

UHE TELES PIRES

PROGRAMA DE MODELAGEM MATEMÁTICA DE QUALIDADE DA ÁGUA

1 – JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

Esta Nota Técnica apresenta o Programa de Modelagem Matemática de Qualidade da Água para o reservatório da UHE Teles Pires, no rio Teles Pires. Este Programa tem o propósito de definir as estratégias a serem seguidas na modelagem matemática, de forma a que seus resultados atendam os objetivos a que se destina, dentre os quais podem ser listados:

- Prognosticar a evolução da qualidade da água do reservatório durante o processo de enchimento do lago e após sua estabilização hidráulica.
- Proporcionar uma base técnica para a determinação da quantidade de fitomassa a ser suprimida da área do futuro reservatório, tendo em vista as condições de qualidade da água prognosticadas, otimizando os efeitos da supressão através de uma escolha racional das áreas a serem suprimidas e do melhor regime de enchimento.
- Fornecer uma ferramenta de gestão de qualidade da água no futuro reservatório, que possa ser aprimorada após a implantação do mesmo, considerando os resultados das campanhas de monitoramento a serem realizadas e de outros indicadores de qualidade da água.

Além desses objetivos gerais, o Programa visa também o atendimento a condicionantes estabelecidos na Licença Prévia do Empreendimento, emitida pelo IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Licença Prévia Nº 386/2010, de 13 de dezembro de 2010) e na Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica expedida pela ANA – Agência Nacional de Águas (Resolução Nº 621, de 19 de novembro de 2010).

Na Licença Prévia Nº 386/2010, de 13 de dezembro de 2010, o IBAMA estabelece diversas “Condições de Validade da Licença Prévia”, dentre as quais podem ser ressaltadas as relativas ao item 2.7, reproduzidas a seguir.

2.7 Apresentar proposta e modelagem matemática de qualidade da água considerando:

- a) Cenários com diferentes quantitativos de supressão de vegetação;*
- b) A adoção como situação de contorno da concentração de oxigênio dissolvido equivalente a 5 mgO₂/l médio ao longo da coluna d’água em qualquer seção do futuro reservatório;*
- c) A retirada total de fitomassa nos segmentos laterais 10, 14 e 16 do futuro reservatório;*
- d) A qualidade da água no braço a ser formado no rio Paranaíta; e*
- e) A necessidade de modelar os efeitos de estratificação térmica e da qualidade da água nas seções mais profundas do reservatório, tais como os segmentos 09, 15 e 19.*

Na Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica, a ANA estabelece, no Artigo 2º, algumas diretrizes, dentre as quais as relativas à modelagem de qualidade da água são reproduzidas a seguir.

§ 8º Deverá ser realizada a supressão da vegetação na área de inundação do reservatório em porções de áreas compatíveis com as condições de qualidade de água simuladas e de acordo com orientações do órgão ambiental licenciador do empreendimento.

§ 9º Deverão ser avaliadas alternativas da posição da tomada de água no barramento incorporando o foco da qualidade de água a ser transferida a jusante.

§ 10 Os estudos futuros de simulação da qualidade de água do reservatório já formado, a serem solicitados pela ANA na fase de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, poderão indicar a necessidade de eventuais exigências, de responsabilidade do futuro outorgado, quanto à implementação de sistemas de tratamentos de esgotos para compatibilizar o aporte dessas cargas aos níveis de assimilação do reservatório.

Estas considerações deram a tônica ao desenvolvimento do Programa de Modelagem proposto no presente documento, que apresenta o seguinte conteúdo, além desse item introdutório:

Item 2 – Caracterização do reservatório e descrição da modelagem já realizada durante os Estudos de Impacto Ambiental – EIA, com apresentação dos resultados mais significativos.

Item 3 – Apresentação e justificativa da metodologia de modelagem proposta

Item 4 – Relação de dados básicos e informações a serem empregadas durante a modelagem, com indicação das fontes de obtenção

Item 5 – Definição do Cronograma Físico da Modelagem

2 – CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

2.1 Conceituação

A construção de uma barragem e a formação de um reservatório ocasiona mudanças significativas num curso d'água, reduzindo as velocidades médias do escoamento e aumentando, por conseqüência, o tempo de permanência da água no trecho inundado, com reflexos sobre a qualidade da água.

A inundação da vegetação existente (ou remanescente) na área do reservatório é responsável por um dos principais impactos causados na qualidade da água pela implantação de reservatórios, pois, durante este processo, observa-se o desencadeamento de uma série de reações de natureza físico-química e biológica, que podem, por sua vez, acarretar impactos significativos no meio biótico.

