

# **ALOC SERVER – SISTEMA DE ALOCAÇÃO DE CARGA E DE VAZÃO DE DILUIÇÃO PARA OS PROCESSOS DE ENQUADRAMENTO, OUTORGA E COBRANÇA PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

*Roberta Baptista Rodrigues<sup>1</sup> & Luciano Meneses Cardoso da Silva<sup>2</sup>*

**RESUMO** --- O sistema *ALOC Server* apresenta-se como um marco inovador na área de gestão de recursos hídricos, já que o mesmo insere aspectos de qualidade da água para os processos de outorga e cobrança pelo uso da água, de forma articulada aos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, e traz também para a Política um novo conceito, o de “Justiça Hídrica”, ou seja, quem capta água com qualidade inferior paga menos do que quem capta água com qualidade superior, assim como, quem mais polui e prejudica os usuários de jusante, mais paga. Este trabalho vem sendo desenvolvido com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

**ABSTRACT** --- The System *ALOC Server* is an innovation milestone in the area of water resources management, since it considers water quality aspects in the water usage and concession processes in accordance with the instruments of the National Water Resources Policy (Política Nacional de Recursos Hídricos). It also brings to the aforementioned Policy the concept of “Water Equity” meaning those who collect water with lower quality pay less than those who collect higher quality water, as well as will pay more those who pollute and jeopardize downstream users. This work has been developed with the support of Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), State of Sao Paulo, Brazil.

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

---

1) Bolsista Pesquisadora-Coordenadora pela FAPESP e Diretora da RB RECURSOS HÍDRICOS, instituição do Centro Incubador de Empresas Tecnológicas da USP (CIETEC). 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.

2) Especialista em Recursos Hídricos e Gerente de Outorga da Superintendência de Outorga e Fiscalização da Agência Nacional de Águas – ANA. Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Bloco L, Brasília – DF. CEP 70.610-200. PABX: 2109-5400. e-mail: lmeneses@ana.gov.br

## 1 - INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, tem em um de seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de águas, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos são: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga e a cobrança pelo uso da água; e o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os Planos de Recursos Hídricos visam orientar e viabilizar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos. São elaborados por Bacia Hidrográfica, por Estado e para o País; são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implementação de seus programas e projetos.

O enquadramento dos corpos de água em classes de usos preponderantes 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 outorga de direito de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água, associado a uma garantia. A cobrança está condicionada aos usos sujeitos à outorga e objetiva reconhecer a água como um bem econômico, incentivar a racionalização do uso da água e obter recursos financeiros para atendimento das metas estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos. O Sistema de Informações de Recursos Hídricos visa à coleta, o tratamento e o armazenamento de informações sobre recursos hídricos. Funciona como uma base dinâmica de informações para o sistema de gestão de recursos hídricos.

Este trabalho apresenta o projeto do sistema “*ALOC Server – Sistema de Enquadramento, Planejamento e Gestão de Corpos Hídricos*”, que vem sendo desenvolvido com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Processo n. 04/14296-0.

O sistema ALOC Server possibilita a articulação de todos os instrumentos da Lei n. 9.433, assim como a articulação entre os órgãos gestores de recursos hídricos, já que o mesmo será disponibilizado via web. O ALOC Server teve origem a partir da tese de doutorado *SSD RB – Sistema de Suporte a Decisão para a Gestão Quali-Quantitativa dos Processos de Outorga e Cobrança pelo Uso da Água* (Rodrigues, 2005).

Com relação ao SSD RB, o ALOC Server apresenta-se como uma ferramenta mais robusta, estabelecendo medidas de contorno para uma maior performance e um menor consumo de memória RAM do computador, assim como não apresenta mais limitações quanto ao número de trechos e pontos de lançamento e captação. No ALOC Server é também utilizado o modelo ALOC

(Rodrigues, 2006), que além do balanço de vazão de diluição permite também o balanço de cargas ao longo do corpo hídrico.

O ALOC Server 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, 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 ALOC Server sistematiza, aspectos de qualidade e quantidade da água para os processos de outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos, de forma articulada aos demais instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei n. 9.433, de 1997), possibilitando a efetiva implementação da Política. Traz também para a Política o conceito de “Justiça Hídrica” (Rodrigues, 2005), ou seja, quem capta água com qualidade inferior paga menos do que quem capta água com qualidade superior, assim como, quem mais polui e prejudica os usuários de jusante, mais paga.

## 2 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A metodologia apresentada por Kelman (1997) sugere que o usuário que lança efluente num curso d'água “se apropria” de uma certa quantidade de água ( $Q_D$ ) para diluir o poluente presente no mesmo. A vazão de diluição de um poluente degradável sofre decaimento ao longo do curso de água, devido à capacidade de autodepuração do corpo receptor. Esta capacidade é representada nesta metodologia pela sugestão do uso de um coeficiente qualitativo ( $a_2$ ) para cada trecho de rio que é menor do que a unidade, e multiplica a vazão de diluição requerida pelo sistema no ponto de lançamento do efluente. Os modelos RM1 e RM2 foram desenvolvidos tendo como base as proposições da metodologia do Professor Kelman.

O modelo ALOC (Rodrigues, 2006) nasceu a partir da junção dos modelos RM1 (Rodrigues, 2000) e RM2 (Rodrigues, 2003), por meio do projeto “ALOC Server – Sistema de Enquadramento, Planejamento e Gestão de Corpos Hídricos”, que vem sendo desenvolvido com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. 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.

A Lei n. 12.183, de 29 de dezembro de 2005, dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos no estado de São Paulo. No artigo 9, fica estabelecido que os valores deliberados

pela cobrança deveram considerar a localização do usuário na bacia, a diluição, o transporte e a assimilação de efluentes, a classe de uso, a carga lançada e seu regime, dentre outras providências.

