

FERRAMENTA DE AUXILIO AOS PROCESSOS DE ENQUADRAMENTO E RE-ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS DE FORMA ARTICULADA AOS DEMAIS INSTRUMENTOS DA PNRH

Roberta Baptista Rodrigues¹

RESUMO --- O sistema *AlocServer* considera o instrumento enquadramento de forma articulada aos demais instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Este trabalho vem sendo desenvolvido com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). O sistema *AlocServer* foi aplicado à bacia do Rio Jundiaí, no Estado de São Paulo.

ABSTRACT --- The System *AlocServer* considers articulation of water body classification in accordance with the others instruments of the National Water Resources Policy (Política Nacional de Recursos Hídricos). This work has been developed with the support of Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), State of São Paulo, Brazil. This system was applied to the Jundiaí River basin, located in the State of São Paulo.

Palavras-chave: **Enquadramento, AlocServer, Outorga e Cobrança**

1) Pesquisadora-Coordenadora pela FAPESP e Diretora da RB RECURSOS HÍDRICOS. Avenida Professor Lineu Prestes, 2242 – CIETEC/IPEN/USP, Cidade Universitária, São Paulo, SP, CEP 05508-000. Telefone: 55 11 8268-9581; e-mail: roberta@rbrecursoshidricos.com; sítio: www.rbrecursoshidricos.com

INTRODUÇÃO

O enquadramento dos corpos de água em classes permite fazer a junção entre a gestão da qualidade e da quantidade da água, visando assegurar água com qualidade compatível aos usos mais exigentes da bacia.

A Resolução CONAMA No. 375 trata da Classificação dos Corpos de Água. As águas doces são classificadas em cinco classes, que variam de especial a classe 4. Para as respectivas classes são atribuídos determinados usos. Para a classe especial é atribuído também o uso de preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral, já para a classe 4 é atribuído também o uso de navegação.

Este trabalho apresenta o sistema AlocServer (Rodrigues, 2004 – 2009) que permite a articulação do instrumento enquadramento ao demais instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997), que são: Plano de Recursos Hídricos; Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos; a Outorga e a Cobrança pelo Uso da Água.

O sistema AlocServer foi aplicado à bacia do Rio Jundiá, localizada no Estado de São Paulo. O modelo foi calibrado de acordo com dados da série histórica de dados fluviométricos e de qualidade da água. O processo de calibração ocorreu pelo agrupamento de dados em períodos trimestrais. A vazão de referência utilizada para as simulações aqui apresentada foi a $Q_{95\%}$ (vazão mínima com possibilidade de permanência no corpo hídrico em 95 % do tempo).

Após a calibração, foram criados diversos cenários de: qualidade da água; enquadramento e metas progressivas; balanço de cargas; vazão de diluição de cada lançamento; custos associados a lançamentos e captações; vazão liberada para outorga.

Cenários de qualidade da água foram associados aos cenários de enquadramento e metas progressivas, assim como cenários de balanço de cargas foram associados à carga máxima permissível, calculada em função da vazão de referência e do cenário de enquadramento selecionados. Os custos a serem pagos pelos usuários foram calculados em função da vazão captada, do cenário de custos unitários criados e da vazão de diluição do efluente ao longo do eixo longitudinal do corpo hídrico.

Os resultados constatarem que os instrumentos da PNRH devem ser tratados de forma articulada. Somente através da articulação dos mesmos que será possível almejar um uso racional e eficiente dos recursos hídricos. Assim como, que o instrumento enquadramento é de extrema importância nos processos de planejamento e gestão dos corpos hídricos porque ele permite trabalhar simultaneamente com aspectos de qualidade e quantidade da água.

Os resultados também mostram que o sistema AllocServer atende o objetivo de ser um instrumento que pode possibilitar a integração dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) para subsidiar os processos de planejamento de gestão de bacias hidrográficas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Capítulo II da Resolução CONAMA No. 375 trata da Classificação dos Corpos de Água, no Art. 3º e Parágrafo único fica estabelecido:

“As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade”.

“Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes”.

De acordo com o Art. 4º da referida Resolução, as águas doces são classificadas conforme dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação das águas doces

Classe	Usos
I - classe especial: águas destinadas:	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
II - classe 1: águas que podem ser destinadas:	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
III - classe 2: águas que podem ser destinadas:	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 200 d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) à aquicultura e à atividade de pesca.
IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.
V - classe 4: águas que podem ser destinadas:	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

Segundo Porto (2002): “O Brasil pouco utilizou esse instrumento até hoje. No Capítulo 7 será examinado o caso brasileiro e mostrado que este instrumento somente tem sido utilizado para a

emissão das licenças de lançamento. Falta, em grande parte do país, sua agregação em torno da visão da bacia como um conjunto integrado de usos, contemplando aspectos de quantidade e qualidade”.

Segundo Porto (2002): “Percebe-se, no entanto, que, em ambos casos, há espaço para que haja uma diferenciação da qualidade da água em cursos de água cujos usos a serem atendidos são diferentes. Há também espaço para que o rigor dos padrões de qualidade seja diferente entre trechos diferentes de rios. É esta flexibilidade que permite uma adaptação dos programas de controle da poluição às condições econômicas, sociais e geográficas para sua sustentação”.

O Sistema AlocServer (Rodrigues, 2004 – 2009) permite a gestão quali-quantitativa dos usos da água de uma bacia, para tanto permite o tratamento articulado dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997), que são: Plano de Recursos Hídricos; enquadramento dos corpos d’água em suas respectivas classes de uso; e Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos; a Outorga e a Cobrança pelo Uso da Água.

O AlocServer é constituído por uma interface gráfica de entrada e saída, também georeferenciada, por um Banco de Dados e pelos modelos matemáticos QUAL2E (Brown e Barnwell, 1987), ALOC (Rodrigues, 1999 - 2006) e FISCHER (Fischer *et al*, 1979).

O modelo QUAL2E é um modelo unidimensional de qualidade das águas superficiais que permite simular até 15 variáveis de qualidade. O ALOC é um modelo de quantificação de vazão de diluição e de cargas ao longo do corpo hídrico referente a cada usuário-poluidor, considerando o processo de autodepuração, a poluição difusa e vazões de referência. O modelo ALOC nasceu com base nas proposições da metodologia KELMAN (Kelman, 1997). O modelo de FISCHER quantifica o comprimento da zona de mistura, considerando o regime permanente.

O modelo ALOC nasceu a partir da junção dos modelos RM1 (Rodrigues, 2000) e RM2 (Rodrigues, 2003) por meio do Projeto AlocServer (Processo FAPESP 2004/14296-0). A junção das metodologias dos modelos RM1 e RM2 permite trabalhar, simultaneamente, com os conceitos de carga e de vazão de diluição para o planejamento e gerenciamento dos corpos hídricos.

METODOLOGIA

Sistema AlocServer

O sistema AlocServer é constituído por três modelos matemáticos e uma base de dados. Os modelos que compõe o AlocServer são: QUAL2E, ALOC e FISCHER. A Figura 1 ilustra a estrutura do sistema AlocServer.

