

RECURSOS HÍDRICOS

SIGA: O NOVO SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Guilherme da Silva Pereira – sciguilherme@gmail.com.

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Brasília (UnB). Pesquisador no projeto de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia e aprimoramento do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS em consonância com o Relatório de Avaliação do Plansab.

Bruna de Sousa Cavalcanti – bruna.sousacavalcanti@gmail.com.

Psicóloga.

Resumo: A água pode possuir diversos usos. Há de se presumir que em alguns momentos os interesses irão se contrapor e então o surgimento de conflitos, principalmente quando se trata de usos consuntivos, onde a satisfação de um interesse poderá ser limitadora para o atendimento de outro. Com a finalidade de auxiliar a tomada de decisão e facilitar a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos nos processos de gestão, surgem diversos instrumentos, tais como os Sistemas de Suporte à Decisão – SSD. Buscou-se neste trabalho, portanto, avaliar a aplicação do Sistema de Informação para Gerenciamento de Alocação da Água - SIGA como sistema de apoio à gestão dos recursos hídricos através do planejamento estratégico e controle operacional do sistema de abastecimento do reservatório Descoberto, de modo a avaliar a capacidade do modelo em responder ao tomador de decisão quais são as perspectivas do sistema em abastecer confortavelmente as demandas de abastecimento do DF e sua aplicabilidade na geração de cenários considerando o crescimento populacional, aporte de novas regiões de abastecimento, como os municípios do entorno do DF, e a inserção de novos mananciais.

Palavras-chave: SIGA, Sistema de suporte à decisão, Gestão de recursos hídricos, SSD.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Sabe-se que há grande dificuldade na escolha de ações que se caracterizam como fatores complicadores para a gestão, tendo em vista que cada decisão a ser tomada possui relevância imediata na vida dos usuários e no meio ambiente. Assim, é indispensável que as avaliações sejam extremamente criteriosas, buscando visualizar com maior clareza a situação em questão, de forma a minimizar os impactos gerados por cada tomada de decisão. Desse modo, planejar os meios com que os usuários terão acesso à água através dos instrumentos de gestão de recursos hídricos se mostra necessário para solucionar e evitar conflitos por demanda entre os usuários, e também, atender a sustentabilidade ambiental, agora e nas gerações futuras (Cardoso da Silva e Monteiro, 2004).

Procurando facilitar o processo de tomada de decisão e a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos nos processos de gestão surgem os Sistemas de Suporte a Decisão – SSD. Os SSD são caracterizados como facilitadores a tomada de decisão por meio de ferramentas computacionais e tecnológicas que viabilizam a interação entre homem/máquina (Braga et al, 1998; Porto e Azevedo, 1997).

Segundo (Braga, et al, 1998) “um sistema de apoio à decisão é constituído de três componentes: diálogo, dados e modelo”. Explicando esses três itens podemos entender que o diálogo corresponde à própria plataforma computacional de interface homem/máquina, os dados correspondem às informações coletadas a respeito do que se pretende estudar, que no caso de recursos hídricos seriam como informações pluviométricas, fluviométricas, qualidade de água, entre outros, e o modelo corresponde aos métodos matemáticos que trabalhar com os dados para a criação dos cenários.

A utilização dos SSD no tocante a realizar os objetivos dos usuários se deve não só pela compreensão dos modelos matemáticos que envolvem o fenômeno, mas também pela capacidade de incorporar a percepção dos diversos usuários, tornando assim um sistema de informação mais complexo, porém mais próximo as situações reais facilitando a tomada de decisão em situações de planejamento ou gerenciamento (Alves, 2007).

Buscou-se neste trabalho apresentar o Sistema de Informação para Gerenciamento de Alocação da Água – SIGA®, desenvolvido pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, criado com o intuito de facilitar a tomada de decisão para alocação de água associado com as ações de planejamento, de modo a avaliar a capacidade do modelo em responder ao tomador de decisão sobre quais são as perspectivas do sistema em abastecer confortavelmente as demandas de abastecimento de uma cidade e sua aplicabilidade na geração de cenários considerando a evolução demográfica, aporte de novas regiões de abastecimento, e a inserção de novos mananciais. Como forma de objetivar a aplicação do modelo, foi estudado o sistema hídrico do Rio Descoberto, manancial afluente da rede de abastecimento do Distrito Federal.

2. SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA O GERENCIAMENTO DE ALOCAÇÃO DA ÁGUA – SIGA

O SIGA é um sistema de suporte à decisão constituído para auxiliar a tomada de decisão no gerenciamento dos recursos hídricos. Atualmente, o modelo é subdividido em cinco módulos, o Módulo Desenho de Rede, Hidrologia, Calibração, Operação de Sistemas e Resultados. Segundo. Em proveito de atender aos objetivos, foram destacados neste trabalho os módulos desenhos de Rede, Operação de Sistemas e Resultados.

Todos os módulos se interagem a partir de uma interface amigável, sendo constituído por 3 áreas de interação, como descritos abaixo e ilustrado na figura 1.

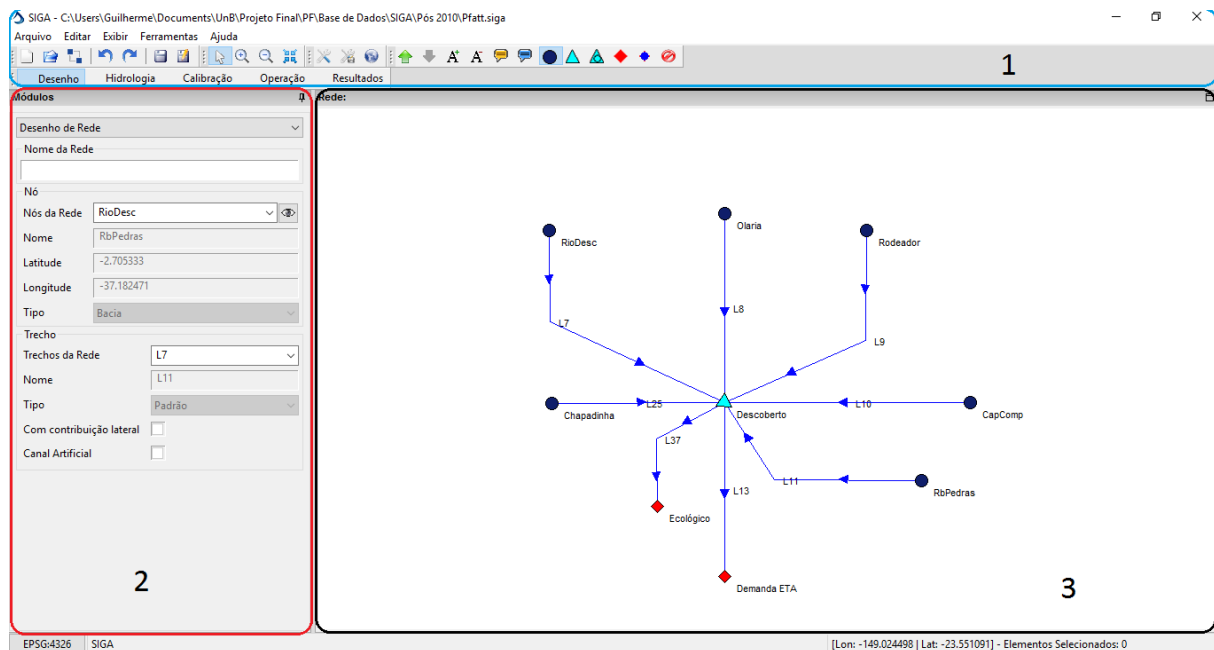
1. Barra de Tarefas – Ambiente de manipulação do programa. Nesta seção é possível acessar todos os módulos do modelo, realizar diversas funcionalidades do modelo como salvar o projeto, inserir dados pluviométricos e fluviométricos, inserir e editar nós e

trechos, inserir informações tais como legenda e idioma, exibir informações dos módulos e alterar as definições de projeto.

2. Barra de Módulos – Ambiente de manipulação dos módulos. Nesta seção o programador acessa a todos os módulos do modelo. E insere, edita e atualiza informações para rodar o modelo.

3. Área de Visualização – Ambiente de visualização e manipulação do modelo.

Figura 1 – Áreas de interface do SIGA



2.1 Módulo desenho de rede

O módulo Desenho Rede de Fluxo corresponde à interface de primeiro contato, onde o usuário descreve a rede hídrica a partir da representação visual de nós e trechos compatível com a rede real na qual deseja analisar. Para cada nó é apresentado um ponto de armazenamento, seja lago, reservatório ou manancial. Já o trecho representa a ligação entre os trechos. Segundo Alves (2006) este conceito é representado como:

- Nós – Pontos de armazenamento ou não de água, podendo representar pontos de início ou junção de trechos, bem como pontos de demanda ou de armazenamento e acumulação de água, como lagos, reservatórios, bacias, entre outros.
- Trechos – Linhas de fluxo na rede hídrica responsável por ligar os nós e que possuem capacidade de acumulação de água.

