falta de proteção de mata ciliar, das nascentes, rios assoreados e contaminados, que podem ser explicados pelo amplo desenvolvimento de atividades agrícolas na bacia e o crescimento desordenado das cidades Silva *et al.* (2011).

O projeto foi desenvolvido com recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO em duas áreas da bacia hidrográfica Turvo/Grande: na região do município de Monte Azul Paulista – SP, que soma 133 km², localizada na sub-bacia do Avanhandava, conforme Deliberação CBH-TG (2008) e na região do município de Votuporanga com aproximadamente 130

km², localizada na sub-bacia Ribeirão do Marinheiro, de acordo com a Deliberação CBH-TG (2010).

3. O TRABALHO DESENVOLVIDO

O levantamento *in loco* efetivado nas regiões alvo tem o objetivo de alimentar o sistema com dados que reflitam a realidade dos recursos naturais, a fim de garantir a confiabilidade das informações obtidas por meio do sistema computacional. O DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) disponibiliza informações fundamentais para as tomadas de decisão dos órgãos de interesse, tais como o número de postos de coleta de água e o uso dos recursos hídricos. Entretanto, o número de postos de coleta de água existentes difere do número oficial de cadastros ou outorgas no DAEE.

Para que o trabalho pudesse ser desenvolvido foram realizadas diversas reuniões com as entidades e autoridades com o propósito de definir os dados que seriam armazenados e gerenciados pelo sistema computacional, a fim de que o mesmo fosse desenvolvido de acordo com necessidades dos órgãos responsáveis pela gestão ambiental. A partir disso, uma equipe de especialistas visitou todas as unidades rurais pertencentes às regiões alvo, no qual foram coletados dados referentes aos recursos hídricos: localização dos poços; usuários; vazão retirada, utilidade, tipo de equipamento, coordenadas UTM, tipos de captação, coordenadas latitude, longitude e altitude, bem como dados relacionados à propriedade: esquemas de irrigação, culturas, detritos, solo, fonte de energia, matas ciliares, nascentes e rios.

A arquitetura do sistema desenvolvido permite aplicar todos os recursos computacionais ao passo que os dados coletados *in loco* são inseridos, o que possibilita uma análise imediata da situação dos recursos naturais. O sistema disponibiliza um conjunto de relatórios com estatísticas sobre tais dados, sendo organizados em: finalidade do uso da água; tipo de captação d' água; cultura; detritos; energia; irrigação; poço; situação de propriedade; recursos hídricos e solo. Além disso, o sistema contempla uma interface que permite manipular e analisar os dados georreferenciados referentes aos recursos naturais junto ao mapa da respectiva região, conforme é ilustrado na Figura 1.

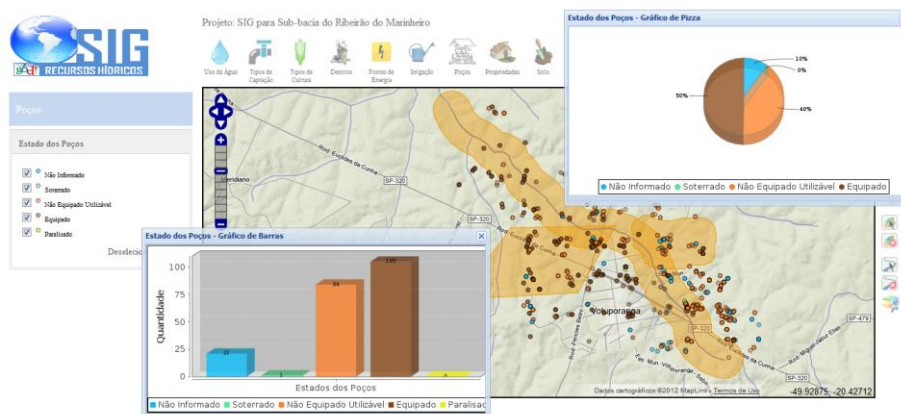


Figura 1 - Interface com recursos para manipulação e análise dos dados georreferenciados

Na interface apresentada na Figura 1 verifica-se que os dados são organizados pelas mesmas categorias definidas nos relatórios, sendo que para cada categoria é disponibilizado um conjunto de

filtros que permitem restringir os recursos naturais que serão analisados. No mapa, é possível visualizar tanto a distribuição dos dados georreferenciados por toda região alvo, neste caso na sub-bacia do Ribeirão Marinheiro, como também de regiões específicas por meio da aplicação de ferramentas que permitem selecionar: pontos, município, rios, margem de rios e distritos. Uma vez realizada a seleção de uma ou mais regiões e aplicado um dos filtros, o sistema gera automaticamente os relatórios que refletem as estatísticas sobre os dados selecionados.