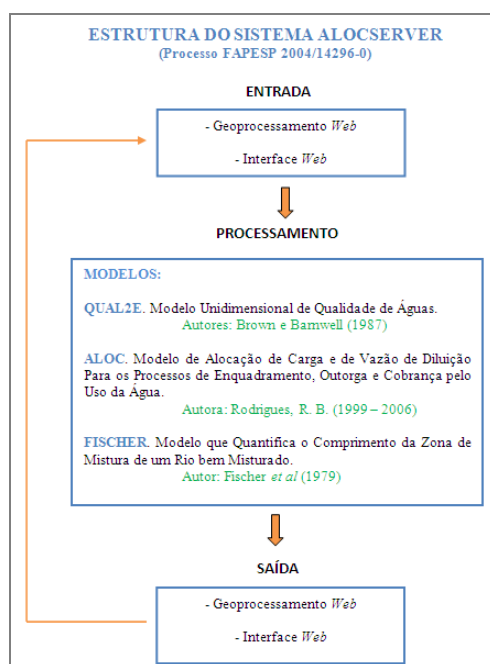


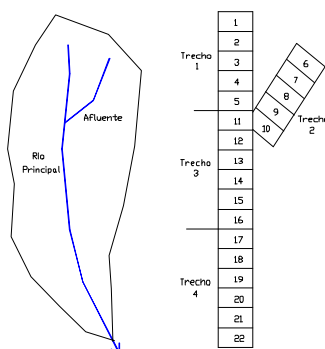
Figura 1 – Estrutura do Sistema AlocServer

Modelo QUAL2E

O texto sobre o modelo QUAL2E foi extraído de Brown e Barnwell (1987).

A estrutura conceitual do modelo QUAL2E consiste na idealização de um protótipo para um sistema hídrico unidimensional ramificado. Este sistema é subdividido em trechos com características hidráulicas semelhantes, e estes trechos são subdivididos em elementos de igual comprimento, caracterizando a base de entrada de dados do sistema (Figura 2).

A alocação das cargas no modelo QUAL2E pode ser feita de forma pontual, caracterizando a poluição pontual, e distribuída, caracterizando a poluição difusa, sendo que ambas admitem apenas o regime permanente de vazão. Os incrementos de vazão, que podem ou não caracterizar a poluição difusa, são constantes para cada trecho em particular.



Fonte: BROWN e BARNWELL (1987)

Figura 2 – Estrutura conceitual do modelo QUAL2E.

O modelo de simulação de qualidade da água Stream Water Quality Model - QUAL2E, 1987, distribuído pela *US Environmental Protection Agency* – USEPA, é um modelo de qualidade das águas superficiais que permite simular 15 variáveis indicativas de qualidade das águas em cursos de água ramificados e bem misturados, usando o método das diferenças finitas para a solução da equação unidimensional do transporte (advecção e dispersão) e de reação dos constituintes.

O modelo QUAL2E simula, de forma espacial, às seguintes variáveis indicativas da qualidade da água: DBO, OD, temperatura, alga (clorofila a), nitrogênio orgânico, amônia, nitrito, nitrato, fósforo orgânico, fósforo inorgânico dissolvido, coliformes, uma variável não-conservativa arbitrária, três variáveis conservativas arbitrárias.

A estrutura conceitual do modelo QUAL2E consiste na idealização de um protótipo para um sistema hídrico unidimensional ramificado. Este sistema é subdividido em trechos com características hidráulicas semelhantes, e estes trechos são subdivididos em elementos de igual comprimento, caracterizando a base de entrada de dados do sistema.

As estruturas do modelo ALOC e a do sistema AlocServer estão apoiadas na estrutura conceitual do modelo QUAL2E.

Modelo de Alocação de Carga e de Vazão de Diluição (ALOC)

A técnica de solução numérica utilizada pelo modelo ALOC é baseada na determinação dos valores espaciais de uma variável no passo de tempo $n+1$, conhecida sua distribuição espacial no passo de tempo anterior n , sendo o passo de tempo zero correspondente às condições iniciais do sistema, técnica semelhante a dos modelos QUAL2E, RM1 e RM2. Esses modelos trabalham em regime permanente e idealizam o sistema dentro de uma situação visual estática, como uma foto, ou seja, não existe variação no tempo apenas no espaço. Rodrigues (2006)

O ALOC foi desenvolvido por meio da integração das metodologias dos modelos RM1 e RM2 permitindo trabalhar simultaneamente com os conceitos de carga e de vazão de diluição para o planejamento e gerenciamento dos corpos hídricos, sob os aspectos de qualidade e quantidade. As Figuras 3 e 4 apresentam a estrutura conceitual das metodologias dos modelos RM1 e RM2, respectivamente.

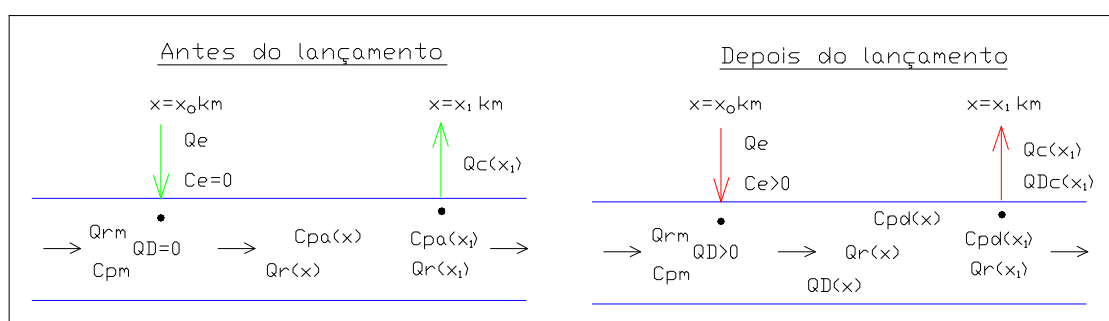
A lógica do modelo ALOC consiste em quantificar, diante de um cenário global de lançamentos e captações, assim como de poluição difusa, a carga de poluente e a vazão de diluição ao longo do corpo hídrico *referente a cada usuário-poluidor*.

A Tabela 2 apresenta os cálculos possíveis de serem realizados através do modelo ALOC.

Tabela 2 – Cálculos realizados pelo modelo ALOC

Item	Cálculos realizados pelo modelo ALOC
a)	Carga sedimentada, degradada, captada e em suspensão referente ao respectivo lançamento;
b)	Carga de montante referente a cada usuário-poluidor (Figura 5);
c)	Carga de jusante referente a cada usuário-poluidor;
d)	Vazão de diluição ao longo do eixo longitudinal;
e)	Vazão liberada no rio para novas diluições de efluentes ou captações;
f)	Vazão de diluição da carga de poluente retirada do rio através de captações;
g)	Vazão Indisponível para Diluição através de Captação;
h)	Custo por lançamento considerando a poluição ocasionada aos usuários de jusante;
i)	Custo por captação considerando o grau de poluição da água captada e a indisponibilidade para vazões de diluição.