A formulação da representação é apenas de caráter visual, não possuindo a obrigatoriedade de que os pontos representados estejam de fato georreferenciados, pois a distância entre os nós não influenciará nos resultados. No entanto, o software possibilita a

inserção de imagens, como do tipo .jpg, na qual o usuário importa uma imagem que sinalize o ambiente estudo, com um mapa por exemplo.

Através da interface de desenho de rede o usuário pode, também, inserir *shapefiles* e *rasters*, que, além de facilitar a representação devido ao real posicionamento de reservatórios, lagos, pontos de demanda, bacias, contribuições, propagações, entre outros, que também são representados de formas distintas no programa, podem ser utilizados para o cálculo da Precipitação Média na Bacia hidrográfica.

Todas as aplicações citadas nesta interface possuem por finalidade tornar mais amigável a utilização e entendimento do sistema e que serão de suma importância para atividades posteriores, tais como carregar as informações hidrológicas no banco de dados. Na figura 1 (página 3) é possível visualizar a representação dos nós e trechos no modelo.

2.2. Módulo operação de sistemas

O Módulo Operação de sistemas corresponde à etapa de balanço de massa da rede, com base nos parâmetros físicos e a base de dados correspondente. No que tange a simulação do modelo, o SSD agrega inicialmente os dados de entrada (dados hidrológicos), e posteriormente os dados operacionais, denominados como regras de operação e forma de alocação, sendo aplicados tanto para os reservatórios quanto para as bacias.

Para realização do balanço de massa é possível fazer de duas formas, podendo ser por simulação por regra ou propriedade, sendo que por regra existe a possibilidade de otimização.

Na categoria de simulação por regra de operação, o SSD comporta quatro esferas, sendo i) Periódica – o reservatório aloca periodicamente, a nível mensal, as vazões que serão distribuídas para os trechos a ele vinculados; ii) Dependente do armazenamento – o reservatório aloca suas vazões em função do volume disponível ou em função do volume disponível de algum reservatório que se encontre a jusante; iii) Constante – o reservatório aloca uma vazão constante durante todo o período e iv) Garantia de Demanda – o reservatório aloca a vazão em função do percentual de atendimento requerido.

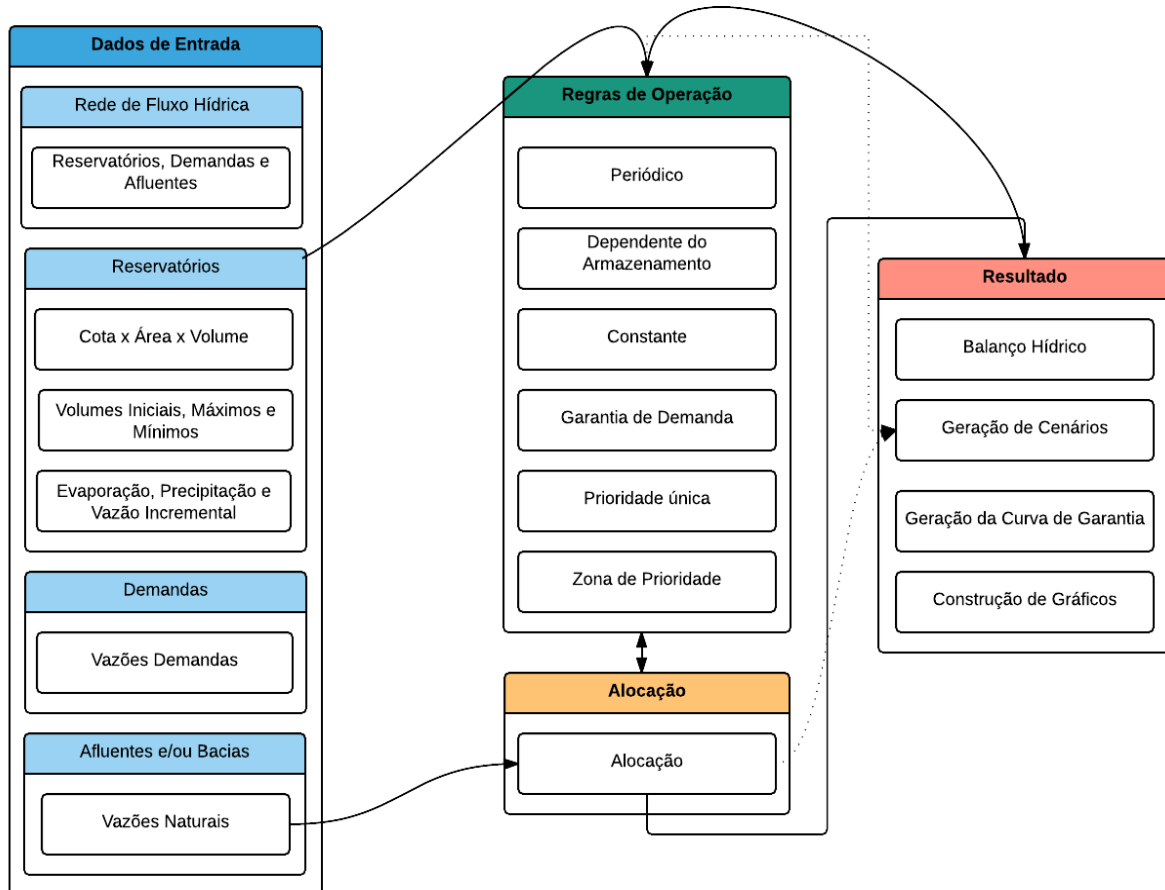
Em todos os casos, se o reservatório não tiver capacidade de alocar a vazão requerida, o decréscimo de alocação se dará de forma linear. Além disto, o usuário pode particionar a alocação em função da vazão meta (vazão desejável).

