

A CONTRIBUIÇÃO DE NOVOS SISTEMAS DE INFORMÁTICA PARA OS ESTUDOS HIDROLÓGICOS.

Alisson Gomes de Moraes ⁽¹⁾

Doutor e Mestre em engenharia civil, modalidade obras hidráulicas, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Graduado em Engenharia Civil e em Tecnologia em Engenharia Civil, modalidade obras hidráulicas, pela Universidade Estadual “Julio de Mesquita Filho” (UNESP). Atuou como professor da Universidade Nove de Julho (UNINOVE) e atualmente é engenheiro na Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Vania Lucia Rodrigues

Doutora e Mestre em engenharia civil, modalidade engenharia hidráulica, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Graduada em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Civil de Itajubá. Atuou como professora na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Atualmente é engenheira na Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Endereço ⁽¹⁾: Avenida do Estado, 561 – Bom Retiro – São Paulo - SP - CEP: 01107-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 3388-6603 - Fax: +55 (11) 3388-6287 - e-mail: agmoraes@sabesp.com.br.

RESUMO

A determinação das características físicas das bacias hidrográficas pode ser feita através de cartas topográficas publicadas na internet pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Muitas vezes torna-se necessário formar um mosaico de cartas para abranger a área da bacia em questão. Sistemas computacionais como o GeoFTP, Sig IBGE, Google Earth, Regionalização Hidrológica, ABC6, Atlas digital das águas de Minas, Spring, e o Hidro Web são muito úteis para estes trabalhos. Este artigo destaca o uso destes softwares para aplicação em um trabalho de engenharia e apresenta um exemplo.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia Hidrográfica, Estudos hidrológicos, Modelagem.

OBJETIVO

Este trabalho apresenta um método para a realização de estudos hidrológicos, baseado em ferramentas disponibilizadas na Internet, que reduz o tempo gasto na execução dos trabalhos. Não tem como objetivo apresentar os métodos de cálculo, mas sim, as ferramentas computacionais disponíveis para facilitar o trabalho dos projetistas.

INTRODUÇÃO

Estudos hidrológicos são frequentes no campo de saneamento básico. Embora os temas saneamento básico e recursos hídricos sejam tratados, em termos institucionais, cada um por uma política pública própria, os recursos hídricos constituem-se como uma envoltória dos processos de saneamento, visto que a água captada, após percorrer um ciclo urbano nos processos de abastecimento e de coleta e tratamento de esgotos, retorna a natureza, muitas vezes no mesmo corpo hídrico. Em consequência, qualquer estudo de engenharia sanitária que tenha correlação com um corpo hídrico deve estar fundamentado em um estudo hidrológico.

Recentemente, com o uso de tecnologia digital, o engenheiro pode dispor de informações com mais facilidade que em anos passados. Cálculos hidrológicos são comumente baseados em informações geográficas e séries históricas de observações pluviométricas e fluviométricas. O entendimento matemático dos processos hidrológicos tornou-se mais rápido e simples na era digital. Por exemplo, o levantamento das características físicas das bacias hidrográficas, pode ser obtido das cartas topográficas disponibilizadas gratuitamente na internet pelo IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

A definição em planta da área da bacia hidrográfica é o primeiro passo dos estudos hidrológicos. Cada seção de controle, mesmo dentro de uma mesma bacia hidrográfica, determina uma bacia de esgotamento diferente. A bacia de esgotamento obtida para uma determinada seção é única, ou seja, para cada estudo é necessário executar novamente o procedimento de definição de área. Dependendo do tamanho da bacia de esgotamento, este procedimento pode envolver uma ou mais cartas ou topográficas em escala. Para a determinação dos limites de bacias que ocupam mais de uma carta topográfica, é necessário juntar as cartas - este procedimento

é conhecido como mosaico ou “balão”. Além da dificuldade de se trabalhar com várias cartas ao mesmo tempo, as medições de área e distância apresentam-se como barreiras a serem vencidas. As tecnologias descritas neste, combinadas, tornam fácil e ágil o levantamento dos dados físicos das bacias hidrográficas.