Duas fases são identificadas no processo de estabelecimento de um reservatório:

- **Fase de enchimento do reservatório**, onde se observa a ocorrência de condições mais críticas em termos de qualidade da água. A biomassa residente é afogada e se decompõe, liberando uma grande quantidade de compostos orgânicos e nutrientes, cuja estabilização bioquímica demanda grandes quantidades de oxigênio (DBO). Durante este período, que pode ultrapassar a data de completo enchimento (estabilização hidráulica), quando ocorre a incorporação da matéria orgânica de rápida decomposição (lábil), as concentrações de oxigênio podem atingir valores muito baixos, ou até mesmo nulos, em determinados compartimentos do reservatório.
- **Fase de operação**, na qual ocorre, ao longo do tempo, o processamento de toda a matéria orgânica inundada, agora num ritmo menos acelerado, e posterior estabilização das condições bioquímicas do meio aquático. A qualidade da água no reservatório passa a depender mais diretamente do regime e da qualidade da água de seus tributários e de suas características morfológicas e hidrodinâmicas.

A qualidade da água em reservatórios depende de vários processos, que estão relacionados com as características morfológicas de seus compartimentos, com os mecanismos de circulação e estratificação (térmica e química), com a penetração de luz, afetada pela presença de sedimentos em suspensão, etc. Depende também, naturalmente, da qualidade e quantidade da água dos tributários, que impõem padrões de escoamento e diluição nos compartimentos diretamente afetados, e de condições externas de temperatura e vento, que induzem circulação em zonas de baixas velocidades.

Para representar estes processos recorre-se, normalmente, a modelos de simulação de qualidade da água em reservatórios, com representação do domínio em uma, duas e, até mesmo, três dimensões, dependendo da magnitude e complexidade do corpo hídrico, e, naturalmente, da disponibilidade de dados.

A escolha do tipo de modelo a ser empregado em um estudo depende de diversos fatores, incluindo características morfológicas do reservatório, como profundidades e ocorrência de corpos laterais, padrões de circulação esperados, regime e qualidade da água dos

tributários, natureza das cargas bioquímicas esperadas, etc. Acima de tudo, o objetivo da modelagem é que vai determinar as características fundamentais para a escolha do modelo. No caso presente, a otimização das ações de supressão de fitomassa, para minimizar os impactos sobre a qualidade da água durante o período de enchimento, é o objetivo primeiro da modelagem, sendo desejável que o modelo possa ser empregado também na fase seguinte, operacional, no apoio ao manejo do reservatório.

2.2 – O Reservatório da UHE Teles Pires

O futuro reservatório da UHE Teles Pires apresenta um volume total de 1137 hm³. Deste volume, o corpo principal do reservatório (ao longo do rio Teles Pires) responde por 55%, o braço lateral correspondente ao rio Paranaíta responde por 23% e o restante corresponde a compartimentos laterais menores. A área total inundada, correspondente ao nível d'água máximo na El. 220,00 m, é de 133 km².

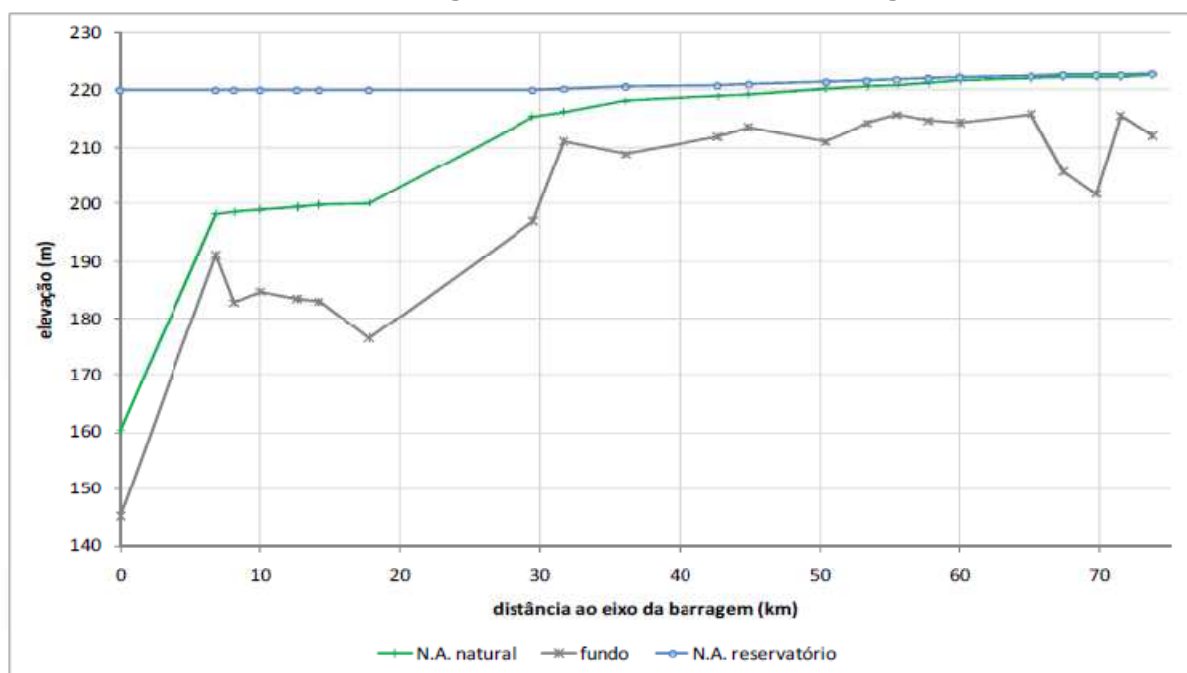
O Quadro 2.1, a seguir, indica os volumes de diferentes compartimentos do reservatório, as vazões afluentes médias associadas aos mesmos e os tempos de residência médios decorrentes.