A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, representa um grande avanço na área de gestão de recursos hídricos, já que a mesma consegue promover no plano legal a conciliação dos instrumentos de gestão, principalmente, no que diz respeito ao enquadramento, a metas, a objetivos e ao lançamento de efluentes. Segundo PORTO (2002), “A utilização de esquemas de classificação dos corpos de água permite uma melhor explicitação da relação entre usos da água e objetivos de qualidade”.

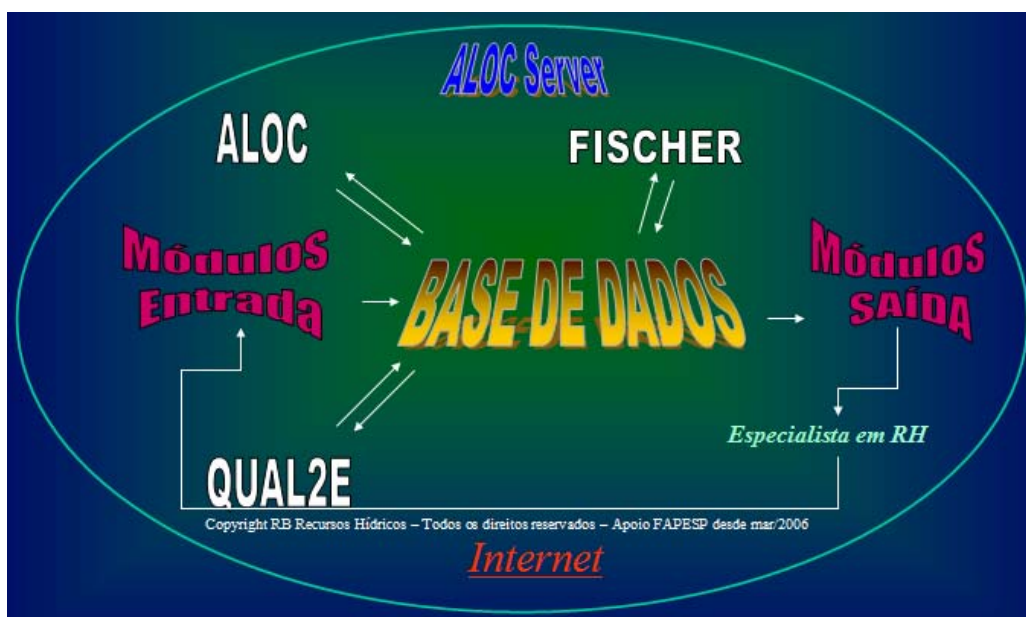
Para que os processos de *outorga e cobrança pelo uso da água* sejam geridos em quantidade e qualidade, existe a necessidade de se considerar de forma articulada o enquadramento em classes de uso preponderante, o regime de vazões e a capacidade de autodepuração do corpo hídrico, tudo isto diante do cenário real da bacia hidrográfica. Logo, existe a necessidade de se trabalhar com um modelo de qualidade da água que possibilite a entrada de dados de qualidade e quantidade da água, assim como, existe, também, a necessidade de se trabalhar com um modelo de outorga e cobrança pelo uso da água.

Para pleno atendimento à gestão dos processos de *outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos*, Rodrigues (2005) desenvolveu um Sistema de Suporte a Decisão (SSD), denominado RB, que apresenta: um módulo *Interface*, um módulo *Modelos*, constituído pelo modelo de outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos RM1 e pelo modelo de qualidade das águas QUAL2E e, por fim, um módulo *Dados*, que representa os dados de entrada e saída do sistema. O SSD RB foi aplicado à bacia do rio Jundiá, afluente do rio Tietê, localizado no Estado de São Paulo.

O Projeto ALOC Server nasceu a partir do SSD RB, com o objetivo de estabelecer medidas de contorno para as limitações do sistema e para tornar o acesso do sistema via *web*, facilitando a troca de informações entre os órgãos gestores e a transparência.

### **3 – MATERIAIS E MÉTODOS**

O ALOC Server é constituído por três modelos matemáticos e uma base de dados. Os modelos que compõe o ALOC Server são: QUAL2E, ALOC e FISCHER. Visando facilitar a troca de informações entre órgãos gestores e a transparência, o acesso do sistema será realizado via “Internet”. A Figura 1 ilustra a estrutura do sistema ALOC Server.



Fonte: RODRIGUES (2006)

Figura 1 – Estrutura do ALOC Server

O ALOC Server para os processos de outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos leva em consideração os seguintes fatores:

- Localização do pleito de outorga na rede hidrográfica;
- Disponibilidade de água no local do pleito;
- Qualidade da água no local do pleito;
- Enquadramento do rio no local do pleito;
- Grau de prejuízo do lançamento do usuário-poluidor aos usuários de jusante;
- Quantidade de água solicitada;
- Localização das outorgas já concedidas na rede hidrográfica;
- Usos da água a montante e a jusante do local em estudo;
- Série histórica de dados qualitativos e quantitativos da bacia hidrográfica;
- Características hidráulicas do corpo hídrico;
- Capacidade de autodepuração do corpo hídrico;
- Associação do custo total da água captada à qualidade da água no ponto de captação, ou seja, quanto melhor a qualidade da água captada mais o usuário paga, assim como quanto mais degradada a qualidade da água menos o usuário paga;
- Associação do custo de lançamento do usuário-poluidor aos prejuízos ocasionados aos usuários de jusante, em termos de qualidade da água;
- Associação do custo de captação à vazão indisponível para diluição dos efluentes dos usuários-poluidores de jusante.