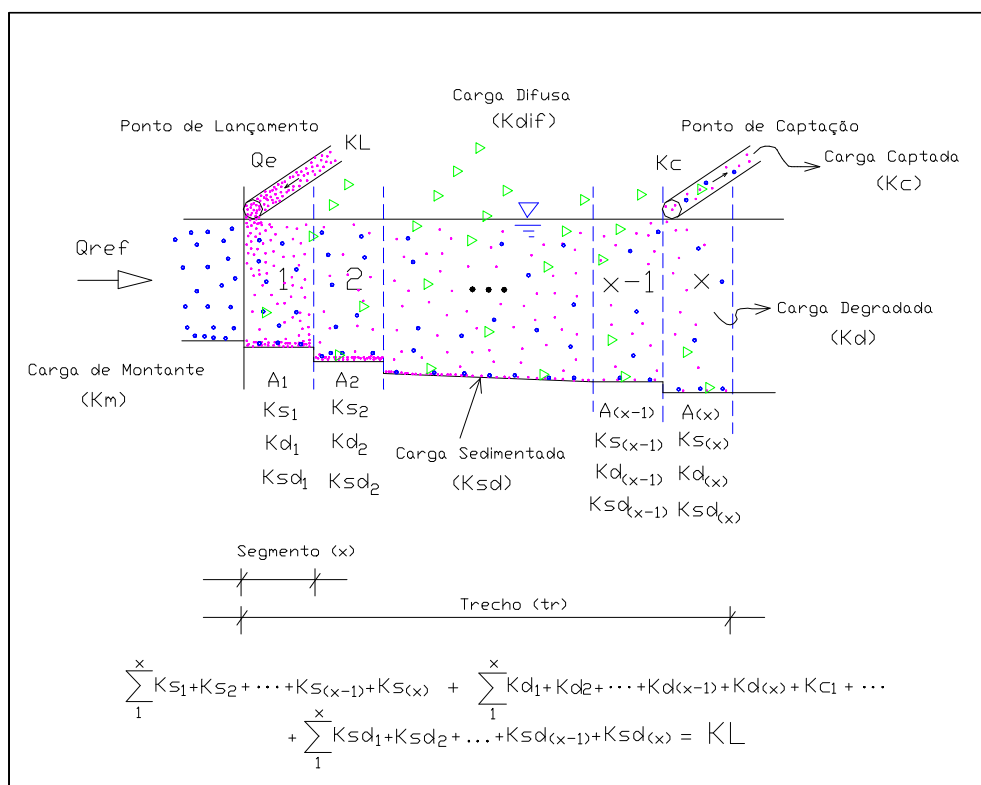
Trabalhar com o conceito de carga ou vazão de diluição não interfere na responsabilidade do usuário-poluidor. Ambos os conceitos podem ser utilizados para uma análise estratégica para os processos de planejamento e gestão dos corpos hídricos. Maiores informações sobre os modelos podem ser obtidas nas referências citadas.



C_{pm} – concentração do poluente imediatamente a montante do ponto de lançamento do efluente
 Q_{rm} – vazão do rio imediatamente a montante do ponto de lançamento do efluente
 C_e – concentração do poluente no efluente
 C_{pd} – concentração do poluente no corpo receptor após o lançamento do efluente
 C_{pa} – concentração do poluente no corpo receptor antes do lançamento do efluente, diluída na vazão do efluente
 Q_c – vazão de captação
 Q_{Dc} – vazão de diluição da carga de poluente retirada através de captação
 Q_r – vazão do rio

Fonte: RODRIGUES (2000)

Figura 3 – Representação esquemática do modelo RM1



Q_{ref} – vazão de referência
 Q_e – vazão de lançamento do efluente
 K_m – carga de montante
 K_L – carga de lançamento do efluente
 K_{dif} – carga difusa
 K_s – carga em suspensão, referente apenas ao lançamento considerado
 K_d – carga degradada, referente apenas ao lançamento considerado
 K_{sd} – carga sedimentada, referente apenas ao lançamento considerado
 K_c – carga captada, referente apenas ao usuário poluidor considerado
 A – área da seção transversal
 Tr – trecho de rio

Fonte: RODRIGUES (2003)

Figura 4 – Balanço de carga realizado pelo modelo RM2.

Modelo de FISCHER (1979)

O comprimento da zona de mistura é calculado por meio da equação de dispersão longitudinal de Fischer *et al* (1979). Ressalte-se que o modelo QUAL2E pressupõe mistura imediata a partir do ponto de lançamento do efluente. **Para fins de simplificação**, é utilizada a equação de dispersão longitudinal de FISCHER para determinação do comprimento da zona de mistura, considerando que a concentração de poluente no final da zona de mistura seja igual à obtida pelo modelo QUAL2E no respectivo ponto.

A partir do instante do lançamento do efluente no corpo hídrico, ocorre o período denominado “*período de Fischer ou fase advectiva*”. Nesta fase, a variância espacial da nuvem aumenta de forma tal que sua derivada temporal não é constante, não existe um coeficiente constante de

dispersão longitudinal, mas sim um coeficiente que cresce continuamente no tempo, ocorrendo predomínio dos efeitos advectivos sobre os efeitos difusivos. Neste período, a concentração de poluente não é homogênea de uma margem a outra do rio e a velocidade não é uniforme. Ver Figura 5.

Após algum tempo do lançamento do efluente, inicia-se uma fase denominada “*período de Taylor ou fase dispersiva*”, onde começa a ocorrer uma concentração mais uniforme ao longo das seções transversais ao escoamento, conforme mostra a Figura 5. Nesta fase, o valor do coeficiente de dispersão longitudinal é praticamente constante.

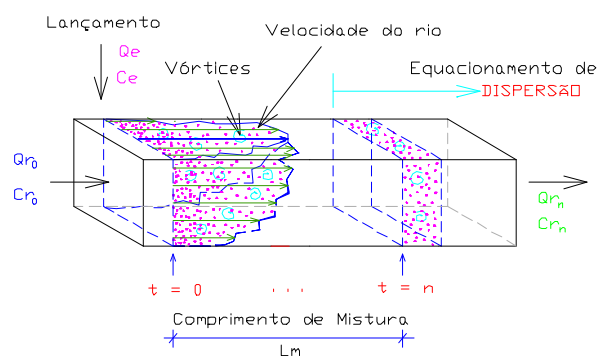


Figura 5 – Representação esquemática dos períodos de FISCHER e de TAYLOR.

Vários autores propuseram formas de se estimar a duração do período de Fischer, e, conseqüentemente, a distância a jusante do ponto de lançamento a partir da qual inicia-se o período de Taylor (Eiger, 1997).

Foi proposta uma nova equação (Fischer *et al*, 1979) para estimar o valor do comprimento da zona de mistura (L_F), analisando um canal retangular possuindo uma distribuição uniforme de velocidade longitudinal ao longo da direção transversal e com injeção contínua de poluente. Conhecida a distribuição espacial de concentração da nuvem resultante, foi possível definir um critério para a distância necessária para a ocorrência de mistura completa ao longo da direção transversal. Estes autores consideraram como distância necessária para a ocorrência de uniformidade transversal de concentração aquela a partir da qual a concentração varia menos de 5% em relação ao valor médio de uma dada seção transversal (Eiger, 1997).

Módulos do sistema AlocServer

A modularização permite um maior desempenho do sistema, na medida em que o usuário passe a operar apenas o módulo de interesse. O AlocServer é constituído por módulos. Os módulos do sistema estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Descrição dos módulos do sistema AlocServer

Módulo	Descrição
Módulo de Geoprocessamento	Permite a inserção de dados e a elaboração de mapas temáticos.
Módulo Calibração	Visa auxiliar o usuário no processo de calibração.
Módulo Quali-Quantitativo	Permite uma análise simultânea de qualidade e quantidade.
Módulo Balanço de Carga	Realiza todo o balanço de cargas do corpo hídrico.
Módulo Enquadramento e Metas Progressivas	Tem como função verificar o atendimento aos padrões de lançamento de efluentes e de qualidade do corpo hídrico, considerando a zona de mistura.
Módulo Outorga e Cobrança	Permite o cálculo de vazões de diluição e custos de lançamento e captação, considerando o grau de poluição da água captada e os prejuízos dos usuários-poluidores aos usuários de jusante.

