

## **ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO ARAGUARI (AP) UTILIZANDO O SISTEMA DE MODELAGEM QUAL2E**

**BÁRBARA**, Vinícius Fagundes<sup>1</sup>; **CUNHA**, Alan Cavalcanti da<sup>2</sup>; **SIQUEIRA**, Eduardo Queija de<sup>3</sup>

Palavras-chave: parâmetros da qualidade da água, QUAL2E, Amazônia, simulação.

### 1. INTRODUÇÃO (justificativa e objetivos)

O Estado do Amapá apresenta uma considerável malha hídrica, uma das mais ricas da Amazônia. A Bacia Hidrográfica do Rio Araguari é a maior e mais importante do Estado, com aproximadamente 4.271 km<sup>2</sup> de área. A bacia hidrográfica ocupa cerca de um terço da área total do Estado, e extensão de aproximadamente 300 km, desde sua nascente, na Serra do Tumucumaque, até a sua foz, no Oceano Atlântico (delimitada pelas latitudes 0° 30' N e 1° 30' N e longitudes 51° 00' W e 52° 30' W). Apresenta eminente importância econômica e social pois foi nele construída a Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes (UHECN). O Rio Araguari apresenta um regime hidrológico com vazões elevadas nos meses de janeiro a setembro, e queda acentuada de vazões nos meses de outubro a dezembro. Esse regime faz com que a disponibilidade hídrica da bacia assegure uma geração hidrelétrica de 170 MW durante 75 % do ano na UHE Coaracy Nunes, sem contribuição de outras usinas do restante do país. Entretanto, no período de estiagem, que afeta cerca de 25 % do ano, a energia gerada pela usina reduz-se a valores próximos ou iguais à sua energia firme, que é de 12 MW. Portanto, os estudos de inventário hidrelétrico em questão deverão indicar, sob os enfoques energético-econômico-ambiental, o aproveitamento mais racional do potencial hidroenergético da bacia hidrográfica do Rio Araguari, permitindo a programação de ações subsequentes com vista ao atendimento do mercado de energia elétrica do estado do Amapá, de acordo com ANEEL (1996), CUNHA (2003). Os principais elementos que podem apresentar reflexos de diversas ordens sobre a qualidade da água do Rio Araguari (área próximas ou de montante da UHECN), são os seguintes: a) Sítios dos eixos barráveis; b) Pontos localizados nas áreas dos reservatórios; c) Trechos no leito dos rios Araguari e Amapari; d) Áreas de exploração mineral de manganês em Serra do Navio; e) Áreas ribeirinhas; f) Áreas rurais; g) Áreas de unidades de conservação: FLONA; h) Cidades: Serra do Navio, Porto da Serra e Água Branca; Trechos rodoviários e ferroviários; Usina de Coaracy Nunes e seu reservatório. Contudo, até o presente momento pouco se conhece sobre os processos biogeoquímicos nas águas do Rio Araguari, quando se avaliam os usos múltiplos das águas, bem como sobre os verdadeiros impactos ambientais que estes têm sofrido nas últimas décadas, em especial daqueles causados pela construção da UHECN. Neste contexto, a **modelação da qualidade das águas superficiais** pode fornecer informações úteis sobre os mecanismos e interações que justificam os variados comportamentos dinâmicos da água, constituindo-se numa **base racional para a tomada de decisões no manejo de recursos hídricos**. Com o uso da presente metodologia será possível explicar algumas propriedades do sistema, principalmente **quantificar a capacidade de autodepuração** do corpo hídrico, objeto principal do presente estudo, antevendo assim os impactos decorrentes, por exemplo, de uma possível descarga de resíduos ou da inserção de uma nova barragem na bacia hidrográfica. Portanto, o uso de modelos permite a avaliação e comparação de diferentes estratégias de manejo incluindo a construção de cenários futuros para as mais diversas situações (THOMMAN e MUELLER). Desta forma, o objetivo geral desta pesquisa será o de conhecer a forma pela qual a autodepuração varia espacialmente e temporalmente no Médio Rio Araguari, correlacionando-a com variáveis químicas, físicas e biológicas mais facilmente mensuráveis, visando implementar as possíveis estratégias de manejo e gestão da qualidade das águas. São objetivos específicos deste projeto: (1) caracterizar a qualidade atual das águas; (2) verificar o atendimento da qualidade das águas aos padrões