### 3.1 – Modelo QUAL2E

#### Motivos da escolha do modelo QUAL2E para o ALOC Server

A escolha do modelo QUAL2E, para integrar o ALOC Server, se deu pelos seguintes motivos:

- por este ser um modelo unidimensional, o que requer uma quantidade de dados de entrada relativamente pequena;
- pelo modelo QUAL2E ser bastante utilizado em vários países, o que garante a credibilidade do modelo;
- por ele trabalhar em regime permanente, o que não implica na necessidade de representar alterações nas variáveis de estado em curto espaço de tempo;
- pela simplificação da geometria do canal, o que facilita o processo de calibração;
- pelo fato do modelo QUAL2E trabalhar com a divisão do corpo hídrico em trechos, possibilitando a entrada de dados de poluição difusa, o que viabiliza o processo de calibração do modelo, dentro de valores aceitáveis, principalmente, em trechos constituídos por sub-bacias que apresentam um alto número de ligações de esgoto não consolidadas, promovendo o carreamento ao corpo hídrico dessas cargas de origem “difusa” (não associadas propriamente a eventos de chuva);
- pelo fato do modelo QUAL2E considerar a demanda bentônica, o que viabiliza a calibração do modelo para a variável oxigênio dissolvido, dentro de valores aceitáveis, também para rios e córregos altamente poluídos e que apresentam uma alta capacidade de reaeração, como, por exemplo, o rio Tamanduateí, afluente do rio Tietê.

O texto a seguir foi extraído do manual do modelo QUAL2E *The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS*, desenvolvido por BROWN e BARNWELL (EPA/600/3-87/007), que discute a teoria do modelo e fornece maior orientação sobre aplicações. Para maiores informações sobre o modelo QUAL2E, recomenda-se também a consulta do manual do modelo.

#### Características do modelo

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,

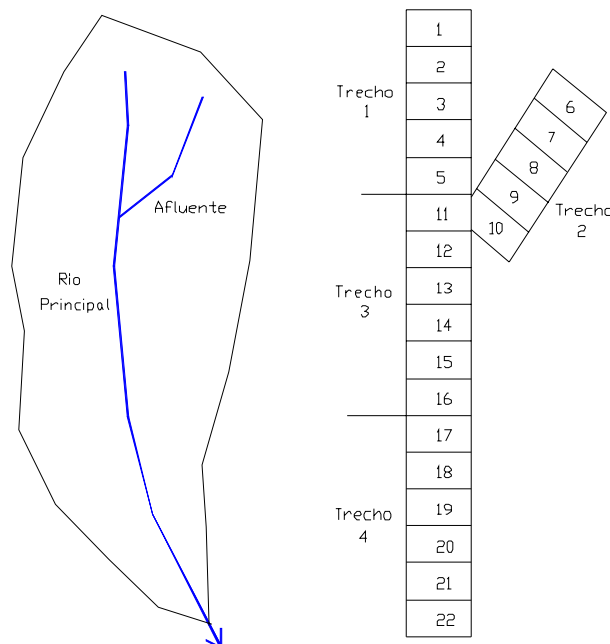
fósforo orgânico, fósforo inorgânico dissolvido, coliformes, uma variável não-conservativa arbitrária, três variáveis conservativas arbitrárias.

Permite também a incorporação de descargas pontuais, tributários, captações e de incrementos de vazão e poluentes relacionados às fontes difusas. Hidraulicamente, limita-se à simulação de períodos de tempo em que tanto a vazão ao longo do curso principal, quanto às entradas e retiradas sejam essencialmente constantes.

### Estrutura conceitual e alocação de cargas

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.

A estrutura do modelo ALOC e a do sistema ALOC Server estão apoiadas na estrutura conceitual do modelo QUAL2E.

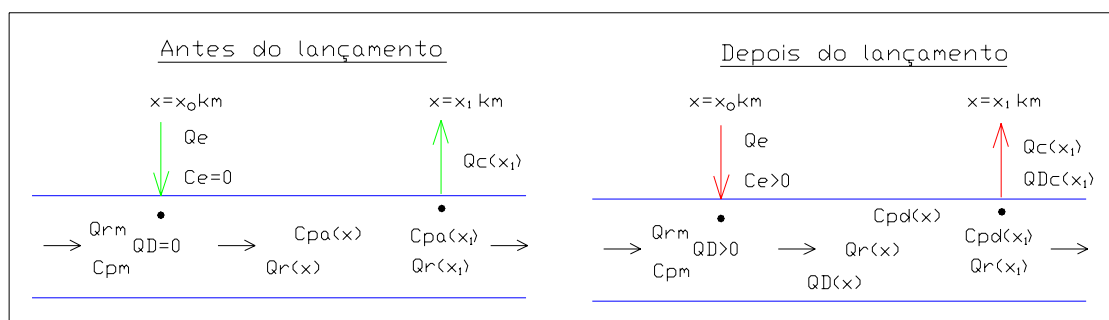
### 3.2 – Modelo de Alocação de Carga e de Vazão de Diluição

O modelo ALOC nasceu a partir do projeto *ALOC Server – Sistema de Enquadramento, Planejamento e Gestão de Corpos Hídricos*, que vem sendo desenvolvido pela empresa RB Recursos Hídricos através do apoio da Fundação de Ampara à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, Processo No. 04/14296-0.

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 (Rodrigues, 2000) e RM2 (Rodrigues, 2003), 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.

O modelo ALOC é uma ferramenta de auxílio ao gerenciamento quali-quantitativo dos processos de planejamento de uma bacia hidrográfica, permitindo a articulação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997).