MÉTODO

Considere a solicitação para a realização do estudo hidrológico para determinação de vazão onde estejam disponíveis apenas os dados de localização da barragem e as coordenadas UTM¹ do empreendimento. Com isto, os trabalhos a serem realizados devem obedecer a seguinte sequência:

1. Verificar a consistência das coordenadas apresentadas;
2. Determinar as cartas geográficas a serem utilizadas;
3. Baixar as cartas geográficas do IBGE para o computador de trabalho;
4. Criar um mosaico com as cartas utilizando um sistema CAD² ou SIG³;
5. Determinar os dados da bacia com a carta elaborada;
6. Obter as áreas homogêneas da seção através de sobreposição de fotos;
7. Determinar a vazão mínima;
8. Determinar a vazão máxima.

SISTEMAS DISPONÍVEIS

Os sistemas listados abaixo são alguns dos sistemas que se encontram disponíveis, contando com licença total ou parcialmente livre.

Tabela 1: Programas utilizados na elaboração de estudos hidrológicos.

Software	Fonte	Uso indicado	Tipo	Licença
GeoFTP	IBGE	- Obtenção de cartas topográficas.	On-line	Livre
Sig IBGE	IBGE	- SIG; - Determinação de cartas topográficas.	On-line	Livre
Google Earth	Google	- Localização de pontos; - Obtenção de fotos de satélite.	Instalado / On-line	Uso Licenciado
Regionalização Hidrológica	DAEE	- Determinação de vazões mínimas; - Determinação volumes de regularização.	On-line	Livre
ABC6	EPUSP	- Calculo de vazões máximas; - Estudos cota-vazão.	Instalado	Livre
Atlas digital das águas de Minas	UFV	- Determinação vazões mínimas; - Determinação vazões centenárias.	On-line	Livre
Spring	INPE	- SIG	Instalado	Livre
Hidro Web	ANA	- Informações Hidrológicas; - Cálculos Hidrológicos.	Instalado	Livre

EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO

Com o objetivo de facilitar a compreensão do leitor, foi tomado como exemplo um estudo hidrológico de vazões máxima e mínima, realizado para a verificação da segurança de um pequeno barramento em Campo Limpo Paulista – SP. O estudo hidrológico buscou determinar a vazão máxima, com período de retorno de 100 anos, e a vazão mínima $Q_{7,10}$ da bacia hidrográfica.

A verificação das coordenadas é necessária, tendo em vista que um erro grosseiro de posição pode comprometer todo o estudo. Tais erros podem ocorrer, por isto as coordenadas preferencialmente devem ser conferidas em campo através de equipamento de posicionamento global (GPS⁴, Galileo⁵, Glossnass⁶).

Na impossibilidade da conferência “in loco” devem-se verificar as coordenadas em sistemas de Geo-referenciamento. Comparam-se as coordenadas obtidas com as fotos aéreas do empreendimento.

¹ UTM

² Computer Adding Designer – Computador auxiliando o projetista;

³ Sistema de Informações Geográficas;

⁴ Global Position System – Sistema de Posicionamento Global, desenvolvido e operados pelo governo dos Estados Unidos;

⁵ Sistema de posicionamento em desenvolvimento pela Agência Espacial Europeia;

⁶ Sistema de posicionamento desenvolvido e operado pela Rússia;