QUADRO 2.2
Volumes do Reservatório da UHE Teles Pires

Local	Volume (m ³ * 10 ⁶)	Vazão Média (m ³ /s)	Tempo de Residência (dias)
Corpo central do reservatório	629,53	2240,8	3,3
rio Paranaíta	260,21	111,1	27,1
Compartimentos 16 e 17 – córrego Oscar Miranda	150,53	3,6	484,3
Compartimento 18 – córrego Vileroy	29,35	1,0	341,1
Compartimento 8 – córrego não identificado	28,19	2,8	118,6
Compartimento 14 - córrego não identificado	39,64	2,2	212,8

A Figura 2.2, a seguir, reproduzida dos Estudos de Remanso, mostra os perfis de linha d'água ao longo do rio Teles Pires, antes e depois da construção do empreendimento, para uma vazão média (2242 m³/s), indicando também o perfil do fundo do rio.

FIGURA 2.2
Perfis de Linha d'Água Para a Vazão Média de Longo Termo



Nota-se que, dos aproximadamente 70 km de extensão do reservatório, ocorrem profundidades mais elevadas no trecho de 30 km próximo à barragem. As profundidades do reservatório no trecho restante, de 40 km de extensão, são pouco afetadas pela implementação do aproveitamento.

A área a ser alagada pelo reservatório é coberta 60% por floresta ombrófila densa, aluvial ou submontana. As áreas antrópicas correspondem a 14% da área total, e a fração restante, de 26%, corresponde à própria calha fluvial. Não ocorrem aglomerados urbanos na área do futuro lago.

2.3 – Modelagem de Qualidade da Água Realizada no EIA

Na etapa de Estudos de Impacto Ambiental foi realizada uma modelagem matemática da qualidade da água do reservatório (Referência 1), tendo sido empregados dois modelos: um modelo hidráulico para a caracterização da circulação da água durante o enchimento, baseado no conhecido modelo do Delta do Mekong, e o modelo de qualidade da água WASP4, juntamente com seus módulo de eutrofização (EUTRO4), devidamente adaptado para representar o processo de incorporação e biodegradação da matéria orgânica inundada.

Para aplicação dos modelos, o reservatório foi dividido em segmentos de cálculo, cujos limites foram estabelecidos de modo a conformar corpos d'água homogêneos. A Figura 2.3, na próxima página, apresenta uma ilustração dessa segmentação.

Para o modelo WASP4, cada segmento é considerado um reator único de mistura completa, sem ocorrência de estratificação vertical, simplificação razoável para o trecho médio-alto do reservatório, mas limitante para representar os processos no trecho baixo do reservatório,

que é mais profundo, ou nos pequenos corpos laterais, que apresentam circulação muito modesta.