O ambiente de identificação e monitoramento dos recursos naturais também foi desenvolvido com tecnologias gratuitas e de complexidade avançada, com base em algoritmos próprios de processamento de imagens e formulários para alimentação de um banco de dados geográficos referentes ao monitoramento *in loco* dos mesmos, a fim de atender às necessidades dos técnicos e gestores ambientais tanto no trabalho de campo, quanto no monitoramento e tomada de decisões que dizem respeito ao diagnóstico ambiental.

Na Figura 2 é apresentada a interface para identificação de matas ciliares, rios, nascentes e cálculo de Áreas de Preservação Permanente - APP. Por meio das ferramentas de desenho o usuário pode delimitar no mapa o rio, representado pela cor azul, e posteriormente o sistema irá calcular a APP, representada por uma área em verde ao redor do rio. É possível cadastrar um ou mais setores da APP para que seja realizado um acompanhamento da área cadastrada, que pode ser visualizado na respectiva figura por meio de quadrados desenhados sobre um setor de APP. O sistema também permite delimitar um trecho de mata ciliar, representado na figura por polígonos verdes, e cadastrar o trecho para o monitoramento da mata.

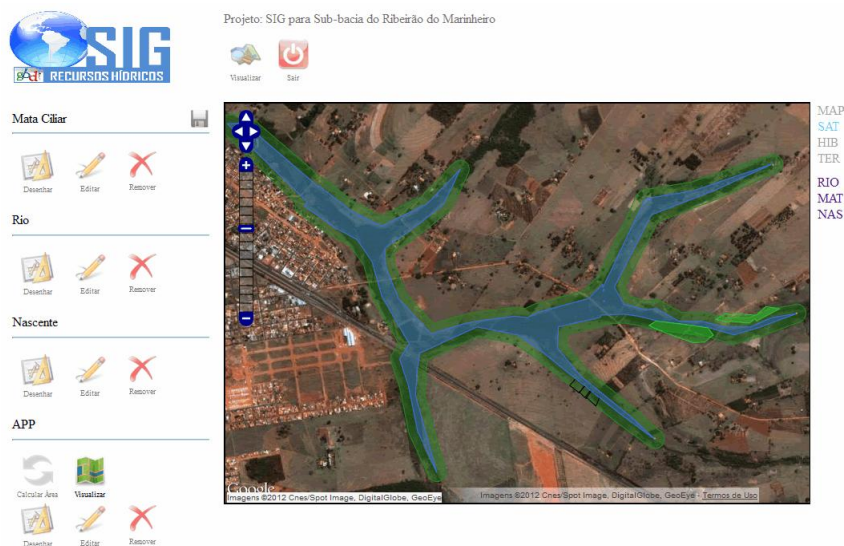


Figura 2 – Interface para identificação dos recursos naturais, com destaque de uma porção de rio e respectiva mata ciliar

O sistema disponibiliza formulários para o cadastro de dados a respeito do rio, nascente, setor da APP e mata ciliar delimitada no mapa. Por meio da identificação visual dos recursos naturais no mapa em conjunto com os formulários é possível estabelecer um panorama geral da situação do meio ambiente, monitorar regiões degradadas, remanescentes e preservadas, bem como planejar e acompanhar ações de preservação e recuperação ambiental. Na Figura 3 é apresentado o formulário para cadastro de mata ciliar.