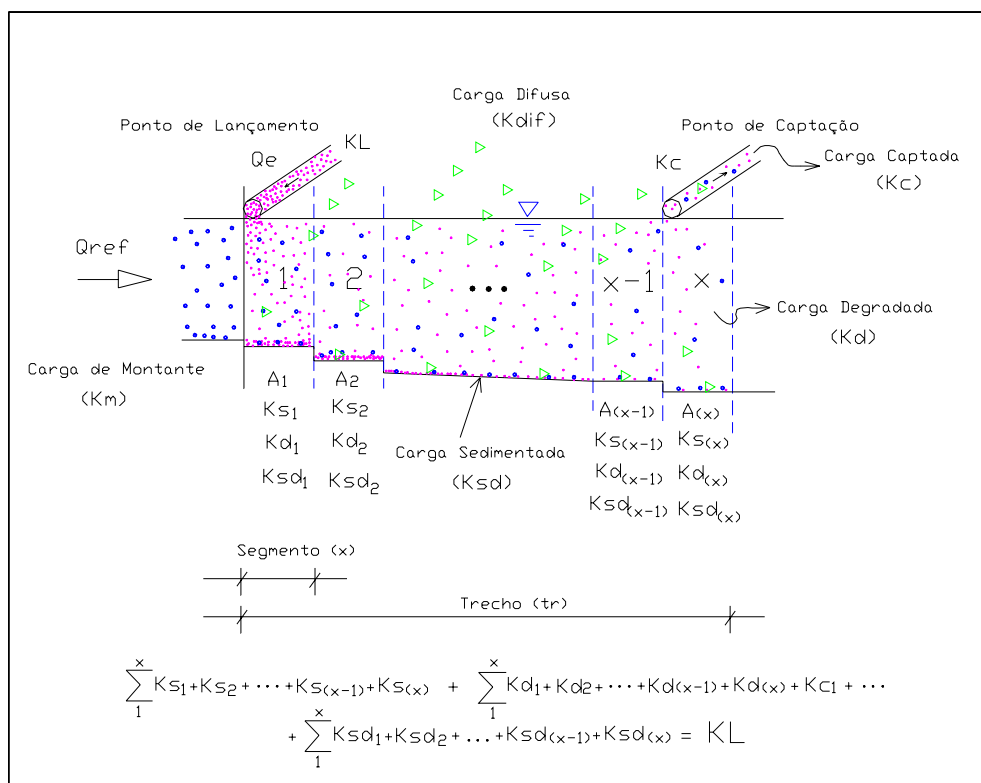


- Cpm – concentração do poluente imediatamente a montante do ponto de lançamento do efluente
- Qrm – vazão do rio imediatamente a montante do ponto de lançamento do efluente
- Ce – concentração do poluente no efluente
- Cpd - concentração do poluente no corpo receptor após o lançamento do efluente
- Cpa - concentração do poluente no corpo receptor antes do lançamento do efluente, diluída na vazão do efluente
- Qc – vazão de captação
- QDc – vazão de diluição da carga de poluente retirada através de captação
- Qr – vazão do rio

Fonte: RODRIGUES (2000)

Figura 3 – Representação esquemática do modelo RM1





- Qref – vazão de referência  
 Qe – vazão de lançamento do efluente  
 Km – carga de montante  
 KL – carga de lançamento do efluente  
 Kdif – carga difusa  
 Ks – carga em suspensão, referente apenas ao lançamento considerado  
 Kd – carga degradada, referente apenas ao lançamento considerado  
 Ksd – carga sedimentada, referente apenas ao lançamento considerado  
 Kc – carga captada, referente apenas ao usuário poluidor considerado  
 A – área da seção transversal  
 Tr – trecho de rio

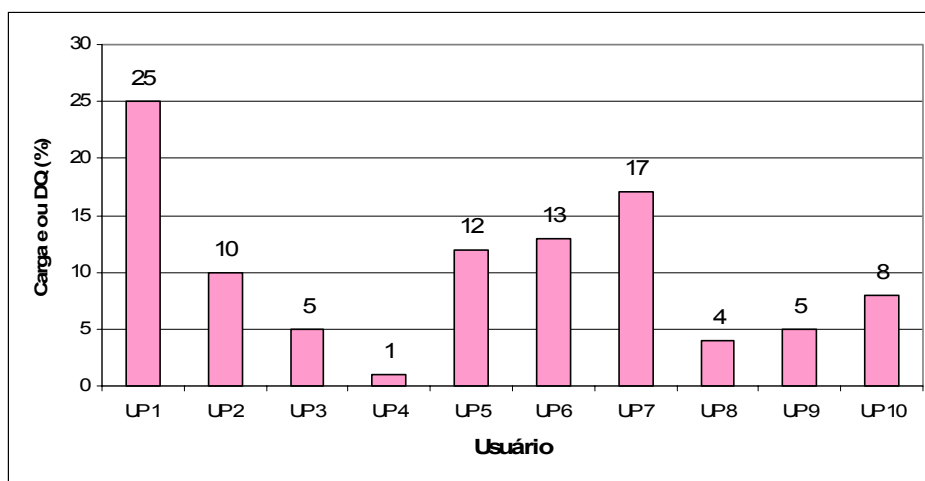
Fonte: RODRIGUES (2003)

Figura 4 – Balanço de carga realizado pelo modelo RM2.

Os modelos RM1 e RM2 permitem a separação de quanto efetivamente cada usuário-poluidor contribui individualmente com a poluição de um rio a partir de um conjunto de lançamentos de poluentes ao longo do corpo receptor. O cenário global de poluição de um corpo hídrico pode ser obtido através de um modelo de qualidade da água, como, por exemplo, o modelo QUAL2E (Brown e Barnwell, 1987).