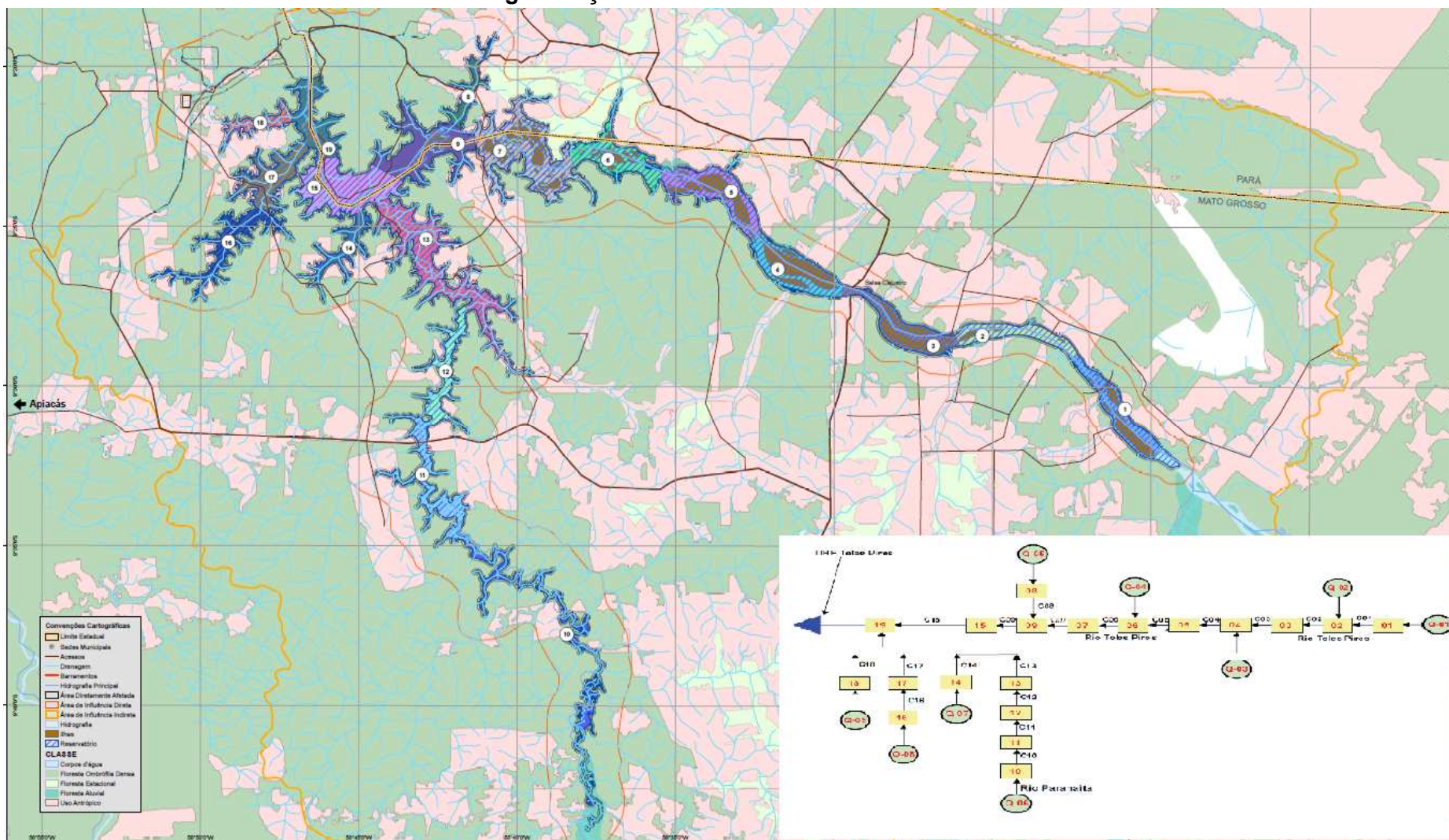
Na transferência da carga da fitomassa para o corpo hídrico, foi admitido que o processo de biodegradação se inicia imediatamente após o afogamento da vegetação, sem representar a morte gradual da fitomassa.

Essas simplificações são adequadas para a fase de EIA, mas devem ser evitadas no Projeto Básico Ambiental, quando a determinação das áreas a serem desmatadas deve ser feita com maior precisão.

Os resultados obtidos nas simulações realizadas no EIA indicaram a necessidade de supressão de 56,7 km² de florestas na área de inundação, para que as concentrações de oxigênio dissolvido não caíssem abaixo de 4 mg/l. Trata-se de uma quantificação inicial, que deve ser revista através de estudos mais aprofundados, considerando hipóteses mais realistas de transferência de carbono da fitomassa alagada para a água, assim como processos mais adequados de depuração das cargas na dimensão vertical, e considerando as necessidades de manutenção de áreas para proteção de ictiofauna.

Essas questões deverão ser abordadas na modelagem a ser realizada na fase de Projeto Básico Ambiental, cuja programação é o objeto do presente documento.

