



SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA APOIO AO PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

João Felipe Souza^{1} & Fernando Falco Pruski² & Heber Tormentino de Sousa³*

Resumo – O aumento no consumo de água, provocado pelo desenvolvimento econômico, pode ocasionar um desequilíbrio entre a oferta e a demanda por água, o que resulta no surgimento de conflitos. A Política Nacional de Recursos Hídricos adota a outorga de direito do uso da água como um instrumento para uso racional e garantia de atendimento dos múltiplos usos da água. O processo de avaliação de um novo pedido de outorga requer a manipulação de bancos de dados relacionados às demandas e ao valor da vazão disponível, o que torna difícil realizar esta avaliação sem o auxílio de um sistema de informações. Deste modo, este trabalho teve por objetivo desenvolver um sistema de informações que permita automatizar processos e rotinas necessárias ao planejamento e gestão de recursos hídricos. Foram implementados módulos para análise da disponibilidade hídrica, avaliação do impacto de uma nova outorga de uso da água e espacialização dos resultados em uma base hidrográfica. O software desenvolvido, denominado Sistema de Informações para Apoio ao Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (SIAPHi), permite a importação de bases de dados hidrográficos e de outorgas, inserção de equações de regionalização e estimativa da relação entre demandas e vazão mínima de referência.

Palavras-Chave – Gestão de recursos hídricos, sistemas de informações, outorga de uso da água.

INFORMATION SYSTEM FOR WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT

Abstract – The increasing of water use, caused by economic development, can generate instability between offer and demand for water, though it results in conflicts. The National Policy of Water Resources applies the use of water rights as an instrument for national use and ensures the several uses of water. The evaluation of a new grant demand require a database related to demands and the values of flow available, for this reason it is difficult without the use of Information System. Thus, this paper aims to develop an information system to automate the process and routines necessities in planning and management of water resources. Modules for analyses of water availability, the evaluation of the impact of the water uses new grant and the results in a hydric base spatial were made. The software created, named Information System for Water Resources Planning and Management (SIAPHi), allows hydric databases and grants import, regional equation insertion and the balance relation between demands and minimal flow reference.

Keywords – Water resources management, information systems, grant of water use.

¹Professor E.B.T.T. do IFTM Campus Paracatu. Rodovia MG188 – km 167. 38.600-000. Paracatu-MG. E-mail: joaofelipe@iftm.edu.br

²Professor titular da UFV. Pesquisador 1a do CNPq. Universidade Federal de Viçosa. Dep. Eng. Agrícola. 36570.000. Viçosa – MG. E-mail: fpruski@ufv.br

³Professor da UFSJ. Coordenador do curso de Engenharia Mecatrônica. Universidade Federal de São João del-Rei. Rod MG443. Km 7. Ouro Branco-MG. CEP 36420 000. E-mail: hheber@ufsj.edu.br



INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico tende a criar novas demandas e, conseqüentemente, aumentar o consumo de água. Desse modo, a limitação na oferta hídrica pode representar um fator limitante ao desenvolvimento econômico de uma região, sobretudo para aquelas regiões em que a economia é baseada no agronegócio.

O aumento na demanda por água vem ocasionando diversas situações de conflito entre os usuários da água, como são os casos da bacia do rio Paracatu, onde houve um expressivo aumento na área irrigada a partir de 1970 e da bacia do rio Verde Grande onde os recursos hídricos são bem limitados.

Com o surgimento dos conflitos pelo uso da água torna-se cada vez mais evidente a necessidade de se aprimorar o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos, de modo a garantir a oferta de água para a atual e para as futuras gerações. A boa gestão é fundamental para que os recursos hídricos sejam utilizados de modo racional e compartilhado entre todos os usuários da bacia hidrográfica.

O processo de gestão de recursos hídricos exige a manipulação de banco de dados relacionados às demandas e à vazão disponível para outorga. Como as informações são complexas, não é desejável que esta manipulação seja realizada de forma manual ou pouco automatizada, o que implica em um demasiado tempo para a elaboração de ações voltadas para a preservação da qualidade e da quantidade da água. .

A Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) adota a outorga de direito de uso da água como um instrumento para o uso racional e garantia de atendimento dos múltiplos usos da água. Mediante a concessão do direito do uso da água, os órgãos gestores podem controlar a quantidade de água que está sendo utilizada em uma bacia hidrográfica, e, então, ajustar a relação entre a vazão de retirada e a vazão disponível no corpo d'água, mantendo assim a oferta hídrica necessária ao atendimento dos múltiplos usos da água. Em uma situação de escassez, os órgão gestores podem limitar a vazão outorgada e reduzir o consumo de água, garantindo disponibilidade para usos prioritários dos recursos hídricos.

Durante a avaliação de um novo pedido de outorga devem ser consideradas as outorgas já emitidas e a disponibilidade do rio para atender a nova outorga, sem que isso comprometa os múltiplos usos da água e o atendimento às outorgas já existentes. Deste modo, é necessário analisar toda a extensão do rio a jusante e da bacia hidrográfica a montante para identificar as outorgas existentes e estimar qual será o impacto ocasionado por uma nova outorga.

O presente trabalho foi elaborado com base na hipótese de que o desenvolvimento de um sistema de informações que permita compatibilizar as demandas de diferentes órgãos gestores e avaliá-las de forma conjunta à disponibilidade, poderá implicar em otimização da gestão de recursos hídricos.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema de informações sobre recursos hídricos que permita automatizar processos e rotinas necessárias ao planejamento e gestão de recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do sistema de informações foi necessário implementar módulos para análise da disponibilidade hídrica, avaliação do impacto de uma nova outorga de uso da água, espacialização dos resultados em uma base hidrográfica e emissão de relatórios.

O sistema desenvolvido requer o conhecimento da vazão mínima de referência, a qual deve ser estimada a partir de estudo prévio de regionalização de vazões.

O sistema realiza tratamento espacial das informações e, para isso, requer uma base hidrográfica georreferenciada e otocodificada, que deve conter, para a foz de cada segmento da hidrografia, o valor de todas as variáveis independentes explicativas adotadas no estudo de regionalização. Sendo assim, os valores de vazão são obtidos apenas para a foz de cada segmento da hidrografia.

Para a estimativa da vazão ainda disponível para outorga também são requeridas as informações sobre as outorgas já emitidas, que permitem conhecer o somatório das vazões já outorgadas a montante de um segmento.

Na Figura 1 é apresentado o diagrama de fluxo de dados considerado no desenvolvimento do sistema. Estão ilustrados os processos para composição dos bancos de dados geográficos, de vazões e de outorgas; avaliação da disponibilidade hídrica e análise de um novo pedido de outorga.