No sistema AlocServer, a estrutura de funcionamento do modelo Qual2e foi alterada de forma a permitir a integração da malha hídrica brasileira, ou seja, medidas de contorno com relação a número de trechos, números de pontos de lançamento e captação e velocidade de processamento foram estabelecidas.

O sistema AlocServer pode ser aplicado em qualquer continente, assim como em rios fronteirícios e transfronteirícios.

Descrição do tratamento do instrumento enquadramento no sistema AlocServer

O AlocServer também permite que a decisão de enquadramento ou de re-enquadramento de corpos hídricos em sua respectiva classe de uso também seja tomada com base: nas vazões que serão disponibilizadas naquele corpo para outorga; nos custos unitários de captação e lançamento; nos valores cobrados dos usuários da bacia; no conseqüente montante arrecadado; e nos objetivos de qualidade desejados. Ver Figura 6. O sistema AlocServer nasceu a partir do sistema SSD RB (Rodrigues, 2005).

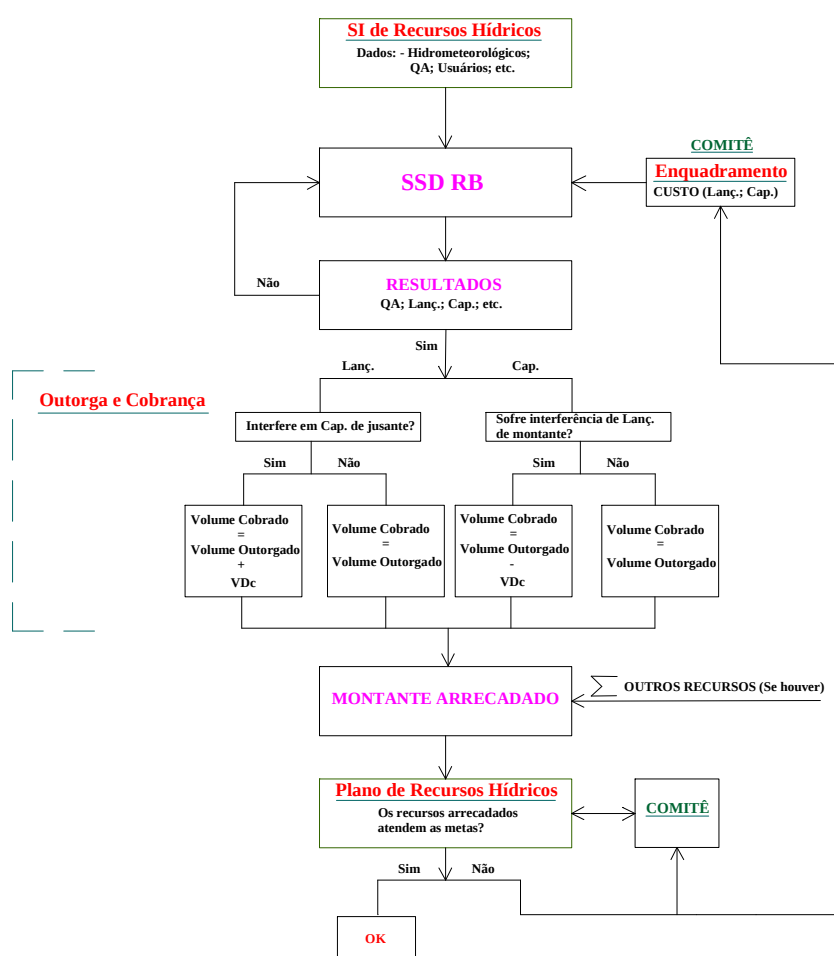
Assim, o AlocServer pode servir também de apoio nas seguintes decisões de aprovação pelo Comitê: nos valores unitários de diluição e de captação pelo uso da água; na decisão do regime de vazões de referencia adotado e condicionado a uma determinada garantia; na Classe de Uso do corpo hídrico ou mesmo em metas progressivas, intermediárias e final para atendimento a um determinado objetivo de qualidade; na revisão do Plano de Recursos Hídricos. Todas estas decisões influenciam o montante de recursos financeiros arrecadado na bacia pela cobrança e, conseqüentemente, nas metas estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos.

A decisão do enquadramento do corpo hídrico em sua respectiva Classe de Uso também deve ser tomada com base nas vazões que serão disponibilizadas naquele corpo para outorga, nos custos

unitários de captação e lançamento, assim como nos valores cobrados dos usuários da bacia e o conseqüente montante arrecadado.

O AlocServer pode auxiliar os membros dos comitês para um melhor entendimento das relações de causa e efeito das diversas interferências quali-quantitativas e de regime que os múltiplos usos dos recursos hídricos podem gerar.

Através do AlocServer, a gestão quali-quantitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água pode abranger de forma articulada os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos: Plano de Recursos Hídricos; enquadramento dos corpos d'água em suas respectivas classes de uso; e Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.



QA – Qualidade da água

VDc – Volume de diluição da carga de poluente retirada do rio através de captação

Fonte: RODRIGUES (2005)

Figura 6 - Uso do Sistema AlocServer Articulado com os Instrumentos de Gestão

Aplicação do sistema AlocServer à bacia do rio Jundiáí (SP)

Descrição da Bacia do Rio Jundiáí e do Processo de Calibração

A Bacia do rio Jundiaí (Figura 7) está compreendida entre as coordenadas 46° 30' e 47° 17' de longitude a oeste do meridiano de Greenwich e 23° 20' e 23° 02' de latitude ao sul do Equador. Possui uma área de aproximadamente 1.150 km², onde estão localizados os municípios de Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba e Salto. (Cetesb, 2001)

O rio Jundiaí nasce na região serrana de Pedra Vermelha, no município de Mairiporã, e percorre cerca de 123 km até a sua confluência com o rio Tietê, no reservatório da Usina de Porto Góes, no município de Salto. (Cetesb, 2001)



Fonte: Adaptado de CETESB - Níveis Atuais e Tendências da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo (2003) – e IBGE (1973)

Figura 7 – Bacia do rio Jundiaí

A Bacia do rio Jundiaí é caracterizada por uma precipitação média mensal entre os postos de aproximadamente 120 mm, sendo máxima junto a Serra dos Cristais, próxima à confluência com o rio Tietê. A precipitação média anual entre os postos é de aproximadamente 1400 mm. DAEE (1999)

O rio Jundiaí possui dois postos fluviométricos: Posto 3E-108, localizado no Município de Campo Limpo Paulista, com uma vazão média anual de aproximadamente 2 m³/s e Posto 4E-017, localizado no Município de Indaiatuba, com uma vazão média anual de aproximadamente 10 m³/s. DAEE (1999)

O estudo da qualidade das águas do rio Jundiaí foi realizado com dados de monitoramento de qualidade da água da rede de monitoramento da CETESB, de 1978 a 2003, para os postos JUNA-2020 e JUNA-4270, já o posto JUNA-4900 teve seu início de operação em agosto de 1993. No posto de monitoramento JUNA-2020, localizado no município de Campo Limpo Paulista, nas proximidades da cabeceira, a concentração média de Oxigênio Dissolvido (OD) dos anos de 1978 a 2003 foi de 7,3 mg/L, associada a uma concentração média de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de 3,3 mg/L. Para o posto de monitoramento JUNA-4270, localizado no município de Indaiatuba, as concentrações médias de OD e DBO foram de 4,1 e 14,2 mg/L, respectivamente. Já

