

UHE SANTO ANTÔNIO



MODELAGEM MATEMÁTICA DO COMPORTAMENTO SEDIMENTOLÓGICO DO RIO MADEIRA E DO FUTURO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTÔNIO

RELATÓRIO DE ANDAMENTO – RA 11

PJ0696-Z-H41-GR-RL-109-0A

DEZEMBRO/2009

UHE SANTO ANTÔNIO

MODELAGEM MATEMÁTICA DO COMPORTAMENTO SEDIMENTOLÓGICO DO RIO MADEIRA E DO FUTURO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTONIO

RELATÓRIO DE ANDAMENTO – RA 11

PJ0696-Z-H41-GR-RL-109-0A

DEZEMBRO/2009

0	22/12/2009	EMISSÃO INICIAL	MAS/FBM	EFM	JCS
REV.	DATA	DESCRIÇÃO	ELAB.	VISTO	APROV.

ÍNDICE

<i>Item</i>	<i>Assunto</i>	<i>Página</i>
1.	INTRODUÇÃO	03
2.	ANDAMENTO DOS SERVIÇOS	06
2.1.	MODELO UNIDIMENSIONAL NO TRECHO DO RESERVATÓRIO DA UHE SANTO ANTÔNIO	07
2.1.1.	<u>Implantação Final do Modelo</u>	07
2.1.2.	<u>Calibração</u>	08
2.1.3.	<u>Produção de Resultados Preliminares</u>	08
2.2.	MODELO BIDIMENSIONAL NO TRECHO JUNTO À BARRAGEM	08
2.2.1.	<u>Seleção e Aquisição dos Modelos</u>	08
2.2.2.	<u>Geração Inicial da Malha do Modelo de Jusante</u>	08
2.2.3.	<u>Definição dos Cenários a Modelar</u>	09
2.2.4.	<u>Incorporação da Batimetria aos Modelos de Montante e Jusante</u>	09
2.2.5.	<u>Calibração dos Modelos</u>	09

1. INTRODUÇÃO

**Modelagem Matemática do Comportamento Sedimentológico
do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio**

Conforme citado no Programa de Levantamentos e Monitoramento Hidrossedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio, parte integrante do Projeto Básico Ambiental, a ampliação da base de dados hidrossedimentológicos obtida com a continuidade das campanhas hidrométricas realizadas após o EVTE e o EIA, determina uma revisão ampla dos Estudos Hidrossedimentológicos então realizados. Esta revisão se aplica fundamentalmente sobre a determinação e estabelecimento da curva de descarga líquida e curva de descarga sólida, além da distribuição granulométrica dos sedimentos nas principais estações fluviométricas do trecho em estudo.

Dessa forma, a nova análise deverá conter, entre outros:

- Modelagem matemática uni-dimensional do transporte de sedimentos do rio Madeira em condições atuais e com reservatório através da aplicação do modelo HEC-6, incluindo o trecho a jusante do aproveitamento, avaliando a evolução temporal das condições de assoreamento do reservatório e de erosão a jusante;
- Modelagem matemática bi-dimensional do transporte de sedimento do rio Madeira que deverá se restringir às regiões próximas ao barramento da UHE Santo Antônio (5 km a montante e 9 km a jusante), onde as maiores profundidades e o alargamento proporcionado pela barragem, a montante, e os efeitos das estruturas de descargas, a jusante, têm influências significativas sobre o comportamento sedimentológico.

Esses estudos, propostos no relatório Modelagem Matemática do Comportamento Sedimentológico do Rio Madeira e dos Futuros Reservatórios, de janeiro de 2008, têm por objetivos:

- Aprofundar o conhecimento sobre o comportamento sedimentológico do rio Madeira nas condições atuais, anteriores à construção do aproveitamento de Santo Antônio, considerando todas as informações disponíveis até o presente;
- Prognosticar a evolução do comportamento do rio Madeira ao longo de todo o estirão afetado pela implantação do reservatório, ampliando a base de dados disponível e empregando as melhores técnicas de modelagem existentes e compatíveis com essa base;
- Detalhar o prognóstico do comportamento hidrossedimentológico das porções do reservatório próximas à barragem da UHE Santo Antônio, com auxílio de modelos bidimensionais;
- Deixar implantada ferramenta de análise sedimentológica (modelo unidimensional) que permita o acompanhamento dos processos prognosticados, após a entrada em operação do aproveitamento.