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 no corpo hídrico referente a cada usuário-poluidor (Ver Figuras 5, 6 e 7), permitindo obter para cada usuário e poluente ao longo do corpo hídrico:

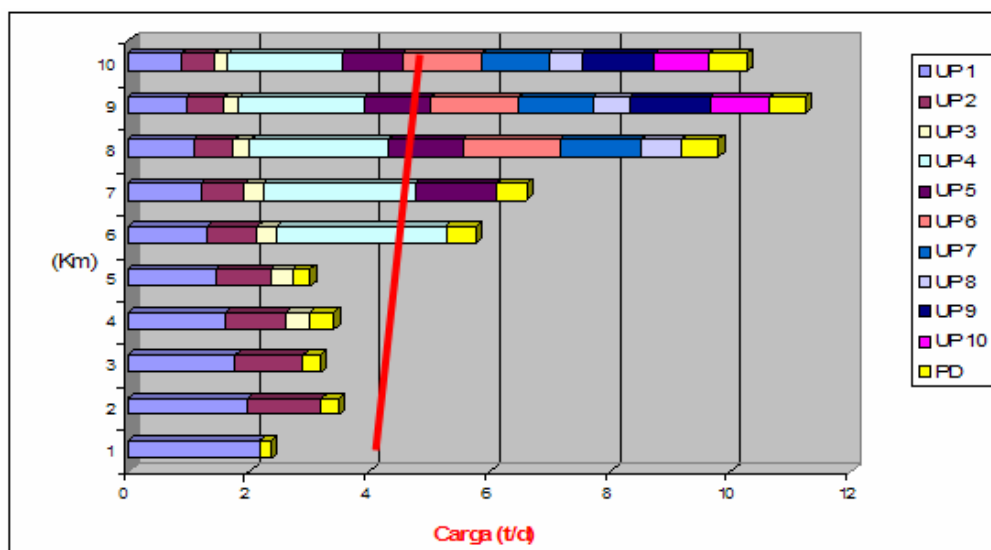
- Carga sedimentada, degradada, captada e em suspensão referente ao respectivo lançamento;
- Carga de montante referente a cada usuário-poluidor (Figura 5);
- Carga de jusante referente a cada usuário-poluidor;
- Vazão de diluição ao longo do eixo longitudinal;
- Vazão liberada no rio para novas diluições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



UP – Usuário-Poluidor

Fonte: RODRIGUES (2006)

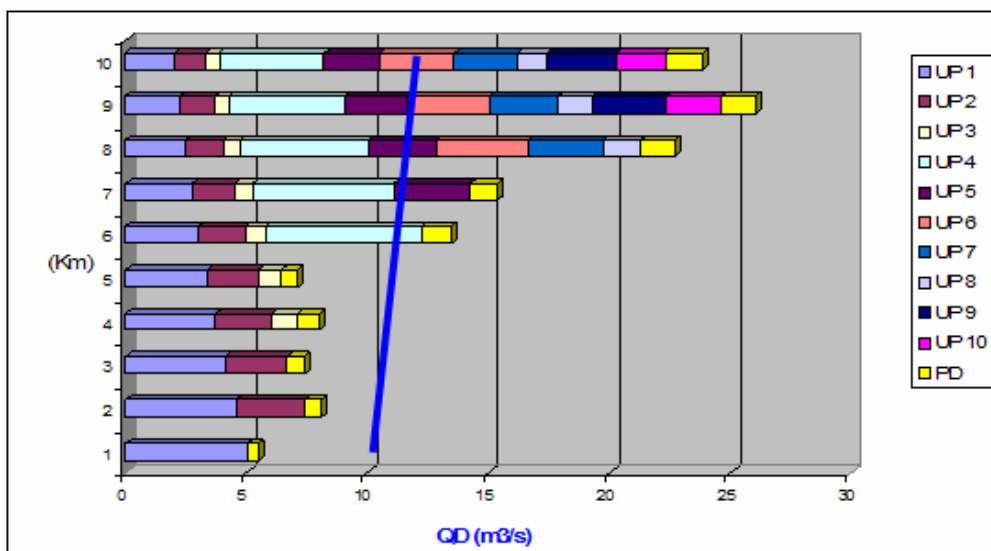
Figura 5 – Carga e ou QD de montante calculadas através do modelo ALOC



UP – Usuário-Poluidor; PD – Poluição Difusa; - Carga Máxima Permissível

Fonte: RODRIGUES (2006)

Figura 6 – Balanço de Cargas realizado pelo modelo ALOC



UP – Usuário-Poluidor; PD – Poluição Difusa; - Vazão de Referência ou Vazão de Diluição Máxima Permissível

Fonte: RODRIGUES (2006)

Figura 7 – Balanço de Vazão de Diluição realizado pelo modelo ALOC

Como pode ser observado através das Figuras 5, 6 e 7, 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.

### 3.3 – Modelo 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 8.

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 8. Nesta fase, o valor do coeficiente de dispersão longitudinal é praticamente constante.

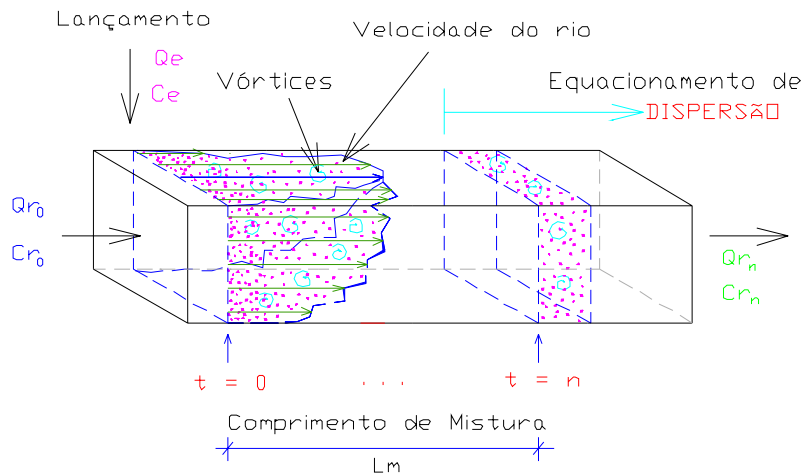


Figura 8 – Representação esquemática dos períodos de FISCHER e de TAYLOR.