Na categoria de simulação por prioridade, o SSD permite que o usuário defina as prioridades de cada demanda e a forma como o reservatório irá alocar para cada demanda. As formas de alocação por prioridades disponíveis são por i) prioridade única e por ii) zonas de prioridades. Cabe ressaltar que, neste caso, o reservatório só irá atender a prioridade inferior caso a prioridade de demanda superior seja atendida.

Na figura 2 exemplifica os passos cenários para a execução do modelo, sinalizando primeiramente o desenho da rede de fluxo e os dados de entrada (azul), a etapa de definição das regras de operações dos reservatórios (verde) e os resultados gerados pelo

modelo (vermelho). Em tracejado denota que o caminho para geração de cenários corresponde à manipulação das regras e das demandas para criar novos resultados.

Figura 2 – Representação do Módulo Operação de Sistemas



A partir do balanço hídrico (descrito na equação 1), a distribuição do volume armazenado no reservatório servirá de suporte para obtenção das vazões regularizadas (de cada reservatório) e obtenção de cenários para avaliar o comportamento do sistema e otimização de objetivos, quando julgar necessário.

$$V_{t+1}(i) = V_t(i) + Qa_t(i) - Qd(i) - Qv(i) - Ev_t(i) \frac{A_t + A_{t+1}}{2} + \sum_{j=Ni} Qv_t(j) \quad (1)$$

Onde,

- A = Área Superficial alagada do reservatório
- V = Volume Armazenado no Reservatório
- t = Índice temporal mensal
- i = Índice representativo dos reservatórios no Sistema

- N_i = Conjunto de Reservatórios a montante do reservatório i
- E_v = Lâmina d'água evaporada a partir da superfície
- Q_a = Volume Afluente ao Reservatório
- Q_d = Volume Regularizado
- Q_v = Volume Vertido pelo Reservatório

Sujeito as seguintes restrições:

$$Q_a, Q_d, Q_v \geq 0 \quad (2)$$

$$V_{\min}(i) \leq V_{t+1} \leq V_{\max}(i) \quad (3)$$

Para ser executado, basta selecionar com o cursor o botão executar. Em caso de ocorrência de alguma discordância, o programa habilita uma caixa de aviso que mostra qual o nó em que está com erro, seja por falta de informação, seja por incompatibilidade da informação.