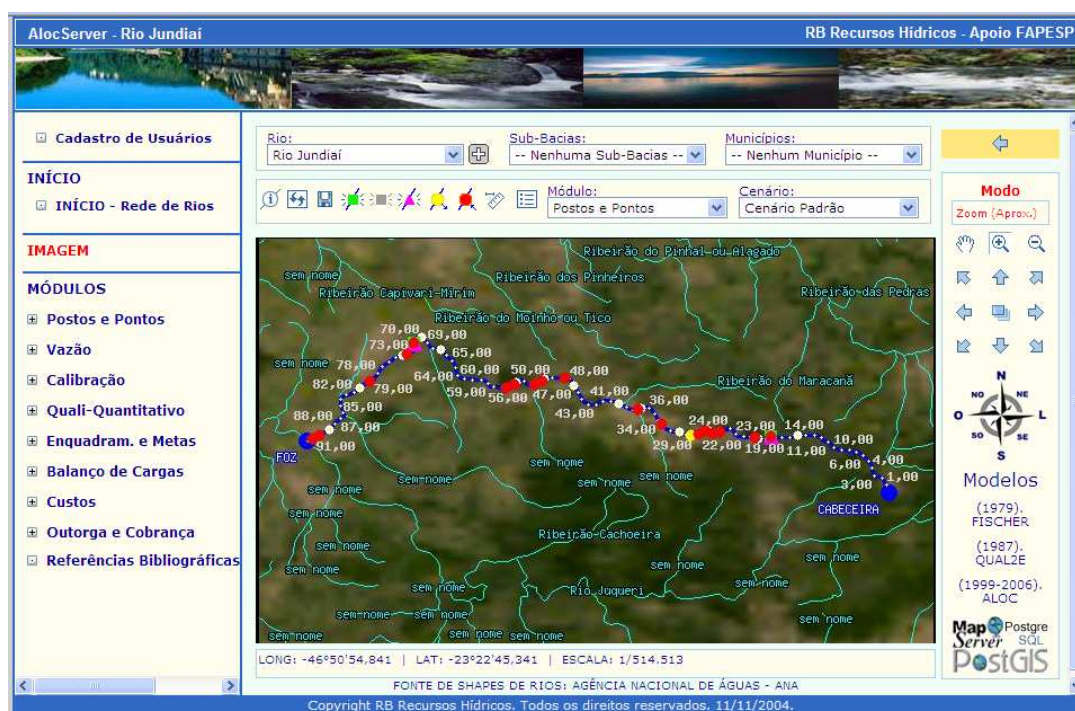
para o posto JUNA – 4900, as concentrações médias foram de 2,7 mg/L para o OD e 19,2 mg/L para a DBO.

A variável de estado selecionada para simulação foi a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Os regimes de vazão adotados foram $Q_{7,10}$, Q_{95} , Q_{90} e Q_m .

O modelo foi calibrado de acordo com dados da série histórica de dados fluviométricos e de qualidade da água. O processo de calibração ocorreu pelo agrupamento de dados em períodos trimestrais. Dados calculados foram correlacionados com dados monitorados através de *box plots*. Para as simulações com vazões de referências foram utilizados dados de calibração do valor de vazão trimestral calculado mais próximo da respectiva vazão de referência. O processo de divisão do rio em trechos foi realizado de acordo as características hidráulicas do corpo hídrico.

RESULTADOS OBTIDOS

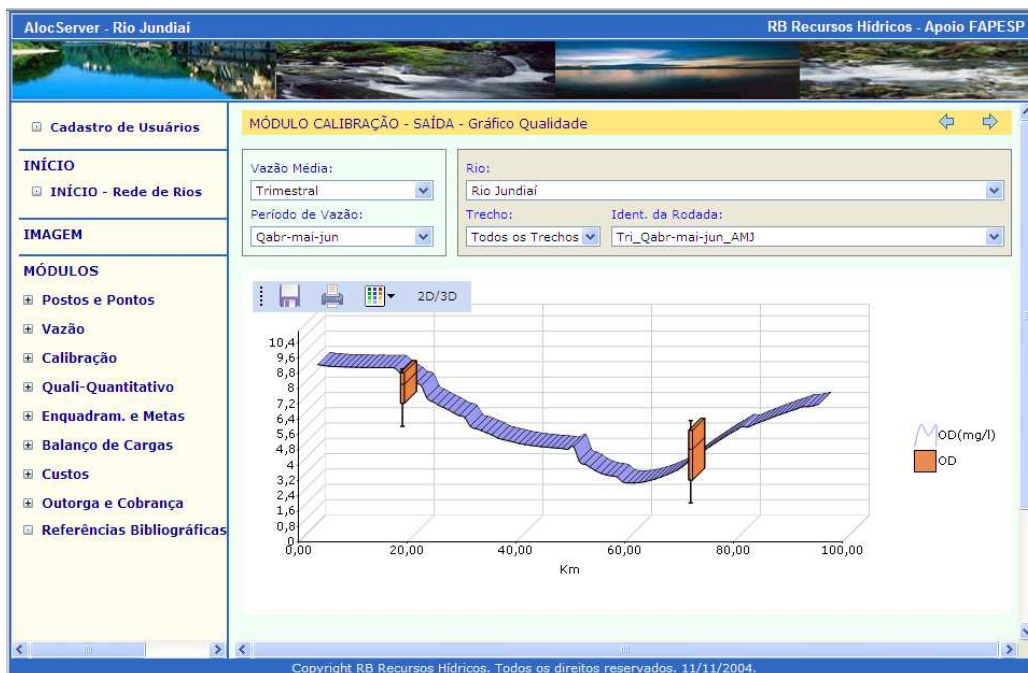
A Figura 8 apresenta a divisão do rio em trechos e a alocação de pontos de lançamento e captação, assim como de postos fluviométricos.



Fonte: Sistema AlocServer (2009)

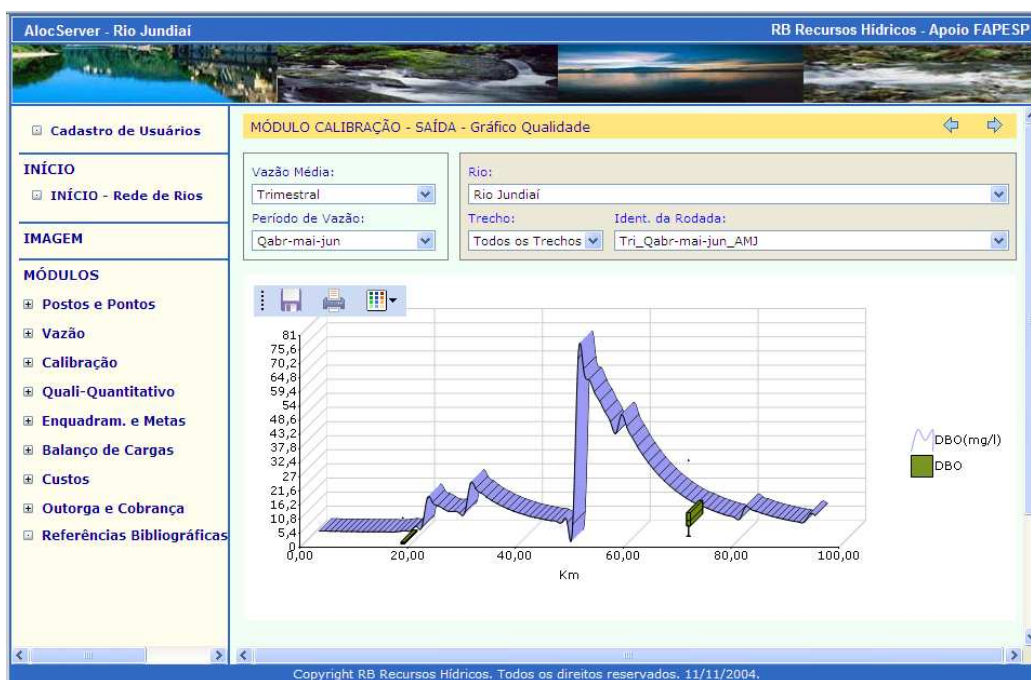
Figura 8 – Divisão do rio Jundiá em trechos e alocação de postos e pontos

A Figura 9 apresenta o resultado do processo de calibração para a variável OD. A Figura 10 apresenta o resultado do processo de calibração para a variável DBO. Os resultados apresentados são referente ao período de abril, maio e junho. Para os demais períodos valores semelhantes de calibração foram obtidos.



