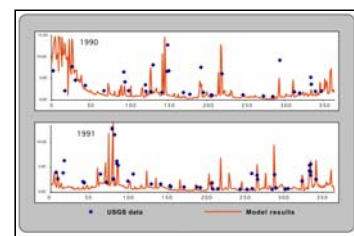


MODELAGEM MATEMÁTICA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Carla Freitas de Andrade

Uma das mais importantes metodologias científicas, estabelecida pelo homem, para estudar poluição hídrica é a modelagem matemática. Seu processo de desenvolvimento começou no ano de 1925 quando, no Rio Ohio, os engenheiros Streeter e Phelps, usaram uma formulação simples de balanço de massa para estudar o comportamento das Concentrações da Demanda Bioquímica de Oxigênio e do Oxigênio Dissolvido, ao longo do referido rio, para medir o nível de poluição do mesmo. Desta maneira, a Modelagem Matemática nascia como uma metodologia científica capaz de estudar, de forma, de simples e objetiva os problemas relacionados com a qualidade de água em corpos d'água.

Nos anos que se seguiram, com os avanços tecnológicos, principalmente, na área computacional, a modelagem matemática passou a desempenhar um importante papel nos estudos de qualidade de água, tendo em vista que novos processos físicos, químicos e biológicos puderam ser incorporados nas formulações que compoem os modelos. Com isso, surgiu um método seguro, eficiente, e simples, para estudar os processos limnológicos em reservatórios, bem como seus processos de eutrofização. Assim, nos dias presentes, o uso da modelagem matemática para estudar qualidade de água em reservatórios passou a ser condição indispensável, tendo em vista que, somente com o auxílio desta metodologia, é possível estabelecer e prever os principais processos e relações ecológicas presentes na dinâmica de um reservatório.

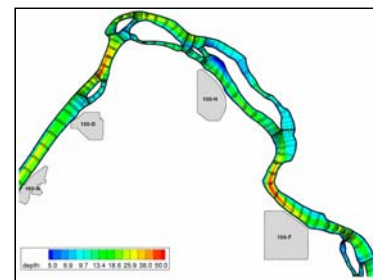


O QUE É

A Modelagem Matemática consiste na representação de um processo físico, químico ou biológico, mediante de um conjunto de equações, muitas vezes diferenciais, capaz de descrever adequadamente tais processos.

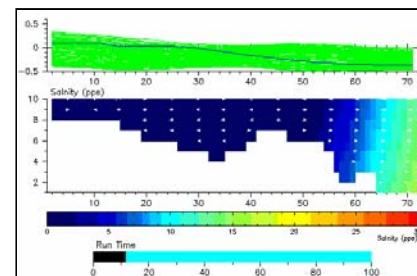
IMPORTÂNCIA DA MODELAGEM

A modelagem tem como grande vantagem sobre os métodos empíricos, e de campos, a capacidade de fazer previsões para diferentes cenários, em um intervalo de tempo bastante curto e com baixo custo. Por exemplo, como se sabe, a modelagem é capaz de a partir de dados de entrada e de dados de saída de um reservatório, estabelecer o comportamento das concentrações das mais variadas substâncias que se encontram no interior do mesmo. Mas, além disso, os modelos são capazes de simular diferentes situações de lançamentos, por exemplo, e apresentar a evolução da concentração para um futuro próximo, caso aquele cenário seja mantido. Com isso, torna-se muito mais viável qualquer tipo de controle de lançamentos de poluentes, bem como, torna-se muito mais viável qualquer processo de Gestão dos Usos das Águas daquele Corpo Hídrico.



FUNDAMENTOS DO MODELO MATEMÁTICO

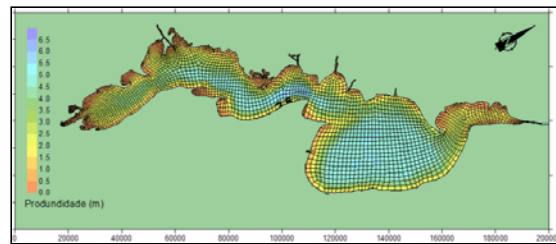
Os modelos de qualidade de água são estabelecidos a partir do Princípio da Conservação das Massas, que estabelece: "Para um determinado volume de controle, o fluxo de massa que entra, menos o fluxo de massa que sai, é igual à variação de massa no interior deste volume de controle". Este princípio determina a conhecida Equação da Continuidade e descreve todo o balanço de massa em um sistema hídrico qualquer.



METODOLOGIA PARA DESENVOLVER O MODELO

O desenvolvimento de um modelo matemático, para fins da análise de qualidade de água, deve obedecer determinadas regras. Assim, pode-se dizer que, neste caso, o modelista deve seguir os seguintes passos, segundo o professor Carlos Tucci:

- Determinar objetivos e estabelecer critérios para atingir os objetivos. Por exemplo, um objetivo seria o impacto do uso da terra na qualidade da água de um reservatório. O critério especificaria a medida da qualidade da água, bem como a recuperação de possíveis impactos.
- Determinar um modelo conceitual para o sistema de interesse e atribuições relevantes para o sistema. Neste caso, condições de contorno, agentes poluidores, fontes de poluição e mecanismos de transporte podem ser usados como referências importantes no desenvolvimento do modelo.
- Construir o modelo matemático a partir do modelo conceitual, ou modelo físico. Neste caso, o modelista deve expressar uma formulação matemática que relacione a variável de decisão com as variáveis de controle.
- Construir uma metodologia para a solução do modelo matemático. Nesta etapa, o modelista deve buscar uma metodologia capaz de fazer com o modelo seja resolvido e procura resultados. Normalmente, a solução destes modelos podem ser analíticos, quando uma função analítica que descreve as variáveis de decisão como função das variáveis de controle, ou numérica, onde o modelista tem que lançar mão de um método numérico qualquer para encontrar a solução do mesmo. Atualmente, para os processos de transporte, em sistema fluido, os métodos numéricos são extremamente úteis por sua alta capacidade de solução.
- Fazer uma calibração do modelo. Neste caso, usando dados preestabelecidos, através de medidas, há a necessidade de se fazer uma calibração do modelo. Isto significa determinar valores para determinados parâmetros que sejam adequados para as condições do ambiente que está sendo utilizado para a modelagem. Este estágio é fundamental para que se possa ter algum sucesso na validação do modelo.
- Promover a confirmação do modelo. Neste estágio o modelo deve ser testado para situações diferentes do teste de calibração do modelo e os resultados devem ser confirmados através de uma análise estatística.
- Fazer a aplicação do modelo. Somente após todos estes passos, realizados e confirmados, um modelo deve ser aplicado com segurança.



APLICABILIDADE DOS MODELOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os modelos de qualidade de água podem ser aplicados em todos os corpos hídricos conhecidos. Atualmente, pode-se encontrar estudos de qualidade de água, através de modelos matemáticos, em rios, reservatórios, estuários, águas subterrâneas e nas áreas costeiras. Para reservatórios, dentre os vários modelos que podem ser usados, pode-se citar: WASP (Water Quality Analysis Simulation Program), desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental Americana – EPA, o PAMOLARE (Planning And Management Of Lakes And Reservoirs focusing on Eutrophication), o SISBAHIA (Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental), etc. Esses modelos são programas, que podem ser usados no estudo da qualidade de água, tanto para reservatórios, como para sistemas formados por rios – reservatórios. Os mesmos possibilitam que previsões completas, sobre o comportamento dos campos de nutrientes, em três dimensões, possam ser conhecidas, permitindo assim, um melhor controle dos processos de eutrofização de suas águas.