A empresa Hicon Engenharia Ltda foi contratada para a realização do trabalho de modelagem matemática.

Em julho de 2008, foi emitido o Relatório de Andamento – RA 1 - PJ0696-B-R00-ZZ-RL-001-0, com a descrição dos serviços de modelagem matemática do comportamento sedimentológico do rio Madeira e do futuro reservatório da UHE Santo Antônio realizados

***Modelagem Matemática do Comportamento Sedimentológico
do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio***

até então. Considerando que o Contrato de Prestação de Serviços para a realização desses trabalhos foi celebrado entre Santo Antônio Energia S.A. – SAESA e PCE – Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda, em 15 de janeiro de 2009 e teve o início efetivo dos trabalhos em 15 de fevereiro, o relatório RA 02, de março de 2009, apresentou o andamento dos serviços realizados no período de julho de 2008 a 15 de março de 2009. A partir de então, os demais Relatórios de Andamento vem sendo emitidos mensalmente, sempre contendo as atividades desenvolvidas entre os dias 16 do mês anterior e 15 do mês subsequente.

Este relatório, o RA 11, apresenta os serviços realizados no período de 16 de novembro a 15 de dezembro de 2009.

2. ANDAMENTO DOS SERVIÇOS

O trabalho realizado no período de 16 de novembro a 15 de dezembro de 2009 contemplou diversas atividades de ambas as etapas de modelagem, incluindo a recalibração do modelo unidimensional e construção dos modelos bidimensionais com transporte de sedimentos. Segue uma descrição das atividades mais relevantes realizadas no período.

2.1. MODELO UNIDIMENSIONAL

Os trabalhos da modelagem unidimensional levaram em consideração, até o momento, a construção, calibração, simulação e análise de dois modelos sedimentológicos: HEC-RAS 4.0 e SRH-1D.

No entanto, após cuidadosa análise de ambos os modelos e seus resultados, optou-se por concentrar os esforços na construção do modelo SRH-1D, por ter apresentado mais coerência com a realidade e resultados mais consistentes com os dados de campo. Este modelo, diferentemente do módulo sedimentológico do modelo HEC-RAS, apresenta um longo histórico de aplicações práticas.

O módulo sedimentológico do modelo HEC-RAS (versão 4.0), que é de desenvolvimento muito recente (maio de 2008), com poucas aplicações práticas na literatura, apresentou possíveis pontos de inconsistências no que se refere ao módulo de transporte de sedimentos. Como até o presente momento o suporte do fornecedor do modelo não apresentou solução para os problemas verificados, optou-se por não continuar com a utilização do mesmo no presente estudo.

Por outro lado, o módulo de cálculo hidráulico do modelo HEC-RAS vem sendo utilizado com sucesso, há décadas, em diversos estudos e projetos no Brasil e no exterior. Assim, considera-se que o modelo HEC-RAS é o mais indicado para a construção da modelagem hidráulica, visto que apresenta resultados robustos, além de uma gama enorme de funcionalidades e ferramentas que o modelo SRH-1D ainda não possuiu para este tipo de análise.

Um exemplo de uma dessas funcionalidades diz respeito a possibilidade de simulação do escoamento com variação do coeficiente de Manning variando com o nível d'água ou vazão em trânsito.

Finalmente, com o intuito de eliminar quaisquer dúvidas que possam surgir em relação a compatibilidade entre os cálculos hidráulicos de ambos os modelos, foram realizados testes que demonstraram coerência dos resultados encontrados com os mesmos.

2.1.1. Implantação Final do Modelo

Foi identificada a necessidade de reavaliar a topologia do modelo para o trecho do reservatório de Jirau. Assim, foram identificados pontos de acidentes topográficos (quedas) para os quais houve a necessidade de elaboração de seções auxiliares com o intuito de melhorar a representação dos controles hidráulicos existentes nesse trecho.