Fonte: Sistema AlocServer (2009)

Figura 9 – Resultados obtidos no processo de calibração da variável OD



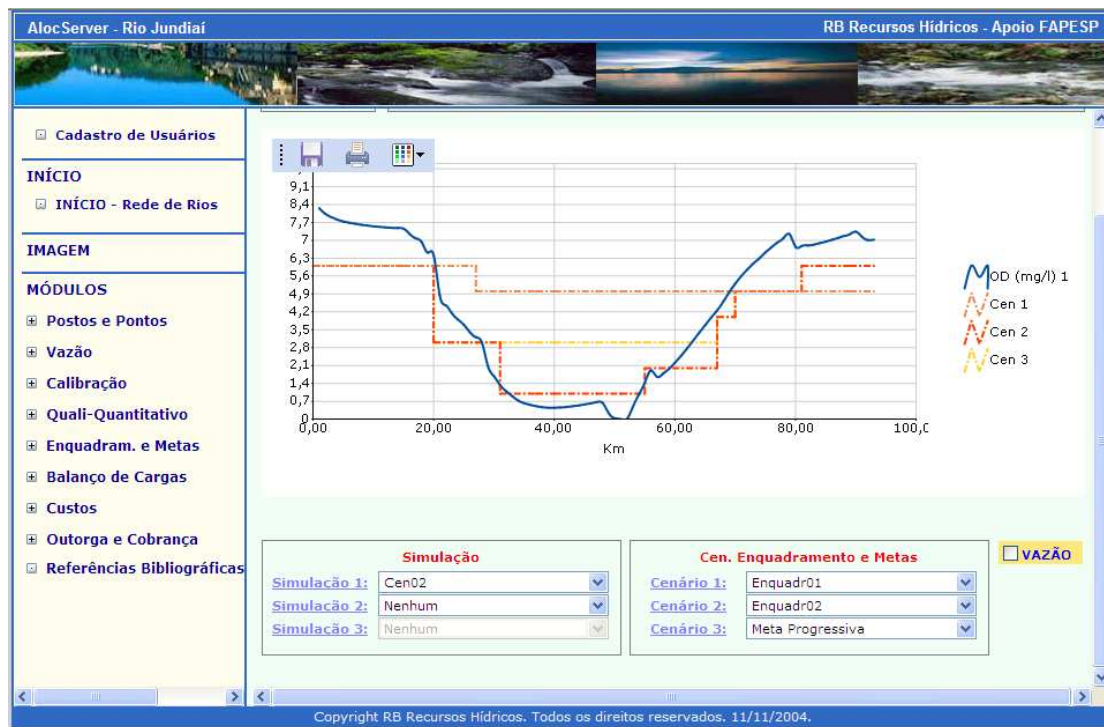
Fonte: Sistema AlocServer (2009)

Figura 10 – Resultados obtidos no processo de calibração da variável DBO

Após a calibração, foram criados diversos cenários de: qualidade da água; enquadramento e metas progressivas; balanço de cargas; vazão de diluição de cada lançamento; custos associados a lançamentos e captações; vazão liberada para outorga. Cenários de qualidade da água foram associados aos cenários de enquadramento e metas progressivas, assim como cenários de balanço de cargas foram associados à carga máxima permissível, calculada em função da vazão de referência e do cenário de enquadramento selecionados. Os custos a serem pagos pelos usuários foram

calculados em função da vazão captada, do cenário de custos unitários criados e da vazão de diluição do efluente ao longo do eixo longitudinal do corpo hídrico. Para a criação dos cenários aqui apresentados foi utilizada a vazão de referência $Q_{95\%}$.

As Figuras 11 e 12 apresentam cenários de enquadramento e metas progressivas para as variáveis OD e DBO.



Fonte: Sistema AlocServer (2009)

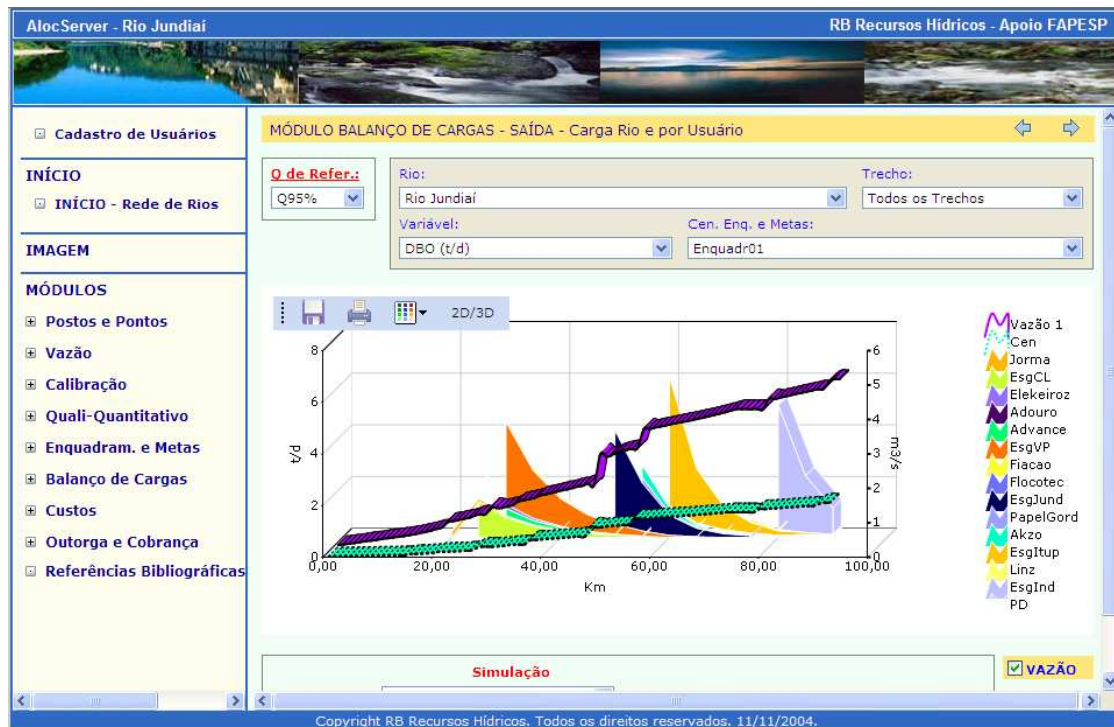
Figura 11 – Cenários de enquadramento e metas progressivas para a variável OD