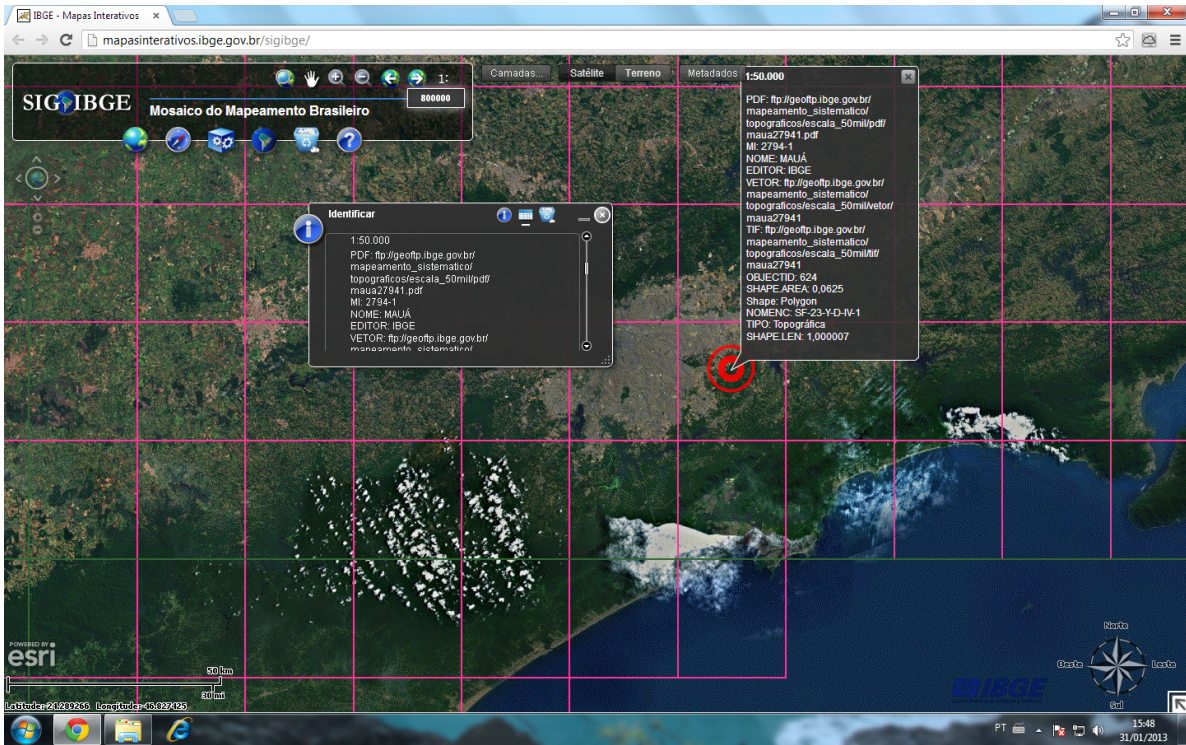


Figura 1. Mosaico do mapeamento 1:50.000. Fonte: IBGE (2013-1).

Após a conferência das coordenadas, tem início a busca dos cartas topográficas necessárias para a determinação da bacia de escoamento para a seção de controle. A principal fonte constitui-se das cartas 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Para encontrar as cartas correspondentes, IBGE (2013-1), disponibiliza o SIG IBGE através da internet. Nesta ferramenta é possível determinar aproximadamente quais são as cartas em que se vai trabalhar, no caso 1:50.000, e que cartas contêm a bacia em estudo.

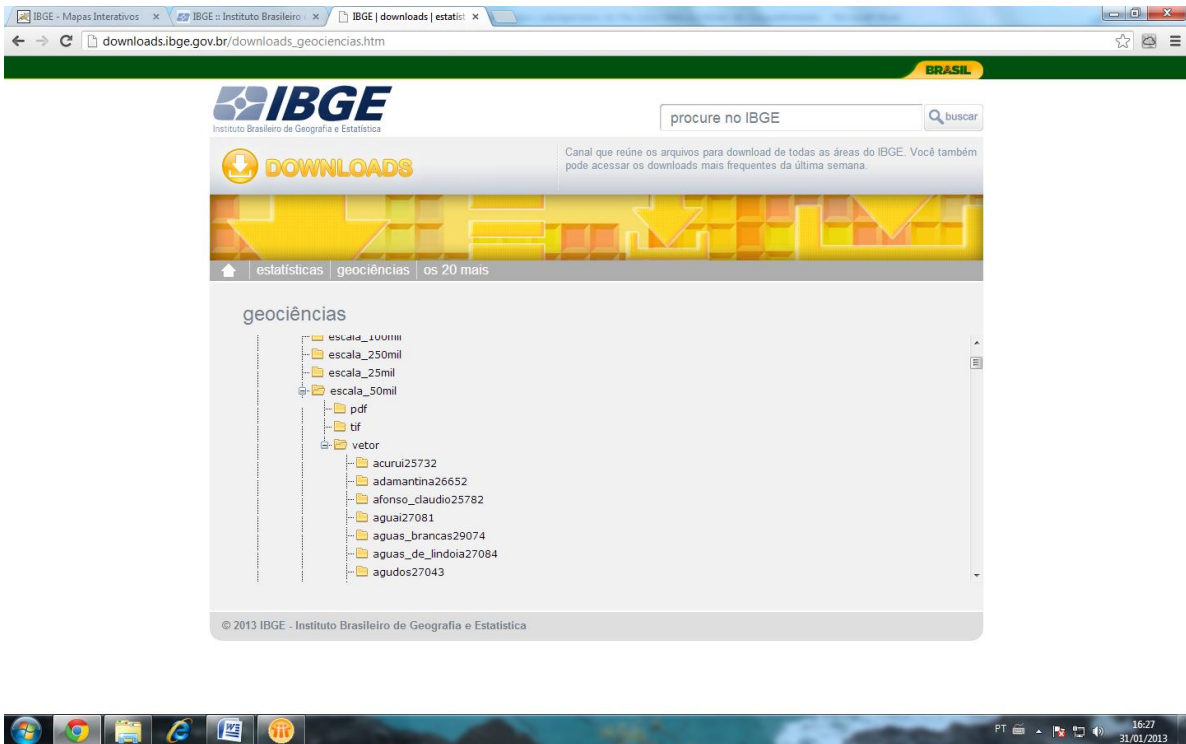


Figura 2. Página de Downloads do IBGE. Fonte: IBGE (2013-2).