ambientais vigentes; (3) avaliar a variabilidade temporal e espacial das variáveis físicas, químicas e biológicas; (4) compilar informações hidráulico-sanitárias simultâneas apoiadas pelas respostas das simulações do QUAL2E para tomadas de decisões; (5) determinar o coeficiente de degradação da matéria orgânica (K) e demanda bioquímica total (L), característicos de seu processo de autodepuração e parâmetros de entrada em modelos de qualidade de água; (6) avaliar preliminarmente de que forma estes coeficientes variam ao longo do corpo d'água, tanto espacialmente quanto temporalmente; (7) identificar a forma de variação temporal dos coeficientes K e L e sua correlação com o regime fluvial e com as características físicas, químicas e biológicas das águas do Rio Araguari; (8) quantificar a razão entre a DBO<sub>5</sub> a 20°C, utilizada rotineiramente em laboratório, e a DBO, parâmetro de entrada em modelos de qualidade de água; (9) verificar a hipótese de se estabelecer uma relação quantitativa entre (K) e (L) e parâmetros de qualidade de água e hidráulicos monitorados rotineiramente pelos órgãos ambientais do Estado do Amapá; (10) verificar o tempo necessário para que haja a transição da fase carbonácea para a nitrogenada na degradação da matéria orgânica; (11) calibrar o modelo a partir dos dados estimados; (12) simular três cenários hipotéticos de manejo da bacia e comparar a eficácia dos mesmos; e (13) divulgar os resultados da pesquisa para a comunidade científica e sociedade interessada. O presente projeto será executado em aproximadamente 120 km de extensão do Rio Araguari, aqui denominado como o Médio Rio Araguari. Esse segmento do rio inclui seções de medição cujas séries históricas estão disponibilizadas pelo sistema Aneel/Eletronorte-AP (Estações Leônidas e Bambu, por exemplo), compreendendo trechos a montante e a jusante da UHECN.

## 2. METODOLOGIA

Para que um modelo seja aplicado a um determinado corpo d'água é importante a utilização de um sistema de modelagem. O Sistema de Modelagem QUAL2E (BROWN e BARNWELL, 1987), desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), tem sido amplamente utilizado em trabalhos de modelação de rios brasileiros e estrangeiros, e se tornou uma reconhecida ferramenta para estudos de impacto ambiental. Nesta pesquisa o sistema de modelagem QUAL2E será utilizado no desenvolvimento de um modelo de qualidade das águas para o Médio Rio Araguari (AP), o que auxiliará na disponibilização de possíveis soluções que apontem a minimização de possíveis impactos ambientais. Os parâmetros hidrometeorológicos (hidráulicos, hidrodinâmicos e hidrológicos) são fundamentais e indissociáveis para qualquer tipo de análise mais consistente em estudos da qualidade da água. Para tanto, é imprescindível a utilização dessas informações como dados de entrada ou forçantes no modelo para as análises e elaboração de cenários. Para tanto, é necessário iniciar uma revisão bibliográfica (referências bibliográficas publicadas nos últimos 10 anos), especialmente os estudos prévios, que porventura tenham sido conduzidos na bacia do Rio Araguari. Como resultado, espera-se elaborar um modelo preliminar para o Rio Araguari, com base em valores sugeridos pela literatura e pela experimentação, além de uma análise de sensibilidade do Modelo para determinação dos parâmetros mais importantes para medições em campo. Em seguida serão quantificados os parâmetros *in loco*, mediante quatro campanhas semestrais (2 anos) de coleta de amostras para execução de análises de qualidade da água, sendo duas no período da estiagem e duas no período da seca. Até o momento foram realizadas duas dessas campanhas (uma em novembro do ano de 2004 e a outra em março de 2005), com apoio laboratorial e institucional dos seguintes órgãos: IEPA (Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá), SETEC (Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Amapá) e CAESA (Companhia de Água e Esgoto do Amapá). Os resultados deste modelo serão comparados com os dados observados. As técnicas para medição dos parâmetros cinéticos serão aperfeiçoadas (através de ensaios de campo e laboratório) em rios do Estado de Goiás e aplicadas no Rio Araguari. A análise dos dados experimentais incluirá a variação temporal e espacial da qualidade da água e a correlação entre variáveis e análises estatísticas. Posteriormente estes serão utilizados no ajuste