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).

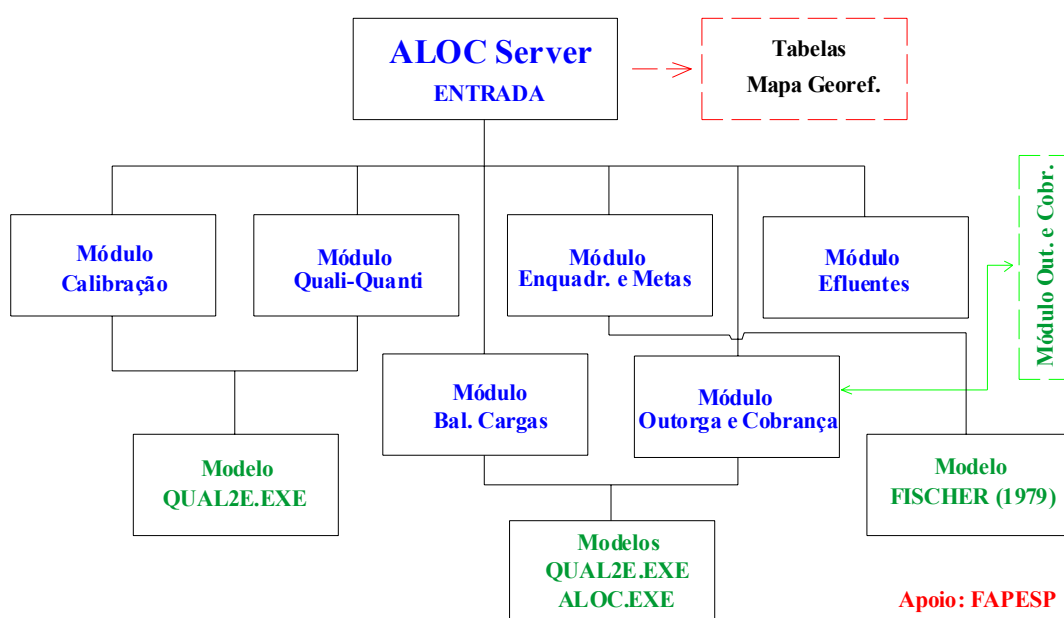
Foi proposta uma nova equação (Fischer *et al*, 1979) para estimar o valor do comprimento da zona de mistura ( $L_F$ ), analisando um canal retangular possuindo uma distribuição uniforme de velocidade longitudinal ao longo da direção transversal, e com injeção contínua de poluente. Conhecida a distribuição 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).

### 3.4 – Módulos do ALOC Server

O SSD RB apresenta-se em um “bloco único”, sobrecarregando a máquina e comprometendo o seu desempenho para aplicações mais robustas. A modularização permite um maior desempenho do sistema, na medida em que o usuário passe a operar apenas o módulo de interesse. O ALOC Server foi dividido em módulos (ver Figura 9), dentre eles:

- **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 Efluentes** – Permite que o usuário faça uma análise de custo-benefício para um possível tratamento de efluentes, visando trabalhar com a possibilidade de atendimento ao enquadramento ou metas progressivas;
- **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.



Copyright - RB Recursos Hídricos - Todos os direitos reservados - 2006

Fonte: RODRIGUES (2006)

Figura 9 – Módulos do sistema ALOC Server.

## 4 – POTENCIAIS IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DO ALOC SERVER

### 4.1 - Melhoria nos indicadores de trabalho e renda da população afetada

A água é um recurso natural limitado e, devido aos seus múltiplos usos, tornasse cada vez mais escassa. Ao longo de um rio existem vários usos, como, por exemplo, lançamentos de efluentes de indústrias e esgotos, assim como retiradas de água para consumo humano, irrigação de áreas agrícola e abastecimento de indústrias para produção de alimentos, bebidas e produção dos mais diversos produtos. Logo, a água é um produto muito importante tanto para a vida como para o

desenvolvimento econômico de uma sociedade. Assim, garantia de água de boa qualidade afeta diretamente na abertura de postos de trabalho, na qualidade de vida e na renda da população.

#### **4.2 - Eficácia em promover uma maior organização social das comunidades atingidas**

De acordo com a Lei 9.433/97, as decisões sobre uso dos rios em todo o país serão tomadas, dentro do contexto de bacia hidrográfica, pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH. Os Comitês de Bacia Hidrográfica – CBH são órgãos colegiados descentralizados por bacias hidrográficas, sendo compostos por representantes do Poder Público, usuários da água e sociedade civil. Cada Comitê de Bacia Hidrográfica terá uma Agência de Água (ou de Bacia) que exercerá a função de secretaria executiva do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica.

A decisão sobre as prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica é estabelecida no âmbito do Comitê por meio dos Planos de Recursos Hídricos. O estabelecimento de prioridades condiciona o enquadramento do corpo de água em Classes de Uso. A Classe de Uso está associada a vários usos que aceitam valores de qualidade da água estabelecidos na forma de padrões (CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005). Padrões são valores estabelecidos por lei que, com base no respaldo científico, garantem a segurança dos usos estabelecidos.