Formulário de Mata Ciliar

Nome:

Localização na propriedade:

Atividade produtiva principal da propriedade:
 Citricultura Pastagem Cana de Açúcar Outros

Atividade produtiva principal no passado:
 Café Laranja Algodão Outros

Vazão atual do curso d'água:
 m³/s

Tipo de Solo:
 Não Informado Arenoso Argiloso Latoso Roxo

Índice de Compactação do terreno:
 1 2 3 4 5

Figura 3 - Formulário para cadastro de mata ciliar

4. RESULTADOS

Na sub-bacia do Ribeirão do Marinheiro foram registrados 535 pontos de captação de recursos hídricos, enquanto que no *site* do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE são contabilizados apenas 289 poços. Observou-se que todas as propriedades têm, pelo menos, um poço simples “caipira”, cuja água é utilizada para consumo próprio e também para os animais. Foi possível constatar *in loco* que a maioria dos poços não possui proteção, nem ao menos uma cerca em volta da bomba, sendo que a distância que os separa da caixa d'água é mínima. Foram identificados poços dentro da residência devido à ampliação de novos quartos e áreas externas, como é exemplificada pela Figura 4 (a), e poços no curral do gado, como é exemplificado na Figura 4 (b).



Figura 4 – (a) Poço “caipira” no interior de uma residência. (b) Poço “protegido” em área de pastagem

Os entrevistados sabem da criticidade da sub-bacia do Ribeirão do Marinheiro, visto que já perceberam que os poços não oferecem mais a mesma quantidade de água. No entanto, a maioria não tem conhecimentos básicos a respeito da proteção de recursos hídricos, nem sequer sobre o funcionamento e operação de um poço. Durante o trabalho *in loco* também foram encontradas evidências da má conservação de matas ciliares e nascentes, tal como a proximidade à represa

municipal que abastece a cidade, onde a urbanização está comprometendo ainda mais o reservatório que se observa estar assoreado. Por outro lado, os proprietários que possuem APP em suas propriedades estão receptivos à proposta de recuperar as áreas degradadas e na expectativa de uma contrapartida da prefeitura em fornecer o arame e as estacas para cercar as nascentes e matas ciliares.

Na sub-bacia do Avanhandava foram cadastrados 182 recursos hídricos. Todas as propriedades possuem ao menos um poço semi-artesiano, cuja água é utilizada para consumo próprio e para pulverizar os defensivos na laranja, sendo que 95% não possuem proteção. O mais agravante é que tais poços abastecem as bombas de pulverização em uma distância de no máximo 5 metros e durante o abastecimento, a água que cai fora da bomba mistura-se com o óleo de motor, além disso, os pneus dos tratores com o resíduo do defensivo agrícola são lavados neste local, comprometendo toda a proteção dos poços. Também foi verificada existência de poços que armazenam os defensivos agrícolas debaixo da caixa d' água e outros nos quais a caixa está acima do poço e toda a água que escoa, possivelmente contaminada, atinge diretamente o mesmo. Na maioria das propriedades não existe controle adequado para manuseio dos produtos utilizados para pulverizar os *citrus*. O motivo de todas estas irregularidades é a falta de informação e principalmente a baixa escolaridade dos funcionários das propriedades, já que 70% deles não completaram o primário.

Com o propósito de mostrar a utilização da interface com recursos para manipulação e análise de dados georreferenciados, na Figura 5 é ilustrado como as informações podem ser extraídas da referida interface.