Os mapas podem ser baixados pela internet através do “link downloads” da página do IBGE (2013-2). Os dados estão dispostos em página do tipo FTP⁷, onde é possível encontrar um diretório relativo ao mapa procurado contendo todos seus arquivos de camadas em formato CAD.

Os arquivos de camadas são do formato DGN, formato este utilizado pelo software Workstation. Porém, tal fato não impede de serem utilizados em outros softwares CAD similares, como por exemplo o AutoCad.

No estudo em questão foi utilizado como programa CAD o AutoCad 2012. Os arquivos foram importados para este programa.

As camadas, em função de estarem geo-referenciadas, se sobrepõem perfeitamente. Os mapas também se encaixam perfeitamente, formando assim um “balão” ou “mosaico”, quando juntadas todas as cartas necessárias. No desenho já montado, determina-se a seção de controle através das coordenadas do ponto onde o empreendimento vai intervir nos recursos hídricos. Este ponto deve cair aproximadamente em cima do talvegue.

Com o ponto determinado foi traçado o limite da bacia de contribuição. De posse da área da delimitada, foi possível determinar:

- A área e o perímetro de bacia hidrográfica;
- O talvegue do curso de água principal e determinar também qual o seu maior comprimento;
- A declividade do rio principal.

Segundo DAEE (2005), esta declividade não deve ser a efetiva da bacia, mas sim a equivalente. Este recomenda fórmula harmônica (eq. 1) para a determinação da declividade equivalente.

$$i_{eq} = \left(\frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{i_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{i_2}} + \frac{L_n}{\sqrt{i_n}}} \right)^2 \quad (1)$$

A determinação das áreas homogêneas é necessária para a obtenção do coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de “run off”). Para esta determinação foram importadas para o desenho fotos de satélite geo-referenciadas.

Os mapas foram sobrepostos sobre a foto, com isto foi possível traçar o limite dos núcleos, obtendo assim cada valor de área homogênea.

Com as seções homogêneas, área da bacia e declividade equivalente do talvegue, a vazão centenária foi calculada pelo método I-PAI-WO, conforme critério apresentado por DAEE (2005). Para apoiar a utilização deste método, também foi determinada a chuva de projeto através de equação de chuvas intensas.

Utilizando o método I-PAI-WO, juntamente com o hidrograma unitário do SCS⁸, foram determinados os hidrogramas unitários para a seção de controle. Esta determinação utilizou como ferramenta o software MS-Excel 2010.

Para a determinação da vazão mínima, que no caso do Estado de São Paulo adota-se a vazão Q_{7,10}, foi utilizado um sistema disponibilizado pelo DAEE⁹ na internet. DAEE (2011) utiliza o método da regionalização hidrológica como ferramenta de cálculo.

⁷ File Transference Protocol – Protocolo de Transferência de Arquivo

⁸ Soil Conservation Service

⁹ Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo.