Na Lei n. 9.433, as atribuições previstas para os Comitês de Bacias Hidrográficas, dentre outras, são:

- promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes;
- arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos;
- aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia;
- acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;
- estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados.

Como secretaria executiva, cabe também às Agências de Água, dentro de sua área de atuação, elaborar o Plano de Recursos Hídricos para a apreciação do respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica, assim como propor ao Comitê o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso. São também atribuições das Agências de Água:

- manter o balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos; efetuar a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

- administrar os recursos arrecadados com a cobrança;
- gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos;
- celebrar convênios e contratar financiamentos e serviços para a execução de suas competências;
- elaborar a sua proposta orçamentária e submetê-la à apreciação do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica;
- promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação.

Assim sendo, o ALOC Server poderá 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.

## **5 - PARCERIAS E REAPLICABILIDADE**

### **5.1 - Articulação com políticas públicas**

Através do ALOC Server, 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.

Após a alimentação e calibração do ALOC Server com as respectivas informações, o sistema surge como um instrumento de planejamento econômico, na medida que oferece formas eficazes de valorar os recursos hídricos, podendo contribuir para a preservação e reversão da degradação ambiental, garantindo quantidade de água de boa qualidade para múltiplos usos.

O ALOC Server pode servir de apoio para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos, na medida que possibilita a articulação entre os custos unitários estabelecidos para a captação e o lançamento, o enquadramento em classes de uso e o regime de vazão adotado para o corpo hídrico.

Assim, o ALOC Server 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.

O ALOC Server é aplicável a diversas feições hidrográficas do Brasil, bastando, para tanto, se necessário, pequenas adaptações do sistema às peculiaridades de cada bacia hidrográfica.

## **5.2 - Capacidade de estabelecer parcerias nos setores públicos e privados, assim como transferência de tecnologia**

O processo de implantação do ALOC Server pode implicar tanto em parcerias públicas como privadas, tanto no país em que o sistema estiver sendo aplicado ou entre países que possuam rios fronteirços e transfronteirços. O processo de implementação do sistema, a assessoria para o seu uso eficiente, o gerenciamento dos dados e o treinamento podem ser feitos também por uma empresa privada. Já as informações de alimentação e gestão do sistema podem ser realizadas pelo poder público, tudo trabalhando via *web*.

## **6 – DISCUSSÃO**

Ressalte-se, a importância das redes de monitoramento de qualidade e de quantidade da água serem estruturadas e operadas visando à gestão integrada dos recursos hídricos, possibilitando o uso eficaz de modelos de simulação de qualidade da água, assim como o uso mais eficaz do ALOC Server.

Segundo Rodrigues 2005: “O monitoramento deve ser sistemático e articulado. A rede de monitoramento de qualidade da água deve ser, de preferência, combinada com a rede de monitoramento hidrológica, ou seja, a localização de postos fluviométricos deve ser combinada sempre que possível com a localização de postos de qualidade da água. A data de coleta das amostras deve ser sistemática e, preferencialmente, combinada com a data e horário da medida de vazão ou de nível”.

O ALOC Server possibilita a simulação de até 15 variáveis de qualidade da água. Acredita-se que, atualmente, diante da realidade brasileira, o sistema seja adequado, mas, num futuro não muito distante, para algumas bacias, talvez seja necessário inserir novos módulos que permitam a simulação de um número maior de variáveis.

Há questões ainda não inteiramente esclarecidas quando o assunto é outorga para diluição de efluentes. Atualmente, poucas autoridades outorgantes emitem outorga para diluição de efluentes. Quando o fazem, ou consideram apenas o balanço quantitativo de efluentes lançados ou adotam procedimentos de análise de vazão de diluição, só que para poucas variáveis, tais como: Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, temperatura, fósforo, nitrogênio.

Acredita-se que, atualmente, trabalhar com variáveis de qualidade da água clássicas de fontes de poluição de origem doméstica, diante das limitações de dados das redes de monitoramento de qualidade, seja um bom exercício para a prática da gestão integrada dos recursos hídricos. Mas, não se pode deixar de ressaltar que, a escolha das variáveis de qualidade da água deve estar apoiada nos usos preponderantes da bacia e nos diagnósticos e prognósticos de atendimento as metas estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos (como está na Lei 9433/97). Usuários-poluidores



com lançamento de efluentes com características peculiares, devem receber ou não a outorga pelo poder outorgante, dentro da gama de poluentes considerados. Mas, com a outorga concedida e se pertinente, o lançamento deve também ser analisado com mais critério pelo órgão ambiental, que poderá ou não, conceder a licença ambiental, mediante também uma análise criteriosa do respectivo impacto do lançamento no corpo hídrico, agora sob o ponto de vista ambiental.

Há dois pontos relacionados a lançamento de efluentes, nas legislações CONAMA n.º 357/2005 e Lei n.º 9.433/97:

- a. A Licença Ambiental autoriza o ato físico de lançar os efluentes, obedecendo a determinados padrões de qualidade do efluente. Consulte-se o art. 34 da Resolução CONAMA n.º 357/2005: “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis” (grifo nosso). No §5º do referido artigo estão listados 20 parâmetros inorgânicos e 5 orgânicos com os respectivos limites máximos de concentração permitidos para os efluentes.
- b. A outorga autoriza o uso da água para fins de diluição dos efluentes, devendo respeito ao enquadramento respectivo do corpo de água. Basta, para isso, observar o que diz o art. 12, inciso III da Lei n.º 9.433/97: “Art. 12. Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: ... III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final” (grifo nosso).

A metodologia utilizada na ANA e em algumas autoridades outorgantes para outorga de diluição de efluentes baseia-se nas vazões de diluição.