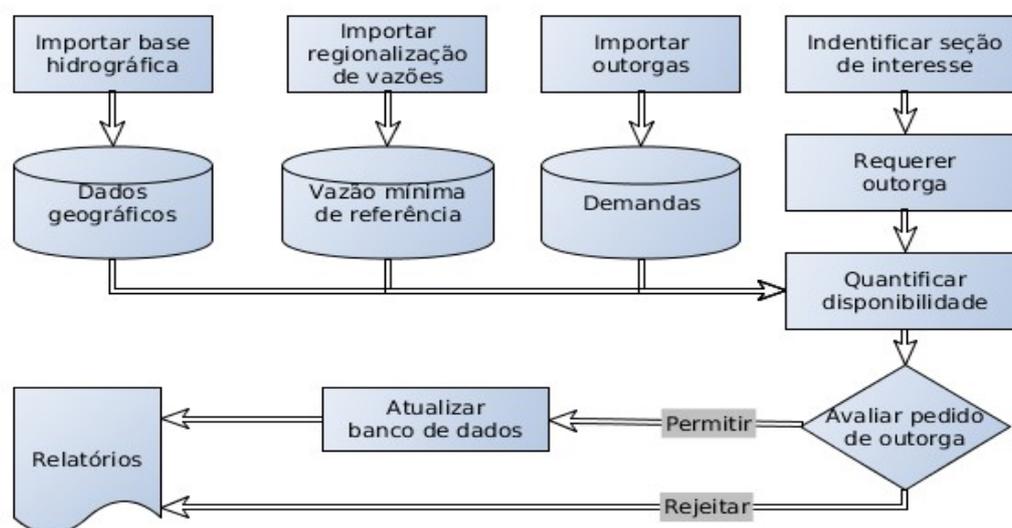


Figura 1 – Diagrama de fluxo de dados representativo do sistema.

Empregou-se na implementação do sistema recursos de aplicação gráfica, banco de dados e sistemas de informações geográficas. A aplicação foi desenvolvida no ambiente de programação Borland Delphi 7. O acesso ao banco de dados foi possibilitado pelo Microsoft Access 2003 enquanto que as rotinas afetas ao sistema de informações geográficas foram implementadas com base no ESRI MapObjects 2.4.

Dados geográficos

A importação de uma base hidrográfica consiste no processo de cópia e armazenamento de suas informações geográficas e tabela de atributos. Este procedimento permite ao sistema obter, para cada segmento da hidrografia, o código hidrorreferenciado e os valores das variáveis independentes empregadas no estudo de regionalização para a estimativa das vazões mínimas.

As bases hidrográficas, para serem incorporadas ao sistema, devem estar no formato ESRI Shapefile (shp), que constitui o formato padrão adotado pela Agência Nacional de Águas (ANA) e diversos órgãos gestores estaduais, inclusive o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), para a composição e a distribuição de suas bases hidrográficas oficiais. Este formato permite representar outorgas, rios e bacias através da utilização de pontos, linhas e polígonos.



Para que seja possível importar uma base hidrográfica pelo sistema é necessário que esta contenha em cada segmento da hidrografia o respectivo código Otto (PFAFSTETTER, 1989; TEIXEIRA *et al.*, 2007), a área de drenagem do segmento e a área a montante deste. Devem constar também na tabela de atributos do banco de dados geográficos as variáveis independentes representativas das características físicas e climáticas constantes nas equações de regionalização a serem utilizadas.

Vazão mínima de referência

A vazão mínima de referência (Q_{mr}) corresponde à vazão definida pelo órgão gestor de recursos hídricos para determinação da vazão máxima passível de outorga. A vazão máxima passível de outorga corresponde ao percentual da Q_{mr} que pode ser outorgado (critério de outorga). O valor da Q_{mr} em cada trecho da base hidrográfica é obtido após a inserção das equações de regionalização, que pode ser feita através da importação de arquivos ou por meio da digitação das equações. É possível importar ou digitar equações de regionalização de vazões obtidas com o método tradicional (TUCCI, 2002) ou com o método de conservação de massas (NOVAES, 2009). Para o método de conservação de massas o modelo permite auto-completar as equações inseridas. As equações de regionalização que estejam fora do padrão criado pelo SisCoRV(SOUSA, 2009) não podem ser importadas automaticamente e devem ser digitadas manualmente no sistema.

Demandas

Para o armazenamento das informações de outorgas no sistema proposto implementou-se um padrão baseado naqueles utilizados pela ANA e pelo IGAM em que as outorgas serão armazenadas com os seguintes atributos: órgão, ano de início e ano de fim, coordenadas geográficas do ponto de captação, tipo de uso, vazões mensais de retirada correspondente aos meses de janeiro a dezembro, nome do município, nome do requerente, nome do rio e código da portaria que autoriza a outorga. Deste modo, para importação automática das outorgas é necessário que o arquivo contenha as informações obedecendo a este padrão.