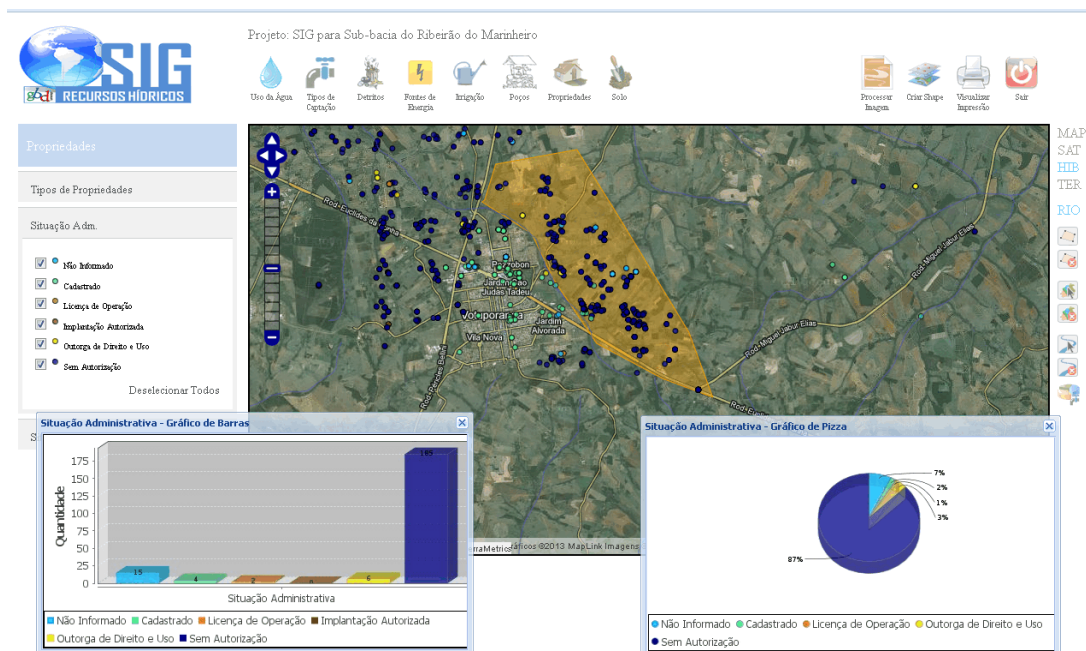


Figura 5 – Situação administrativa na região selecionada

Inicialmente, selecionou-se o filtro situação administrativa e verificou-se que várias propriedades não possuem autorização dos órgãos responsáveis. Em seguida, selecionou-se uma região e foram gerados automaticamente os gráficos, apresentados na Figura 5. Verifica-se que 87% das propriedades não possui autorização dos órgãos públicos. Ao analisar outras características

dessa região por meio da aplicação de outros filtros foi observado que 96% das captações foram por meio de poços e o restante por barramento; 91% das propriedades captam água para consumo próprio; 93% dos detritos são lançados em fossa simples e 88% dos detritos são coletados em valas. Os respectivos gráficos gerados pelo sistema são apresentados na Figura 6.

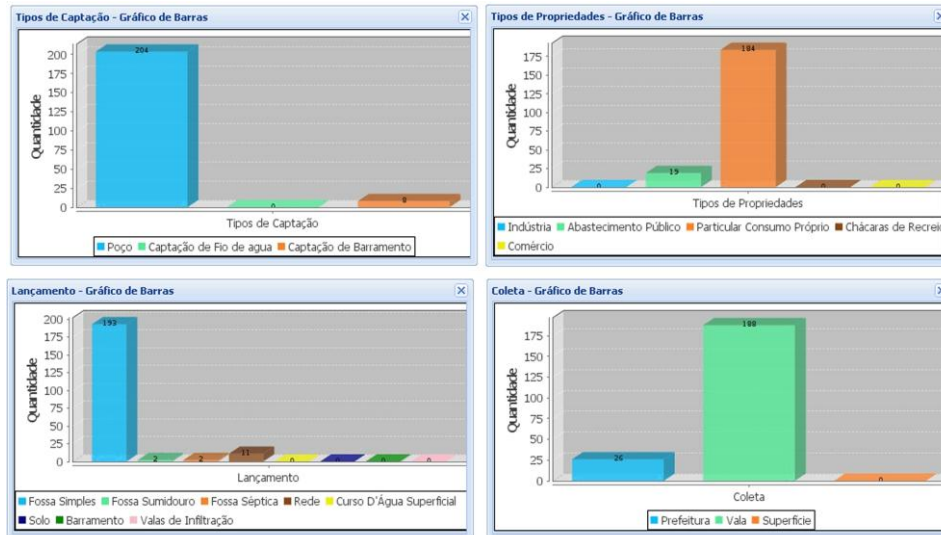


Figura 6 – Relatórios Tipo de Captação, Tipos de Propriedades, Lançamento e Coleta de Detritos

5. CONCLUSÃO

A preocupação com os recursos naturais tem se intensificado nos últimos anos diante dos sinais de degradação destes recursos. No sentido de contribuir com essa área, por meio de tecnologias avançadas e gratuitas, neste artigo foi apresentado um projeto que contempla a coleta *in loco* dos dados e o desenvolvimento de um sistema de informações geográficas que vem sendo utilizado em duas regiões da bacia hidrográfica Turvo/Grande, com a expectativa de ampliação do projeto para o restante da bacia.