FIGURA 2.1
Segmentação do Reservatório Adotada no EIA



3 – METODOLOGIA PROPOSTA

3.1 – Modelo de Qualidade da Água Proposto

Para a fase de Projeto Básico Ambiental, a modelagem matemática de qualidade da água do reservatório da UHE Teles Pires, no rio Teles Pires, será realizada com auxílio do modelo CE-QUAL-W2, desenvolvido e distribuído pelo US Army Corps of Engineers (Referências 2 e 3), que considera em seu equacionamento o regime de vazões afluentes, as características do reservatório, as alterações de regime hídrico provocadas pelo mesmo, os processos biogeoquímicos, a autodepuração, digestão da biomassa submersa e outros aspectos relevantes para a modelagem de ambientes aquáticos.

O modelo será calibrado de forma a reproduzir as características ambientais atuais do rio Teles Pires, de acordo com os resultados dos Programas de Monitoramento Limnológico: aquele já realizado durante o EIA e o novo Programa, em curso. Após sua calibração, o modelo será aplicado na formulação de cenários associados às condições futuras do reservatório, para construir o prognóstico de qualidade da água.

O CE-QUAL-W2 é um modelo bidimensional (longitudinal/vertical) hidrodinâmico e de qualidade da água que resulta de um longo desenvolvimento realizado pela Waterways Experiment Station, do US Army Corps of Engineers, sendo hoje uma ferramenta de uso difundido em todo o mundo.

Como este modelo assume uma homogeneidade lateral, é ideal para aplicação em corpos hídricos relativamente longos e de pequena largura que apresentem importantes gradientes longitudinais e verticais de qualidade da água. Estas características justificam sua escolha para a realização dos estudos de qualidade da água do reservatório da UHE Teles Pires, que possui comprimento superior a 70 km e largura média inferior a 2,0 km.

A habilidade do modelo em simular os processos que ocorrem ao longo da coluna d'água, incluindo estratificação térmica, tempo de retenção e separação de zonas aeradas e anóxicas, permite o atendimento ao condicionante 2.7-e da Licença Prévia, que estabelece, entre outras exigências,

“A necessidade de modelar os efeitos de estratificação térmica e da qualidade da água nas seções mais profundas do reservatório, tais como os segmentos 09, 15 e 19”

Visando este objetivo, os principais corpos laterais do futuro reservatório serão modelados como afluentes do corpo principal, de modo a considerar a interação mútua e os processos que ocorrem no eixo vertical.

Além disso, como o modelo CE-QUAL-W2 permite a discretização do reservatório em camadas superpostas, é possível levar em consideração a posição exata na qual a água abandona o reservatório, de modo a observar a recomendação da ANA, quando da emissão da DRDH do empreendimento, expressa da seguinte forma:

§ 9º Deverão ser avaliadas alternativas da posição da tomada de água no barramento incorporando o foco da qualidade de água a ser transferida a jusante.

O CE-QUAL-W2 pode simular um grande conjunto de constituintes, incluindo:

- Constituintes genéricos conservativos ou que apresentem decaimento de primeira ordem.
- Sólidos inorgânicos em suspensão
- Processo acoplado de OD/DBO
- Amônia
- Nitrato+nitrito
- Ortofosfato
- Temperatura da água

O modelo está habilitado para simulações de longo período e pode ser aplicado a rios, estuários ou partes de corpos hídricos, desde que sejam especificadas as necessárias condições de contorno de montante ou jusante. Podem ser simulados múltiplos trechos, como o caso de reservatórios dendríticos, e também diversos corpos hídricos interligados em série.

A versão atual do CE-QUAL-W2, que será empregada na modelagem do rio Teles Pires, apresenta uma série de facilidades, como utilitários de pré e pós-processamento, úteis por proporcionar maior rapidez na modelagem e maior flexibilidade na apresentação dos resultados.

Para o estirão de jusante, será empregado o modelo Qual-2Kw, desenvolvido originalmente por Chapra (Referência 4), que pode ser aplicado na simulação da qualidade de água em córregos e rios, podendo ser utilizado, por exemplo, para se fazer a previsão dos impactos ambientais na qualidade da água proporcionados pela instalação e operação de um determinado empreendimento.

O Qual-2Kw baseia-se em equações diferenciais ordinárias para sistemas unidimensionais e de fluxo constante, podendo ser utilizado para simular o comportamento de diversos indicadores e parâmetros de qualidade da água. Para tais simulações, utiliza-se o Microsoft Excel (Windows) como sendo a interface gráfica do software.

Trata-se de um modelo de uso mundialmente difundido e que permite obter as respostas acerca do comportamento do rio Teles Pires a jusante da UHE Teles Pires, durante o processo de enchimento do reservatório.