Uma vez importadas, as outorgas são representadas no mapa da hidrografia por pontos. Para as condições em que as coordenadas geográficas das outorgas não coincidam exatamente com a rede hidrográfica, será realizado um procedimento para ajuste das suas coordenadas, que consiste no processo de atualização do seu posicionamento a fim de que a outorga seja sobreposta ao ponto mais próximo da hidrografia. Em seguida, vincula-se a esta outorga o código otto do segmento no qual se localiza e a área de drenagem a montante do ponto de outorga.

A partir dos dados referentes às vazões outorgadas obtém-se em a porcentagem da vazão mínima de referência já outorgada a montante de cada segmento, sendo esta obtida pela equação

$$O_{\%i,t} = \frac{\sum Q_{mt i,t}}{Q_{mr i,t}} \quad (1)$$

em que $O_{\%i,t}$ é a porcentagem da vazão mínima já outorgada a montante da seção i , no tempo t , %.

Vazão disponível e avaliação de novo pedido de outorga

A vazão disponível para outorga no segmento i , e no tempo t , é expressa pela equação

$$Q_{disp i,t} = \frac{x_{i,t}}{100} Q_{mr i,t} - \sum Q_{mt i,t} \quad (2)$$

em que

$$\begin{aligned} Q_{disp i,t} &= \text{vazão disponível para outorga no segmento } i, \text{ no tempo } t, \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}; \\ Q_{mr i,t} &= \text{vazão mínima de referência no segmento } i, \text{ no tempo } t, \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}; \end{aligned}$$



$x_{i,t}$ = porcentagem da Q_{mr} permissível para outorga no segmento i , no tempo t , %; e
 $\sum Q_{mt,i,t}$ = somatório das vazões já outorgadas a montante do segmento i , inclusive as vazões outorgadas no próprio segmento i , no tempo t , $m^3 s^{-1}$.

De posse dos valores das vazões solicitadas em um novo pedido de outorga é realizada a estimativa da vazão remanescente disponível para outorga, em cada trecho da hidrografia e para cada mês de vigência da outorga solicitada, sendo estas obtidas pela equação

$$Q_{disp,i,t} = \frac{x_{i,t} Q_{mr,i,t}}{100} - \sum Q_{mt,i,t} - Q_{sol,t} \quad (3)$$

em que $Q_{sol,i,t}$ é a vazão solicitada na seção i , no tempo t , $m^3 s^{-1}$.

Para permitir a avaliação temporal do novo pedido de outorga os valores de $Q_{disp,i,t}$ obtidos para um determinado trecho da hidrografia e para cada mês de vigência da outorga solicitada são apresentados em uma tabela.

Visando a avaliação espacial do novo pedido de outorga o sistema desenvolvido produz um mapa da hidrografia com a representação por trecho da hidrografia, dos valores de $O_{\%i,t}$ obtidos considerando inclusive as vazões solicitadas no pedido de outorga, sendo este obtido pela equação

$$O_{\%i,t} = \frac{\sum Q_{mt,i,t} + Q_{sol,t}}{Q_{mr,i,t}} \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O software desenvolvido, denominado Sistema de Informações para Apoio ao Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (SIAPHi), é constituído por módulos, que permitem: importar e visualizar informações geográficas, realizar análises da disponibilidade hídrica e avaliar novos pedidos de outorga. A janela principal do SIAPHi é representada na Figura 2.