2.3 Módulo visualização de resultados

O módulo de resultados corresponde ao ambiente onde o usuário poderá visualizar da forma gráfica ou tabulada o resultado da simulação que foi executada. Para isto, o SIGA possibilita a visualização de duas formas:

1. Individualizada – O usuário pode acessar estritamente nó por nó, sendo isto necessário selecionar o nó desejado e habilitar o botão resultados, que fica junto ao seletor de execução do programa, como mostrado na figura 4.7. Além dos resultados obtidos, o usuário pode também visualizar a Curva de Garantia do reservatório, ou seja, visualizar a curva de vazões regularizadas.

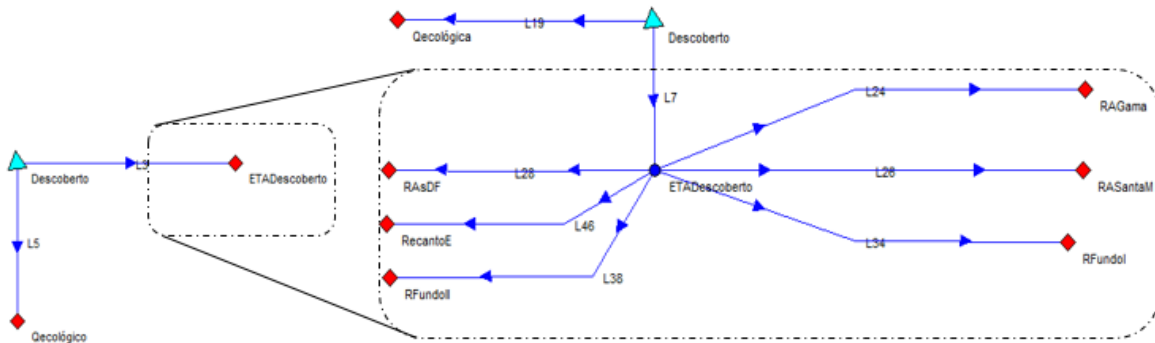
2. Geral – O usuário acessa através do módulo de resultados de todos os nós e trechos em conjunto. Dessa forma, é possível cruzar resultados distintos de atendimento, escassez, liberações, volumes evaporados e precipitados e o número de falhas de atendimento.

3. APLICAÇÃO DO MODELO

Com o intuito de visualizar o funcionamento do SIGA, o modelo foi utilizado para representar o sistema hídrico do Descoberto, como ilustrado na figura 1. A bacia hidrográfica do rio Descoberto é composta por 7 unidades hidrográficas afluentes ao reservatório do Descoberto acrescidas das contribuições de outros tributários. Atualmente, o sistema do descoberto é responsável por abastecer cerca de 60% da população do Distrito Federal, com a vazão média de 5,4 m³/s, sendo que o reservatório encarregado de abastecer 98% da demanda. O sistema foi desenhado, acoplando as afluições no próprio reservatório e distribuindo as demandas em duas demandas pontuais, sendo a vazão ecológica e a vazão de demanda.

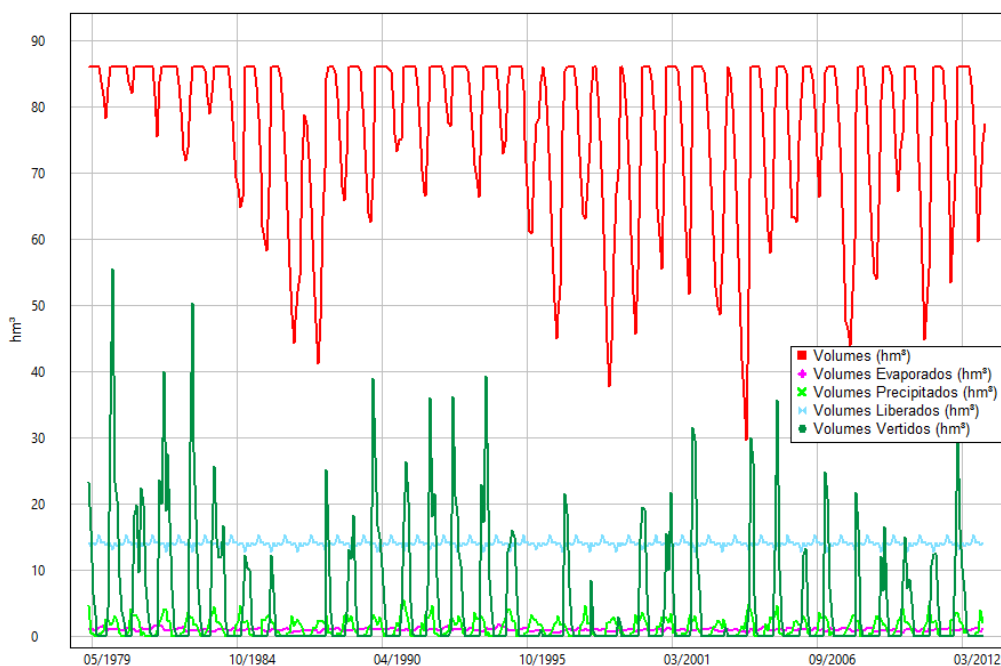
Observa-se que a demanda está subdividida em diversos pontos de demanda, como ilustrado na figura 3.