Fonte: Sistema AlocServer (2009)

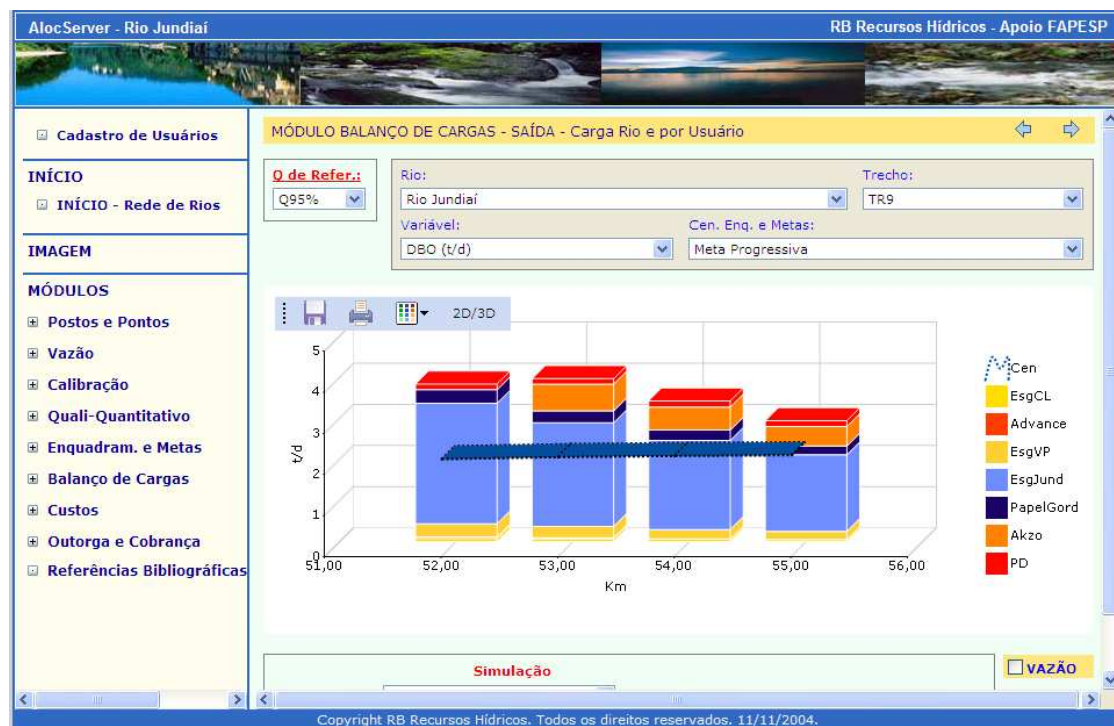
Figura 12 – Cenários de enquadramento e metas progressivas para a variável DBO

As Figura 13 e 14 apresentam cenários de balanço de cargas do corpo hídrico, associado à carga máxima permissível, diante dos cenários de enquadramento e vazão de referências selecionados. A Figura 13 apresenta valores ao longo do corpo hídrico, já a Figura 14 apresenta valores por Trecho.



Fonte: Sistema AlocServer (2009)

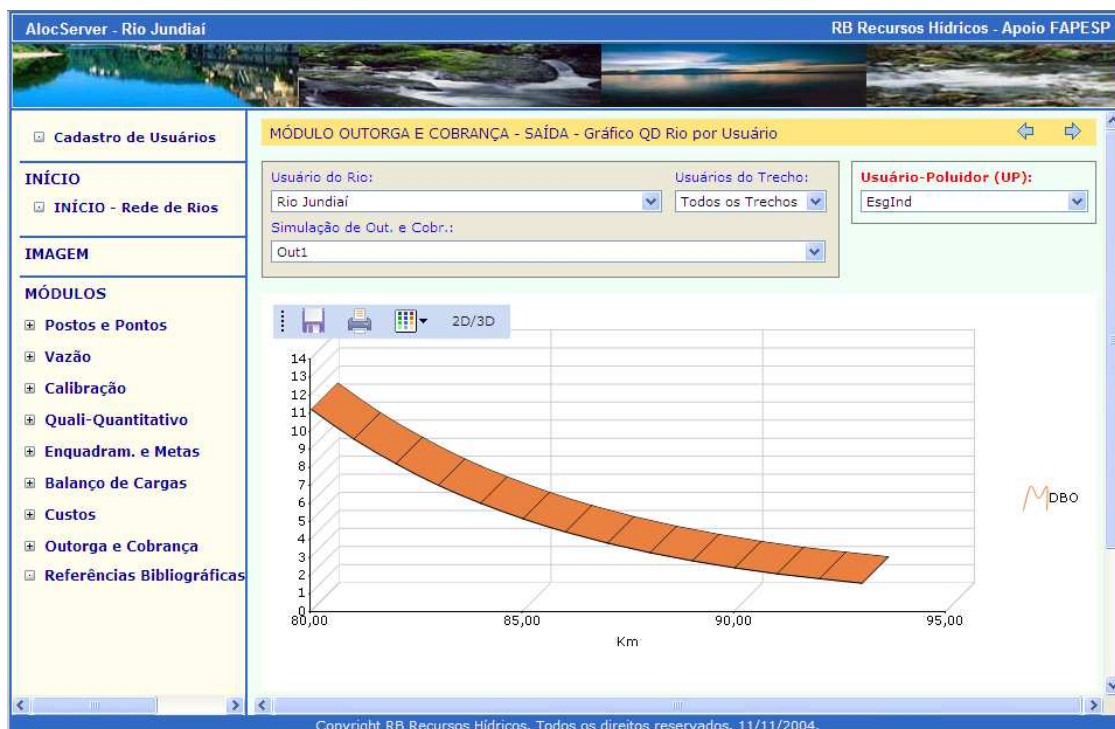
Figura 13 – Cenário de balanço de cargas para a variável DBO ao longo do rio



Fonte: Sistema AlocServer (2009)

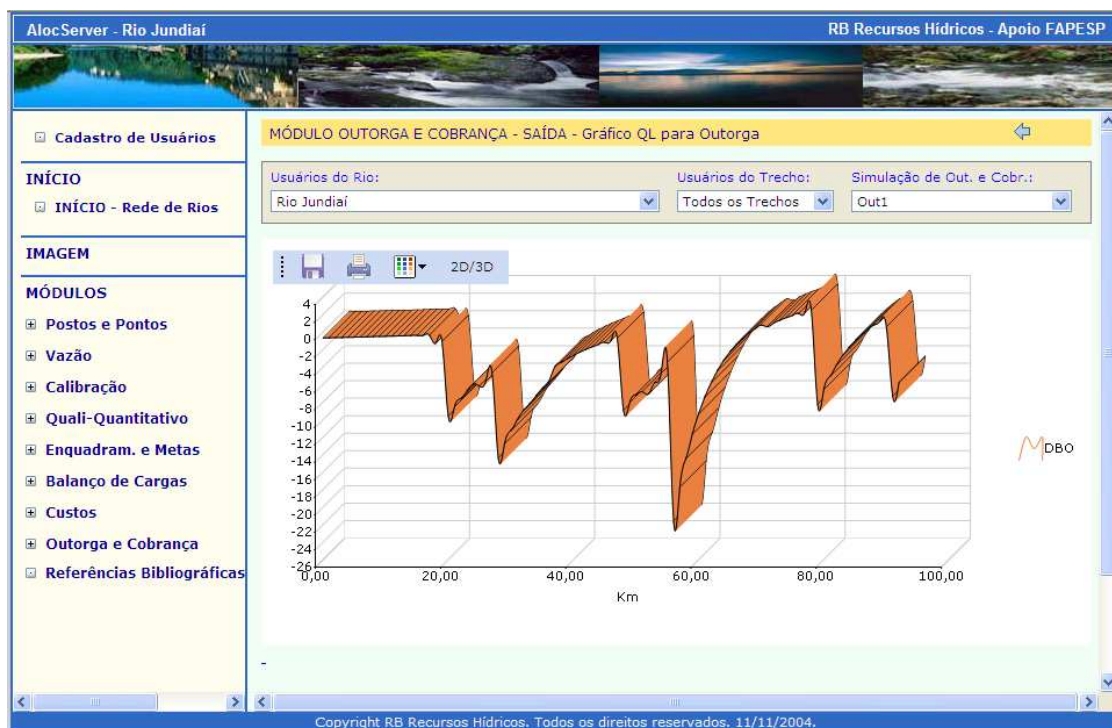
Figura 14 – Cenário de balanço de cargas para a variável DBO por trecho selecionado