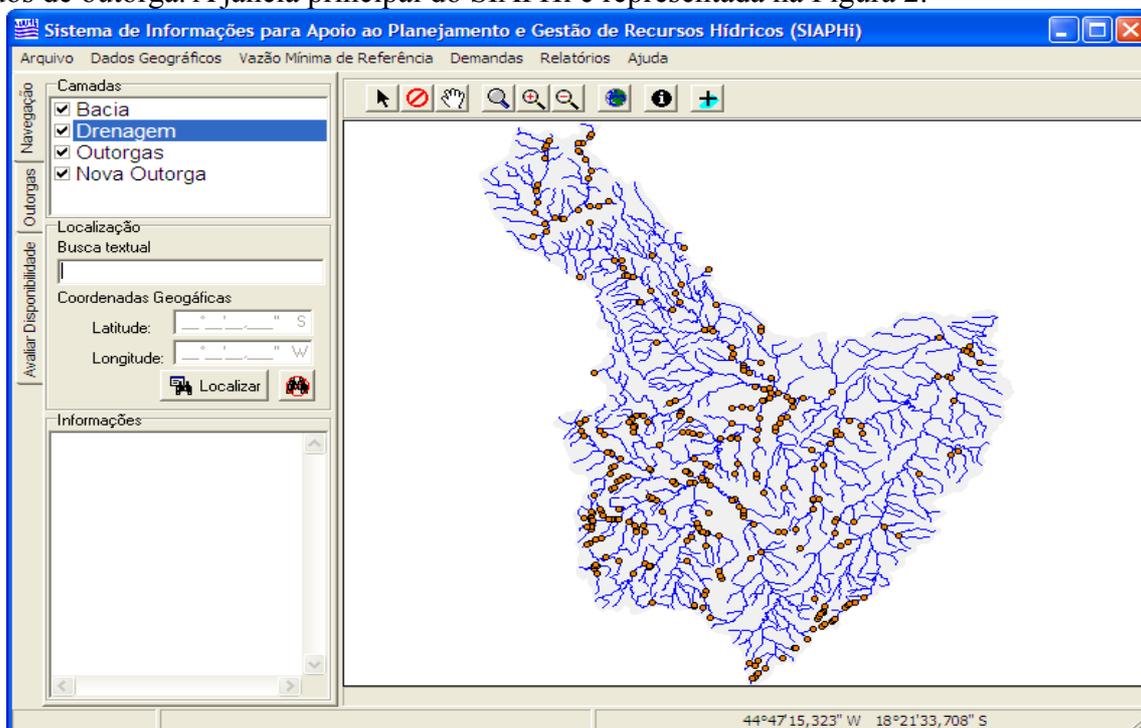


Figura 2 – Janela principal do Sistema de Informações para Apoio ao Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.

A parametrização do sistema deve começar na importação de uma base hidrográfica georreferenciada, que consistirá na estrutura fundamental de suporte para todas as análises

realizadas pelo software. É na base hidrográfica que serão vinculadas as informações sobre regionalização de vazões e sobre as outorgas. Após a importação da base hidrográfica, procede-se a inserção das equações de regionalização de vazões na hidrografia e ao cálculo da vazão na foz de cada segmento da hidrografia. Por fim, deve-se importar os dados de outorgas existentes na bacia hidrográfica para que seja realizado o procedimento de acumulação das outorgas para obtenção do somatório das vazões outorgadas a montante de cada segmento da hidrografia.

De posse dos valores de vazão outorgada a montante de cada segmento da hidrografia é possível avaliar a relação entre demandas e ofertas por meio de mapas temáticos conforme o percentual da vazão mínima de referência já outorgada e por meio da composição de gráficos de vazões.

O sistema apresenta mapas temáticos com escalas de cores conforme grau de utilização dos recursos hídricos (Figura 3). Estes mapas permitem avaliar a variação espacial da relação entre vazão mínima de referência e vazão total outorgada a montante, bem como identificar os segmentos da hidrografia onde o somatório das vazões outorgadas a montante é maior do que a vazão máxima passível de ser outorgada.