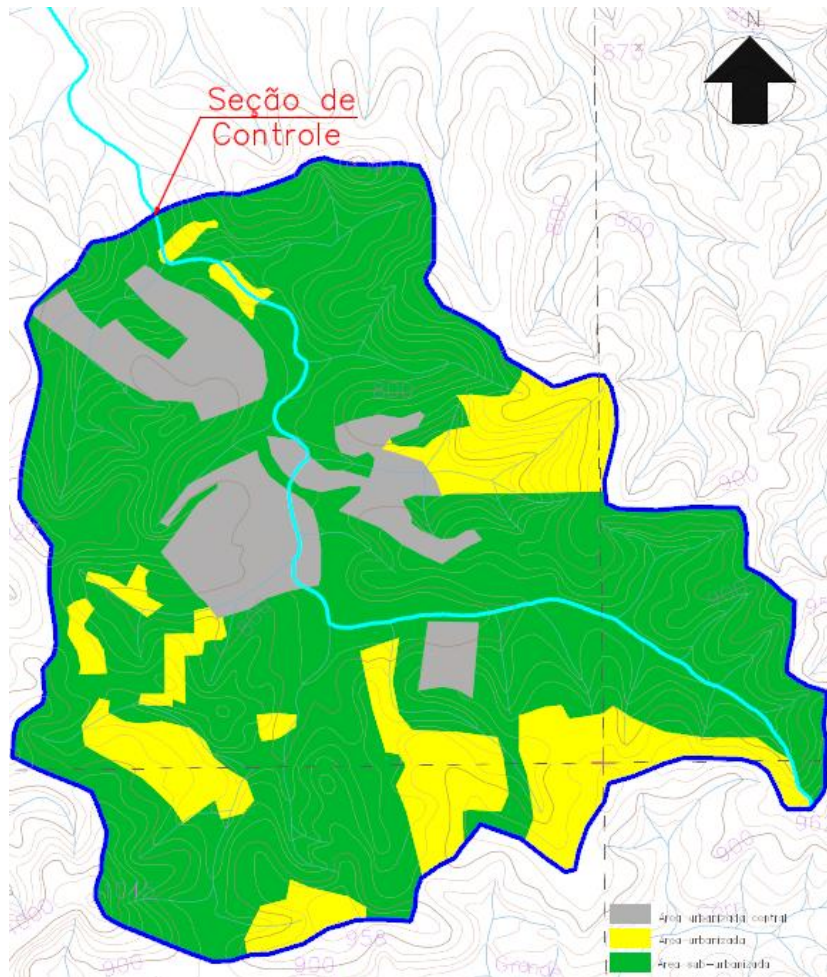


Figura 3. Desenho da bacia discriminando as áreas homogêneas.

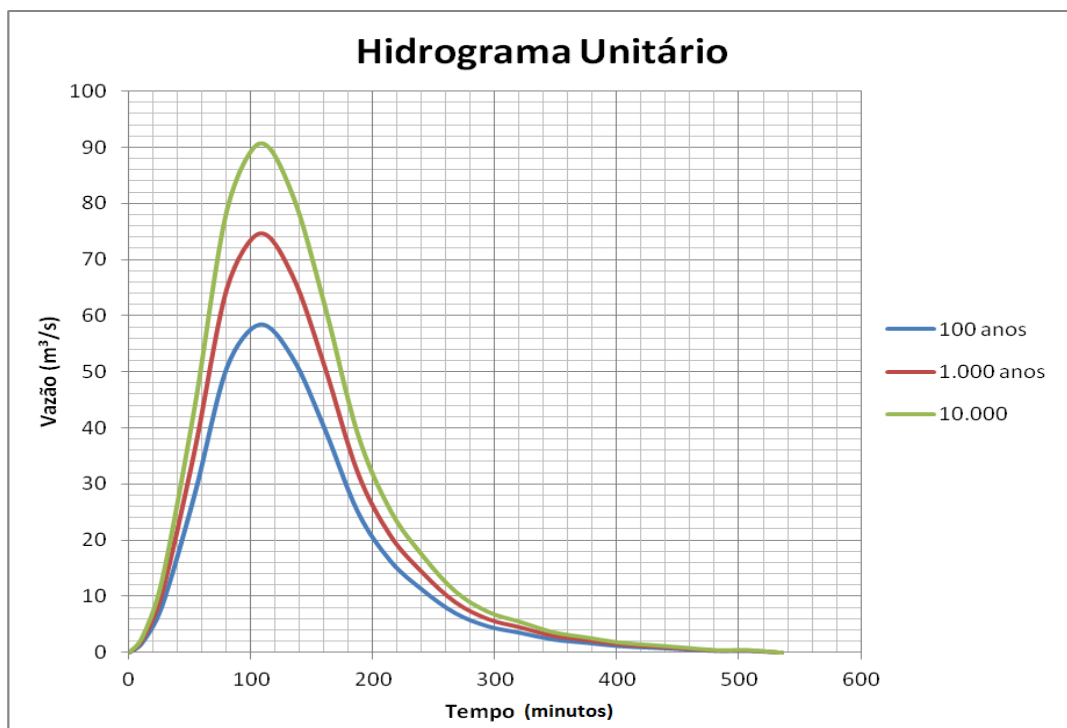


Figura 4. Hidrogramas unitários para a seção determinada.