3.2 – Segmentação do Reservatório

A segmentação a ser adotada irá partir da segmentação já definida na modelagem realizada no EIA, mas com maior número de segmentos nos corpos laterais e nos trechos mais profundos. De uma maneira geral, o modelo a ser implementado terá as seguintes características;

- Cada segmento será discretizado, verticalmente, em camadas de no máximo 2,0 m de altura;
- O rio Paranaíta e os demais afluentes, se relevantes, terão sua segmentação revista e serão modelados em conjunto com o corpo principal. A discretização vertical dos segmentos dos afluentes segue a mesma lógica do corpo principal;
- Durante o enchimento, a fitomassa afogada é gradualmente incorporada ao sistema, na medida em que novas áreas vão sendo alagadas;

3.3 – Período Simulado

As simulações investigarão o período que se inicia na data do início de enchimento e termina na mesma data do ano seguinte, acrescida de duas vezes o tempo necessário para o enchimento propriamente dito. Com isso, é possível visualizar o reservatório em estabilização na mesma época em que ele esteve se formando.

3.4 – Cenários de Supressão de Vegetação

A retirada total ou parcial de vegetação da região alagada e a limpeza de áreas da bacia de acumulação podem ser mais ou menos eficazes na manutenção da qualidade da água em patamares satisfatórios.

Para que a modelagem com CE-QUAL-W2 represente adequadamente os efeitos das retiradas nas regiões identificadas como prioritárias durante o enchimento, será feito um trabalho de georreferenciamento de todas as informações quantitativas e/ou qualitativas de vegetação disponíveis, de modo a facilitar a visualização da distribuição espacial das feições vegetais dentro do reservatório, em função do nível de alagamento, e a quantificação das cargas associadas a cada segmento, a cada instante ao longo do processo de enchimento.

A determinação das áreas prioritárias será feita a partir da análise dos vetores de representação geométrica territorial (cobertura vegetal, curvas de nível, segmentos do reservatório, dentre outros), integrados a Sistemas de Informação Geográfica (SIG) capazes de combinar diversos fatores geográficos, ambientais, sociais e logísticos. As biomassas das diversas formações vegetais presentes na bacia de acumulação serão, portanto, estimadas a partir de interpretação dos dados de cobertura vegetal existentes.

3.5 – Parâmetros Simulados

Os parâmetros a serem simulados são:

- a. *Temperatura da água (T, graus centígrados);*
- b. *Demanda bioquímica de oxigênio (DBO, g/m3);*
- c. *Idade da água (Age, dias);*
- d. *Sólidos suspensos (SST, g/m3);*
- e. *Ortofosfato solúvel (PO₄, g/m3);*
- f. *Nitrogênio amoniacal (NH₃, g/m3);*
- g. *Nitrato (NO₃, g/m3);*
- h. *Oxigênio dissolvido (OD, g/m3).*

3.6 - Definição de Cenários de Supressão de Vegetação

Os cenários de supressão de fitomassa do reservatório serão definidos com base na análise dos dados espaciais armazenados no SIG, através do cruzamento dos mapas de uso e ocupação do solo e de vegetação com o mapa topológico do modelo.

Num primeiro momento serão definidas as áreas críticas, com maior densidade de vegetação (densidade de carbono reativo), as áreas onde a vegetação deverá ser preservada para servir de refúgio à Ictiofauna ou por motivos logísticos, as áreas com previsão de estagnação (corpos laterais sem tributários ou muito profundos) etc.

Uma primeira aproximação partirá, sem dúvida, dos cenários já definidos no EIA, considerando inclusive recomendações feitas após a análise dos resultados da modelagem (Referência 1).

Cada cenário de supressão será simulado considerando condições hidrológicas normais e admitindo data de início de enchimento e regras de operação compatíveis com o cronograma executivo da obra.

As análises relativas a datas alternativas de início de enchimento, regras alternativas de operação durante este período ou condições hidrológicas mais ou menos severas serão consideradas como variações de um mesmo cenário, posto que o objetivo primeiro do trabalho é a definição do mapa de supressão de vegetação a ser proposto.

3.7 – Determinação das Cargas Associadas a Cada Cenário

Para a modelagem, cada cenário é representado por vetores com cargas de carbono biodegradável a serem injetadas em cada segmento e camada do reservatório, na medida em vai ocorrendo o afogamento da fitomassa remanescente (não suprimida).

No cálculo dessas cargas é considerado um tempo de espera entre o afogamento e a morte da fitomassa afogada, a partir da qual se inicia a transferência da matéria orgânica lábil para a massa líquida.