O que diferencia a atuação do órgão ambiental licenciador da autoridade outorgante nas questões de lançamento de efluentes é o seguinte:

- a. O órgão ambiental licenciador verifica se a concentração de dado parâmetro no efluente atende aos padrões de efluentes. Se não atender, fere-se a legislação ambiental e a licença poderá não ser concedida;
- b. A autoridade outorgante, por sua vez, avalia se as quantidades necessárias de vazão de diluição para dado parâmetro de qualidade existem no corpo hídrico, observando todos os usuários que lançam o mesmo parâmetro a montante e a jusante. Se essas quantidades não existirem, fere-se o enquadramento do corpo hídrico e a outorga poderá não ser concedida.

Dito isso, faz-se o seguinte questionamento: É possível emitir uma outorga para lançamento de efluentes fora dos padrões de efluentes estabelecidos pela Resolução Conama n.º 357/2005? A

resposta é simples: O único aspecto de qualidade que, legalmente, a outorga deve observar é o enquadramento do corpo de água. Se todas as outorgas emitidas não alterarem o enquadramento, a resposta é SIM (vide o artigo 13 da Lei n.º 9.433/97).

Ressalte-se, ainda, o que dispõe o art. 24 da Resolução CONAMA n.º 357/2005: “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento, desde que obedecem as condições, padrões e exigências dispostas nestas Resolução e em outras normas aplicáveis” (grifo nosso).

Esse artigo trouxe uma contradição com o disposto no art. 12, Inciso III da Lei n.º 9.433/97, o qual admite a possibilidade de outorgar “lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final” (grifo nosso).

A contradição foi dirimida pela Consultoria Jurídica do Ministério do Meio Ambiente, que definiu que a expressão “após o devido tratamento” pode ser entendida como “não tratado”, desde que o lançamento não altere a classe de enquadramento do corpo de água.

## 7 – CONCLUSÕES

O ALOC Server possibilita a aplicação da outorga e da cobrança pelo uso da água de forma mais sistemática, racional e eficaz. No ALOC Server, por meio dos cálculos realizados pelo modelo ALOC, são quantificadas as cargas e vazões alocadas ao longo do rio, considerando o processo de autodepuração, o regime de vazão, o enquadramento em classes de uso e a poluição difusa. Dessa forma, o sistema oferece a capacidade de racionalizar o custo do usuário, ao mesmo tempo em que induz a uma alocação eficiente dos recursos hídricos.

No ALOC Server, quanto pior a qualidade da água captada no rio, menor o custo de captação e maior o custo de lançamento. Assim, o usuário-poluidor é o que mais paga, induzindo a reversão da poluição dos rios, já que, na maioria das vezes, esta é a principal causa de escassez de água nos grandes centros urbanos, como, por exemplo, a Região Metropolitana de São Paulo.

O ALOC Server pode servir de apoio para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos, na medida que possibilita a articulação entre os custos unitários estabelecidos para a captação e o lançamento, o enquadramento em classes de uso e o regime de vazão adotado para o corpo hídrico.

Assim, o sistema pode servir de apoio às diversas deliberações do Comitê, como: valores unitários de diluição e de captação de água; regime de vazão de referência adotado e condicionado a uma determinada garantia; Classe de Uso do corpo hídrico ou metas de escalonamento para atendimento a um determinado objetivo de qualidade; revisão do Plano 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, no conseqüente montante arrecadado e nos objetivos de qualidade desejados.

O ALOC Server permite a realização de diversos cenários, combinados entre dados hidráulicos, dados de cabeceira, dados de condição inicial do rio, poluição difusa, parâmetros e coeficientes, custos unitários e classe de uso, facilitando o processo de calibração do sistema e permitindo um maior controle da relação causa *versus* efeito dos fatores envolvidos na gestão de uma bacia hidrográfica.

A escolha de uma vazão de referência para a outorga, ou de múltiplas vazões de referência associadas às suas respectivas garantias, deve estar apoiada no fato de que, diante de um mesmo cenário de lançamentos e captações, quanto menor a vazão, maior a concentração de poluente no corpo hídrico, logo, menor a vazão liberada ao longo do rio para outras outorgas e também maior o custo da vazão de diluição da carga de poluente retirada do rio através de captação.

O ALOC Server permite também fazer uma análise do quanto uma retirada expressiva de água do corpo hídrico pode afetar sua capacidade de diluição e liberação de vazão para outorga, isto tanto em termos de quantidade e qualidade da água como em termos de custos de lançamento e captação, permitindo uma análise mais criteriosa para a liberação de outorga.

Assim, fica clara a importância do ALOC Server como ferramenta de auxílio na gestão qualitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água, visando água de boa qualidade para múltiplos usos.

## **AGRADECIMENTOS**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio, sem o qual a realização deste trabalho não seria possível.

Aos Professores da USP e aos Bolsistas que acreditam e trabalham a favor do projeto e da empresa. Aos órgãos gestores de recursos hídricos por acreditarem no trabalho, assim como pela boa vontade manifestada, dentre eles: ANA, CETESB, DAEE, FABHAT, SABESP, SUDERSHA.

## **BIBLIOGRAFIA**

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.

BRASIL. Resolução nº 48 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de 21 de março de 2005. Estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso dos 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.

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.

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 “ALOC Server – Sistema de Enquadramento, Planejamento e Gestão de Corpos Hídricos”. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Processo 04/14296-0. São Paulo, 2006.

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.

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.

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. F. A. *ALOC - Modelo de Alocação de Carga e Vazão de Diluição, Visando o Enquadramento, o Planejamento e o Gerenciamento dos Corpos Hídricos*. In: I SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL-SULDESTE, 2006, Curitiba. I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Suldeste - Recursos Hídricos e Gestão Territorial. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2006. v. 1, p. 62-62.