A situação presenciada *in loco* identificou todos os tipos de irregularidades e características identificadas que dimensionam a situação real e atual das regiões visitadas, bastante diferente das informações oficiais – tais como poços e nascentes desprotegidos, uso irregular de agrotóxicos, exploração descontrolada de recursos naturais. O sistema computacional, por sua vez, possibilita a gestão ambiental com foco nos recursos hídricos por meio do cadastro *online* dos dados coletados *in loco*, que são organizados em forma de relatórios, o que permite uma análise estatística sobre a situação dos recursos naturais ao passo que os mesmos são inseridos no sistema. Além disso, é disponibiliza uma interface que permite aplicar vários filtros e recursos para uma análise pontual dos dados georreferenciados junto ao mapa, de forma interativa e flexível. O sistema também contempla recursos para a identificação e cadastro de rios, nascentes, matas ciliares e cálculo de APP com o propósito de suportar o monitoramento dos recursos naturais e assim contribuir com o planejamento e desenvolvimento de ações para preservação e recuperação ambiental.

Com a finalização do projeto, muitos dos problemas detectados passaram a ser de conhecimento público e, com os recursos que a tecnologia desenvolvida proporciona, são disponibilizadas informações relevantes para a caracterização da real e atual situação do meio ambiente aos responsáveis pela gestão ambiental.

6. AGRADECIMENTOS

A todos os envolvidos com o projeto, entre eles o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO; o Comitê da Bacia Hidrográfica Turvo/Grande; a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP; a Pró-Reitoria de Extensão Universitária – PROEX/UNESP; Prefeituras Municipais de Monte Azul Paulista e Votuporanga; Superintendência de Água, Esgoto de Votuporanga – SAEV; Associação dos Engenheiros, Arquitetos e Agrônomos de São José do Rio Preto e Fundação de Apoio à Pesquisa de São José do Rio Preto – FAPERP.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal.

CBH-TG. (2010). CBH-TG - Comitê de Bacia Hidrográfica Turvo/Grande. Comitê de Bacia Hidrográfica Turvo/Grande Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 15 (CBH-TG – UGRHI 15). *Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2010*.

Deliberação CBH-TG. (2008). *Deliberação CBH-TG Nº 141 de 25/03/2008*. Disponível em <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/DELIBERACAO/CRH/CBH-TG/2558/delcbhtg141-08_%20prioridade%20de%20investimentos%20fehidro-2008.pdf>. Acessado em: 04 abr. 2013.

Deliberação CBH-TG. (2010). *Deliberação CBH-TG Nº 172/2010 de 30/04/2010*. Disponível em <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/DELIBERACAO/CRH/CBH-TG/3454/delcbhtg172-10_indica%20prioridades%20de%20investimento%20fehidro_2010.pdf>. Acessado em: 10 abr. 2013.

IPT, CPTI, CBH-TG (2009). *Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Turvo/Grande (UGRHI 15)*- Em atendimento à Deliberação CRH 62 Relatório Técnico CPTI nº. 397/08. São José do Rio Preto: Novembro de 2009.

SILVA, F.R.; OLIVEIRA, T.A.L.; GIBBS, J.P.; ROSSA-FERES, D.C. (2011). An experimental assessment of landscape configuration effects on frog and toad abundance and diversity in tropical agro-savannah landscapes of southeastern Brazil. *Landscape Ecology*, 27, pp. 87-96.

SPIEGEL, S.J.; RIBEIRO, C.A.A.S., SOUSA R, VEIGA MM. (2012). Mapping Spaces of Environmental Dispute: GIS, Mining, and Surveillance in the Amazon. *Annals of the Association of American Geographers*, 102, 2, pp. 320-349.

TADDEI R. (2010). Watered-down democratization: modernization versus social participation in water management in Northeast Brazil. *Agriculture and Human Values*, 28, pp. 109-121.

VALÊNCIO, C.R.; CARVALHO, A.C.; JARDINI, T.; ICHIBA, T.F.; SCARPELINI NETO, P.; LAURENTI, C.H.E.H. (2010). Sistema computacional georreferenciável de cadastro de usuários dos recursos hídricos: Sub-Bacias Críticas. In *Actas da Conferência IADIS Ibero-Americana WWW/Internet 2010*, Algarve, Portugal, Dez. 2010, pp. 364-368.