A quantidade de carbono lábil será calculada em função da feição vegetal submersa, distinguindo-se os conteúdos de matéria orgânica entre as diversas feições vegetais e, dentro de cada feição, entre as diversas partes (folhas, galhos finos, cascas e matéria depositada no solo).

3.8 – Transferência dos Resultados do Modelo Bidimensional ao Modelo de Jusante

Para cada cenário simulado, além dos resultados de qualidade da água distribuídos espacialmente e temporalmente no reservatório, serão fornecidos resultados de vazões defluentes, juntamente com as concentrações dos parâmetros de qualidade da água necessários para as simulações com o modelo de jusante.

A qualidade da água transferida ao modelo de jusante será obtida analisando-se o as linhas de fluxo em perfil vertical junto às tomadas de água, de modo a se ter uma representação adequada da contribuição das diferentes camadas do reservatório à qualidade da água que chega às tomadas.

4 – DADOS BÁSICOS A SEREM CONSIDERADOS NA MODELAGEM

4.1 – Definição da Topologia do Reservatório

A topologia do domínio a ser modelado é definida durante a segmentação do reservatório, atribuindo-se números a cada segmento e definindo-se as conexões entre os mesmos.

Os dados requisitados pelo CE-QUAL-W2 para a representação territorial e geométrica do reservatório devem ser obtidos do modelo digital de terreno na área do reservatório. Os dados a serem fornecidos ao modelo são:

- *o comprimento longitudinal (percurso de rio) em cada segmento definido (em metro);*
- *o ângulo, em relação ao leste, de cada um dos segmentos (em radiano);*
- *a elevação do nível de água para cada segmento (em metro), durante o enchimento;*
- *a espessura de cada camada definida (em metro);*
- *a largura média na superfície de cada segmento definido que, multiplicada pelo comprimento do segmento definido, é igual à área real do segmento (em metro);*
- *as larguras nas demais camadas desse mesmo segmento (em metros).*

Para cada segmento, devem ser determinadas as áreas inundadas para cada curva de nível. Por sua vez, cada área dividida pelo comprimento do segmento fornece a largura da camada cujo centróide se encontra na elevação da respectiva curva de nível.

Os dados de topologia do reservatório serão obtidos do modelo digital de terreno preparado a partir da restituição existente, baseada em levantamento aerofotogramétrico a laser, em escala 1:10.000 e com curvas de nível a cada metro.

Para o modelo de jusante serão necessárias seções topobatimétricas do rio Teles Pires ao longo de todo o estirão a ser modelado, em princípio até a confluência com o rio Apiacás, espaçadas de 5 km.

4.2 - Hidrologia

Para a representação hidrológica, o CE-QUAL-W2 necessita os seguintes dados:

- *Séries de descargas líquidas diárias afluentes a cada trecho (entradas do sistema);*
- *Séries de descargas líquidas diárias defluentes do reservatório.*

O enchimento do reservatório está programado para o mês de agosto, ainda no período de estiagem. As simulações irão contemplar o enchimento do reservatório em um ano normal.

A série de vazões médias diárias a ser empregada nas simulações será obtida dos estudos hidrológicos elaborados no Estudos de Viabilidade, considerando as mesmas fontes lá utilizadas, caso seja necessário atualização.

Estes dados são comuns para os dois modelos (reservatório e jusante).

4.3 – Variáveis Climáticas

Os dados requisitados pelo CE-QUAL-W2 para a representação climática da região do reservatório são:

- *A temperatura média diária do ar (graus centígrados);*
- *A temperatura do ar no ponto de orvalho (graus centígrados);*
- *O ângulo dos ventos, em relação ao leste (em radianos);*
- *A intensidade dos ventos (em metros por segundo);*
- *A cobertura de nuvens (escala de 1 a 10).*

Estes dados serão obtidos das estações climatológicas mais próximas, em discretização diária. Se possível, serão obtidos os dados climatológicos diários relativos ao ano correspondente à série hidrológica utilizada, escolhida a partir de estatísticas das séries hidrológicas históricas.

Estes dados são comuns para os dois modelos (reservatório e jusante).

4.4 – Dados de Qualidade da Água

Por sua vez, os dados requisitados pelo CE-QUAL-W2 para a representação de qualidade da água da região do reservatório são:

- *Séries temporais de concentrações para os parâmetros e para temperatura da água em todas as entradas do reservatório.*

Estes dados serão obtidos a partir das campanhas de qualidade da água já realizadas durante a elaboração do EIA-RIMA e das novas campanhas associadas ao Programa de Monitoramento Limnológico. Podem ainda ser enriquecidos com os resultados de campanhas realizadas pela ANA – Agência Nacional de Águas, que opera cinco postos na bacia, ou com dados de monitoramento realizado para o Diagnóstico Sócio-Econômico do Estado de Mato Grosso, conforme já procedido na modelagem realizada no EIA (Referência 1).