ATLAS DIGITAL DAS ÁGUAS DE MINAS

O Atlas Digital das Águas de Minas é um sistema que foi desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa - UFV, em Minas Gerais. Este Atlas disponibiliza dados hidrológicos especializados por meio de um sistema SIG.

Os dados distribuídos, ao contrário dos demais sistemas, nos quais são disponibilizadas apenas informações coletadas em campo, este sistema disponibiliza informações já tratadas. Tais dados vêm facilitar o trabalho do usuário, tendo em vista que o sistema já fornece as informações hidrológicas necessárias o uso.

Segundo Euclides (2011) as informações são distribuídas em seções. Estas seções são equidistantes 90 m, totalizando 3.470.000 seções abrangidas pelo Atlas. Além dos dados de posicionamento geográfico, são atributos de cada ponto (seção) neste atlas as vazões: Q_{7,10}, Q₉₅, e as vazões máximas de 10, 50 e 100 anos de período de retorno.

Os dados são tratados e armazenados em um servidor, segundo Euclides (2011). Com isto, não há operação de cálculo quando usuário acessa uma determinada seção, pois a informação já foi tratada com antecedência. Isto garante-se uma velocidade de acesso maior e redução na quantidade de transmissão de dados.



Figura 5. Consulta à uma seção qualquer da bacia do PCJ¹⁰ ao Atlas Digital das Águas de Minas. Fonte: UFV (2013).

CONCLUSÃO

A maior dificuldade encontrada no trabalho foi o tempo de *download* das cartas topográficas, associada com a montagem de mosaico e a obtenção dos dados da bacia em sistema CAD. Porém o cálculo hidrológico, principalmente no caso da vazão máxima, o procedimento até se chegar aos valores foi amplamente facilitado, dispensando o uso de grandes mapas em papel, planímetro para medição de áreas e curvímetro para medição dos comprimentos lineares.

O método de trabalho empregado permite a aplicação dos métodos clássicos da hidrologia, de maneira ágil e com mais precisão. Além disso, o uso de sistemas digitais como os citados neste artigo traz economia de tempo, de recursos e praticidade aos estudos hidrológicos.

Desta maneira, o atendimento às solicitações de estudos hidrológicos de pequeno porte, como aqueles necessários para apoiar o licenciamento ambiental, obtenção de outorga de direito de uso de recursos hídricos, cálculos de pequenas interferências nos recursos hídricos para barramentos ou drenagem podem ser prontamente atendidas.

¹⁰ Bacia dos rios Piracicaba, Jaguari e Jundiáí.

Apesar disto, faz-se necessário continuar o desenvolvimento de sistemas que façam a integração dos dados existentes numa plataforma única. Neste sentido, “Atlas Digital das Águas de Minas” está mais evoluído que as demais ferramentas citadas. O Atlas é uma ferramenta poderosa para o gerenciamento da bacia. Porém, ainda é limitado espacialmente, permitindo o uso apenas para alguma determinada região, no caso, Minas Gerais.

OPORTUNIDADES DE MELHORIAS

Diante do exposto, são apontadas as seguintes necessidades:

- Integração dos sistemas existentes;
- Utilização mais efetiva dos sistemas “on-line” via internet;
- Automatização dos algoritmos para a determinação dos dados hidrológicos mais utilizados;
- Integração de diversas fontes de dados sobre uma plataforma única;
- Utilização de sistemas GIS como interface para espacialização dos dados hidrológicos;
- Desenvolvimento dos sistemas mais modernos, que permitam acesso mais simplificado às informações hidrológicas;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **DAEE. 2005.** Guia prático de pequenas obras hidráulicas. São Paulo : FCTH, 2005.
2. —. **2011.** Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo. [Online] 17 de agosto de 2011. [Citado em: 17 de agosto de 2011.] <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/regnet.exe?lig=podfp>.
3. **Euclides, Humberto Paulo. 2011.** Atlas Digital das Águas de Minas. [Online] 2011. Apresentação realizada no XIV Congresso Mundial da Água..
4. **IBGE. 2013.** Downloads. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. [Online] 31 de 01 de 2013. [Citado em: 31 de 01 de 2013.] http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm.
5. —. **2013.** SIG IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. [Online] 31 de 01 de 2013. [Citado em: 31 de 01 de 2013.] <http://mapasinterativos.ibge.gov.br/sigibge/>.
6. **UFV.** Atlas Digital das Águas de Minas. [Online] Universidade Federal de Viçosa. [Citado em: 05 de 03 de 2013.] <http://www.atlasdasaguas.ufv.br/>.