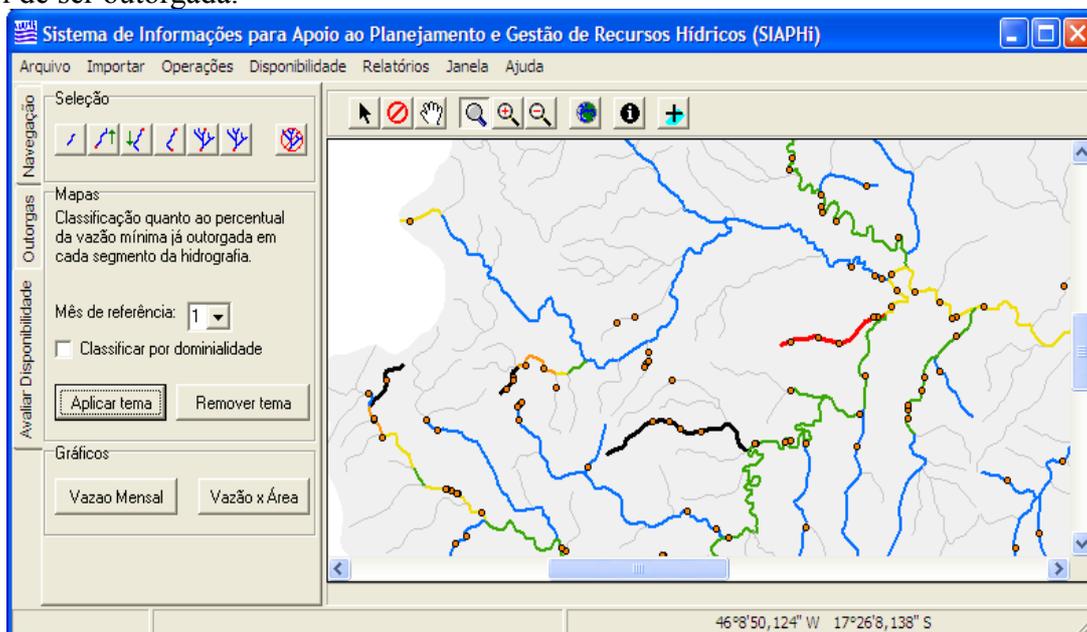


Figura 3 – Ferramentas para avaliação da vazão disponível para outorga.

Além da avaliação espacial da bacia hidrográfica, o SIAPHi permite avaliar a disponibilidade hídrica em um segmento da hidrografia ou em um determinado curso de água. Para um segmento, é possível exibir o gráfico de vazões mensais (Figura 4).

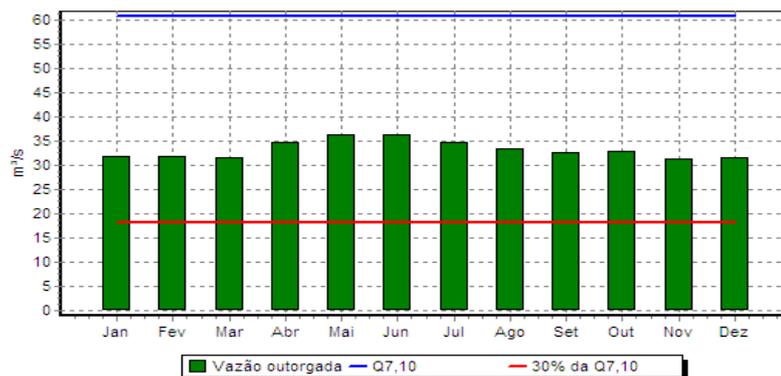


Figura 4 – $Q_{7,10}$, vazão máxima permitida para outorgas e vazões outorgadas em um segmento da hidrografia.

Para um determinado curso de água, ou para uma seleção de segmentos da hidrografia, é possível visualizar um gráfico de vazões em relação a área de drenagem (Figura 5), permitindo analisar as vazões ao longo de todo o um curso de água. Nestes gráficos são apresentadas as vazões mínimas de referência, a vazão de retirada já outorgada a montante e a vazão máxima outorgável de acordo com o critério de outorga preestabelecido.