Uma vez que as medições reais em campo dos parâmetros de qualidade da água são feitas em campanhas pontuais, será adotada uma metodologia para simular a evolução diária dos parâmetros de entrada no modelo, baseada em uma função potencial cujas variáveis independentes são a data (posição no ano hidrológico) e a temperatura do ar. Os coeficientes destas funções são determinados por regressões múltiplas não-lineares aplicadas aos dados de qualidade da água levantados nos monitoramentos dos pontos já mencionados.

Ressalta-se que a modelagem mais adequada deve considerar dados levantados, em todas as estações de amostragem, ao longo de um ano hidrológico contemplando as seguintes épocas: cheia, vazante, estiagem e enchente. As campanhas existentes, realizadas durante o EIA, cobrem apenas três desses momentos: cheia (abr/09), estiagem (out/09) e enchente (fev/10). Assim, recomenda-se que o início da modelagem se dê após a conclusão de uma coleta de dados no período de vazante (mês de julho).

Quanto aos parâmetros monitorados, é necessário que haja medições dos constituintes listados no item 3.5, juntamente com fósforo e nitrogênio totais.

Os dados de qualidade da água para a modelagem de jusante serão fornecidos pelo próprio resultado da modelagem de montante.

4.5 – Cargas Associadas a Cada Cenário

Para a determinação das cargas relativas a cada cenário de supressão de vegetação modelagem são necessários:

- Mapa de cobertura vegetal devidamente classificado e atualizado;
- Coeficientes válidos de conversão das áreas vegetadas para suas respectivas cargas de carbono lábil.

A base para determinação das cargas será o inventário florestal apresentado no EIA. Se necessário, as complementações serão feitas com auxílio de outras fontes bibliográficas.

5 – PRODUTOS

Ao final do trabalho serão elaborados os seguintes produtos para exposição/divulgação dos resultados:

- Relatório Conclusivo
- Animações e gráficos do comportamento das variáveis de interesse
- Mapas e cartas temáticas

6 – CRONOGRAMA

Os trabalhos de modelagem deverão seguir as seguintes etapas:

1. Coleta e análise de consistência dos dados necessários
2. Preparação dos dados de entrada para o modelo bidimensional em seus diversos cenários
3. Simulação e otimização dos cenários de supressão de vegetação/regime de enchimento
4. Preparação dos dados de entrada do modelo unidimensional para jusante
5. Simulação do trecho de jusante para os cenários de montante aprovados
6. Preparação dos produtos de apresentação dos resultados obtidos.

O cronograma físico para o Programa de Modelagem Matemática de Qualidade da Água é o seguinte:

ITEM	Mês 1				Mês 2				Mês 3				Mês 4				Mês 5				Mês 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 - Coleta e análise de dados	■	■	■	■																				
2 - Preparação de Dados de Entrada					■	■	■	■	■	■	■	■												
3 - Simulação dos Cenários de Montante									■	■	■	■	■	■	■	■								
4 - Preparação do Modelo de Jusante													■	■	■	■	■	■	■	■				
5 - Simulações de Jusante																	■	■	■	■	■	■		
6 - Elaboração dos Produtos																					■	■	■	■

7 - CONCLUSÃO

Todo o trabalho realizado de acordo com o presente Programa deverá atender às demandas relativas às questões de limpeza da bacia de acumulação/qualidade da água do futuro reservatório do UHE Teles Pires e também terá estabelecido uma ferramenta de modelagem para avaliações posteriores de gestão.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referência 1 – CONCREMAT-EPE – Estudos de Impactos Ambientais da UHE Teles Pires – Volume 7 – Anexos: Modelagem Matemática da Qualidade da Água – Rio de Janeiro, 2010.

Referência 2 – Cole, T.M.; Buchak, E.M. “CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 2.0 – User Manual”, U.S. Army Corps of Engineers – Waterways Experiment Station (1995).

Referência 3 - Cole, T.M.; Wells, S.A. “CE-QUAL-W2 (2006): A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.5 – Instruction Report EL-06-11”, U.S. Army Engineering and Research Development Center – Vicksburg, MS.

Referência 4 - Chapra, S.C., Pelletier, G.J. QUAL2Kw: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 5.1: User Manual / Theory and Documentation. Environmental Assessment Program. Washington State Department of Ecology. Olympia, Washington. 2008.