Figura 3 – Representação do sistema Descoberto no SIGA



O sistema foi modelado, inserindo as informações hidrológicas e operacionais no modelo. Foi atribuído que o sistema iria atender as demandas meta independente de regra de operação do reservatório e não prevendo a necessidade de estocar água para períodos posteriores. Deste modo, buscasse avaliar se o sistema é capaz de suportar as demandas atuais avaliando a série histórica de 40 anos e qual é o comportamento do modelo. A demanda atribuída na série histórica foi a demanda mensal para o ano de 2015, sendo inferior a demanda de garantia (atendimento de 100% do tempo) disponibilizada no modelo de 5,75 m³/s. Os resultados estão na figura 4.

Figura 4 – Balanço hídrico do Reservatório Descoberto para as demandas de 2015



4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que, embora seja um programa recente, o SIGA demonstrou ser um programa adequado para realizações de simulações tais como foi submetida neste trabalho. Porém, o programa ainda necessita de maiores verificações para correções de alguns *bugs* que foram ocorridos e que inviabilizaram a utilização de algumas funções, mas que não foram relevantes para atendimento dos objetivos.

No que tange a análise de resultados, o SIGA demonstrou solidez nos resultados, tendo em vista que o comportamento do reservatório observado, apresentando-se sempre perto do volume meta com poucos períodos de estiagem. No entanto, o volume reservado atendeu com suficiência os períodos de maior demanda. Corrobora-se a este a ampla capacidade de análise que o modelo permite a partir da visualização gráfica e tabular dos resultados, capazes de serem exportados em formato xls (planilha) e imagem. Recomenda-se que para futuros estudos, os módulos de geração de curva de garantia e análise de sensibilidade sejam mais explorados, pois contribuem para as ações de gestão e planejamento, atuando de forma fundamental para as tomadas de decisões.

Tendo em vista os objetivos, o SIGA se demonstrou factível como um sistema de suporte à decisão atendendo os requisitos necessários para um SSD. O modelo se apresenta em expansão, com a pretensão de novos módulos o que implicará no maior uso e difusão dos conhecimentos e capacidade do modelo. Por ser um modelo nacional, de grande potencial e de *software* livre, recomenda-se o uso e a sua aplicação para novos estudos e usos nas ações de planejamento na gestão dos recursos hídricos.

5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

Alves, C. M. A.; Barros, F. V. F. e Mendonça Junior, G. M. (2006). “Desenvolvimento do protótipo do Sistema de Informação para Gerenciamento da Alocação da Água” *Anais do VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, Pernambuco, Brasil.

Alves, C. M. A.; Barros, F. V. F. e Mendonça Junior, G. M. (2007). “Implantação dos Módulos de Calibração Automática de Modelos Hidrológicos e de Modelagem de Poluição Difusa no Sistema de Informações para Gerenciamento da Alocação da Água-SIGA.” *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, São Paulo, Brasil.

Braga, B.; Barbosa, P. S. F. e Nakayama, P. T. “Sistemas de Suporte à Decisão em Recursos Hídricos.” *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 3(3), 73-95.

Cardoso da Silva, L. M e Monteiro, R. A. “Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos: uma das possíveis abordagens”. *Gestão de Águas Doces/Carlos José Saldanha Machado (Organizador)*. Capítulo V, p. 135-178. - Rio de Janeiro: Interciência. 2004.

FUNCEME; DNOCS. *Manual do SIGA*. 2013. Ceará, Brasil. 104p.

Porto, R. I.; Azevedo, L. G. T. *Sistemas de Suporte a Decisões Aplicados a Problemas de Recursos Hídricos*. In: Porto, R. L. *Técnicas quantitativas para o gerenciamento de Recursos Hídricos*. II. Universidade-UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997.43-95.