de modelos matemáticos teóricos. Os principais parâmetros da qualidade da água estudados são: pH, DBO, salinidade, cloreto, nitrato, sulfato, temperatura, turbidez, condutividade elétrica, sólidos suspensos e sólidos totais. A partir destes, no caso de OD e DBO, serão determinados  $K_1$  (coeficiente de desoxigenação) e estimados  $K_2$  (coeficiente de reaeração atmosférica). Os parâmetros biológicos são: algas e coliformes fecais (CF). Algumas análises serão realizadas no momento da coleta e as demais serão feitas em laboratórios (IEPA, SEMA e CAESA). O modelo numérico preliminar será construído com base nas séries históricas disponíveis, tanto os de qualidade da água quanto os de séries hidrometeorológicas. Após um processo de calibração o modelo será utilizado para executar a simulação dos três cenários hipotéticos. Para tanto, já se disponibiliza no Estado do Amapá de resultados de previsão numérica de tempo, utilizando o Modelo MESO ETA, disponibilizado para realizar previsões de tempo feitas sob medida para o Estado do Amapá, que por sua vez serão úteis na fase de simulação e na elaboração de cenários futuros.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o presente projeto espera-se alcançar de forma satisfatória basicamente dois resultados principais: (1) A quantificação da real capacidade de autodepuração do Rio Araguari para estudos de impactos ambientais (antes que outros empreendimentos além do hidrelétrico venham a ser instalados); (2) A disponibilização de uma ferramenta computacional (QUAL2E) a ser inserida nas análises de impactos ambientais. Além disso, os resultados da pesquisa permitirão aprimorar também o conhecimento sobre os ecossistemas aquáticos amazônicos, especialmente no que diz respeito aos seus processos biogeoquímicos, sem dissociar as informações hidráulicas, hidrológicas e meteorológicas do corpo d'água e da bacia hidrográfica.

### 4. CONCLUSÃO

A modelagem matemática tem se mostrado como uma ferramenta de considerável eficácia no monitoramento e previsão do comportamento de sistemas ambientais. Sistemas de modelagem como o QUAL2E, se adotados, podem vir a se tornar extremamente úteis (principalmente para o poder público) no gerenciamento de bacias hidrográficas, uma vez que permitem antever cenários futuros que poderão ser evitados em tempo hábil, antes que ocorram prejuízos ambientais de maiores proporções.

### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROWN, L.C.; BARNWELL, T.O. *The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User Manual*. Athens, Georgia, 1987.

CUNHA (2003) – Determinação do coeficiente de reaeração com uso do Modelo QUAL2E para estudos de impactos ambientais do Rio Araguari-AP. Projeto de Pesquisa CPAQ/IEPA e SETEC/CNPq. Projeto de Pesquisa. IEPA – AP. 40 p. 2003

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control*. New York, N.Y., Harper & Row, 1987. 643p.

FONTE DE FINANCIAMENTO – CNPq/CTHidro. CNPq/SETEC-AP.

---

<sup>1</sup> Bolsista do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia do Meio Ambiente (PPGEMA) da Universidade Federal de Goiás (UFG), [viniciu.fagundes@bol.com.br](mailto:viniciu.fagundes@bol.com.br)

<sup>2</sup> Co-orientador/IEPA/UFPA, [alan.cunha@iepa.ap.go.br](mailto:alan.cunha@iepa.ap.go.br)

<sup>3</sup> Orientador/PPGEMA/UFG, [eduqs@hotmail.com](mailto:eduqs@hotmail.com)