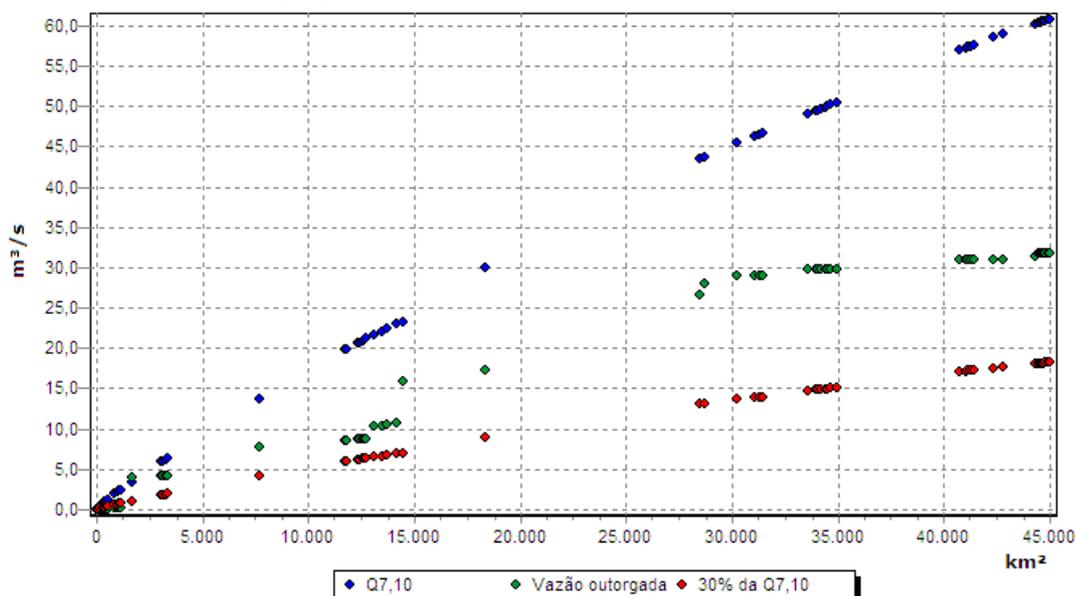


Figura 5 – $Q_{7,10}$, vazão máxima permitível para outorga e vazão outorgada considerando outorgas vigentes.

CONCLUSÕES

O Sistema de Informações para Apoio ao Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, denominado SIAPHI, permite: importar bases hidrográficas e apresentá-las em um mapa; inserir equações de regionalização de vazões e com elas estimar para cada segmento da hidrografia a vazão mínima de referência; importar bancos de dados de outorgas e com elas quantificar as vazões outorgadas a montante de cada trecho da hidrografia; estimar a vazão disponível para outorga em cada segmento da hidrografia; e avaliar novos pedidos de outorga. Além disso, o software permite estimar a variação temporal da vazão disponível para outorga e avaliar, para cada mês de interesse, a variação espacial da relação entre demandas e vazão mínima de referência.

O SIAPHI mostrou-se uma ferramenta eficiente para simular o efeito do uso de diferentes critérios para concessão de outorga em uma bacia hidrográfica.



REFERÊNCIAS

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. *Lei nº 9.433*, de 8 de janeiro de 1997. MMA/SRH, 1997.

NOVAES, L. F.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; QUEIROZ, D. O.; RODRIGUEZ, R. del G. Gestão de recursos hídricos: Uma nova metodologia para a estimativa das vazões mínimas. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v. 17, n. 1, p. 62-74, 2009.

PFAFSTETTER, O. *Classificação de bacias hidrográficas: metodologia de codificação*. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras e Saneamento, 1989. 19 p. (Manuscrito não publicado)

SOUSA, H. T. *Sistema computacional para regionalização de vazões*. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

TEIXEIRA, A. A.; PRADO, A.; SILVA, M. A.; SCHERER-WARREN, M; HAUSCHILD, R. M. P R.; SOUZA, F. M. L.; NETO, V. S. C. Topologia Hídrica: uma proposta para gestão de recursos hídricos utilizando o sistema de informações geográficas. In: *Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 13, 2007, Florianópolis. Florianópolis: INPE, 2007, p.3597-3605.

TUCCI, C. E. M. *Regionalização de vazões*. Porto Alegre: Ed. Universidade: UFRGS, 2002. 256 p.