A Figura 15 apresenta valores de vazão de diluição por usuário-poluidor selecionado. A Figura 16 apresenta valores de vazão liberada para novas outorgas diante vazão de referência, do enquadramento e do cenário de qualidade da água selecionados. Valores de vazão liberada para outorga são negativos porque representam o quanto de vazão o corpo hídrico deveria ter para atender a classe de uso selecionada.



Fonte: Sistema AlocServer (2009)

Figura 15 – Cenário de vazão de diluição para o usuário-poluidor selecionado



Fonte: Sistema AlocServer (2009)

Figura 16 – Cenário de vazão de liberada para novas outorgas

CONCLUSÕES

O sistema AllocServer surge com o objetivo de possibilitar a integração dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) para os processos de planejamento de gestão de bacias hidrográficas. Os instrumentos da PNRH precisam ser tratados de forma articulada. Somente através da articulação dos mesmos que será possível almejar um uso racional e eficiente dos recursos hídricos.

O instrumento enquadramento é de extrema importância nos processos de planejamento e gestão dos corpos hídricos porque ele permite trabalhar simultaneamente com aspectos de qualidade e quantidade da água.

Uma outorga só pode e deve ser concedida se analisada sobre o ponto de vista de qualidade do corpo hídrico, ou seja, sobre o ponto de vista dos usos prioritários estabelecidos pela sociedade, que devem ser representados pelo enquadramento ou por metas progressivas estabelecidas.

Não esquecendo que a qualidade de um corpo hídrico, diante de um cenário de diversos usos, está associada à vazão de referência a ser trabalhada, ou seja, aos rios que a sociedade escolheu correr quanto à disponibilidade de água para atendimento aos respectivos usos.

A cobrança pelo uso da água está associada à outorga, assim sendo, o montante a ser arrecadado somado a outros possíveis recursos deve ser compatível com os processos de planejamento e gestão da bacia, de forma que os objetivos e as metas estabelecidos juntos com a sociedade sejam passíveis de realização.

Mas, para que os instrumentos da PNRH sejam tratados de forma articulada, não basta o investimento em sistemas sofisticados de suporte a decisão, é imprescindível também o investimento em redes de monitoramento, assim como em sistema de informações que tratem e armazenem as informações de forma organizada e sistemática.

Os desafios acima são grandes, mas, particularmente, creio que temos um desafio ainda maior, que é a articulação entre instituições, profissionais das diversas áreas do conhecimento e a sociedade. Sem essa articulação, por maior que seja os investimentos, os resultados obtidos vão ficar muito aquém do esperado. Essa articulação não exige investimento, apenas respeito e boa vontade.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio nos Processos:

2004/14296-0 “AlocServer – Sistema de Enquadramento, Planejamento e Gestão de Corpos Hídricos”.

2008/58143-3 “Projeto de Integração do Sistema AlocServer ao Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos e Projeto Piloto de Aplicação à Bacia do Rio Paraíba do Sul”

Ao Centro Incubador de Empresas Tecnológicas da USP (CIETEC) pelo apoio.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000.

BRASIL. CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

BRASIL. Lei Federal n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

BROWN, L. C.; BARNWELL Jr., T.O. *Computer program documentation for the enhanced stream water quality model QUAL2E. and QUAL2E-UNCAS*. Report EPA/600/3-87/007, US Environmental Protection Agency, Athens, Georgia, USA, 1987.

CETESB. Relatórios de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 1978 a 1997. CETESB, 1978 a 2003.

FISCHER, H. B. *et al. Mixing in inland and coastal waters*. New York: Academic Press, Inc., 1979. 483p.

EIGER, S. Apostila da disciplina: Dispersão de poluentes em rios e estuários, PHD - 735. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 1997.

IBGE. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. SUPERINTENDENCIA DE CARTOGRAFIA. Região Sudeste do Brasil. Folhas: Campo Limpo, Jundiaí, Indaiatuba, Salto. Escala: 1: 50.000, 1973.

KELMAN, J. *Gerenciamento de recursos hídricos parte I: outorga*. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997, Vitória, ES., 16-20, nov., 1997. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos hídricos. Tema: Bases técnicas para a implementação dos sistemas de gestão de recursos hídricos. São Paulo: ABRH, 1997. v.1 p. 123-128.

PORTO, M. Sistemas de Gestão da Qualidade das Águas: Uma Proposta para o Caso Brasileiro. São Paulo, 2002. 131p. Tese (Livre Docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

RODRIGUES, R. B. Relatório Técnico do Projeto “AlocServer – Sistema de Enquadramento, Planejamento e Gestão de Corpos Hídricos”. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Processo 2004/14296-0. São Paulo, 2006.

RODRIGUES, R. B. Relatório Técnico do Projeto “AlocServer – Sistema de Enquadramento, Planejamento e Gestão de Corpos Hídricos”. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Processo 2004/14296-0. São Paulo, 2008.

RODRIGUES, R. B. Relatório Técnico do Projeto “AlocServer – Sistema de Enquadramento, Planejamento e Gestão de Corpos Hídricos”. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Processo 2004/14296-0. São Paulo, 2009.

RODRIGUES, R. B. Metodologia de apoio à concessão de outorga para lançamento de efluentes e cobrança pelo uso da água – O modelo RM1. São Paulo, 2000. 140p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

RODRIGUES, R. B. SSD RB – Sistema de suporte a decisão proposto para a gestão qualitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água. São Paulo, 2005. 155p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

RODRIGUES, R. B. Modelagem dos poluentes orgânicos em corpos d’água superficiais. In: *Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. NUVOLARI, A. (coordenador). FATEC-SP/CEETEPS. São Paulo, 2003. Editora Edgard Blucher LTDA. 209-226p.

RODRIGUES, R. B. ; PORTO, M. Modelo matemático proposto para auxílio nos processos de outorga e cobrança pelo uso da água. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1999, Belo Horizonte, MG., 28-02, nov./dez., 1999. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Tema: Água em quantidade e qualidade: o desafio do próximo milênio. São Paulo: ABRH, 1999. p. 92.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E OBRAS. Banco de Dados Fluviométricos do Estado de São Paulo (Atualizados até 1997). Elaborado por Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH. Convênio DAEE – USP, 1999.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E OBRAS. *Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo (Atualizados até 1997)*. Elaborado por Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH. Convênio DAEE – USP, 1999.