2.1.2. Recalibração e Verificação

O processo de calibração do modelo sedimentológico foi realizado considerando-se tanto aspectos qualitativos, quanto quantitativos. A avaliação do desempenho do modelo consistiu da análise dos resultados da simulação para um período de 4 anos, compreendido entre janeiro de 2003 a dezembro de 2006, devido à maior disponibilidade de dados.

Os critérios de desempenho para avaliação dos resultados do modelo e, assim, a definição do melhor grupo de parâmetros a serem adotados, compreendeu três pontos:

- Balanço sedimentológico em trechos longos estáveis e em equilíbrio;
- Variação do fundo para o período simulado compatível com as condições esperadas, ou seja, fundo dinâmico, porém apresentando baixa amplitude de variação;
- Compatibilidade entre as descargas sólidas observadas e as simuladas para diversas faixas granulométricas.

Finalmente, sobre o processo de calibração, pode-se concluir que os parâmetros do modelo aparentam estar adequadamente definidos, sendo as equações de transporte de Engelund-Hansen e Yang (1984) as que mais se destacaram. Os resultados indicaram, ainda, que esses métodos tendem a representar melhor as características naturais do sistema modelado, sobretudo no que diz respeito à simulação das curvas de descarga sólida.

FIGURA – Descargas Sólidas Totais Observadas x Simuladas Com Diferentes Equações de Transporte para a Seção de Porto Velho (251,9 km) para 4 Anos de Simulação

Modelagem Matemática do Comportamento Sedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio

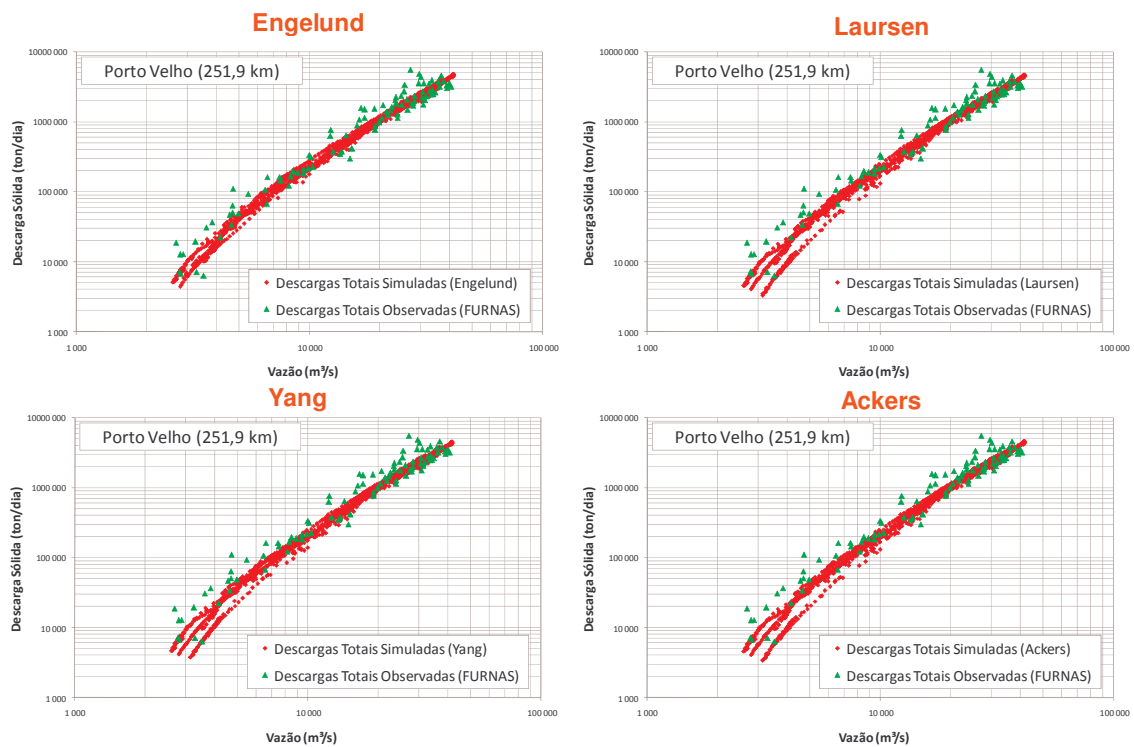
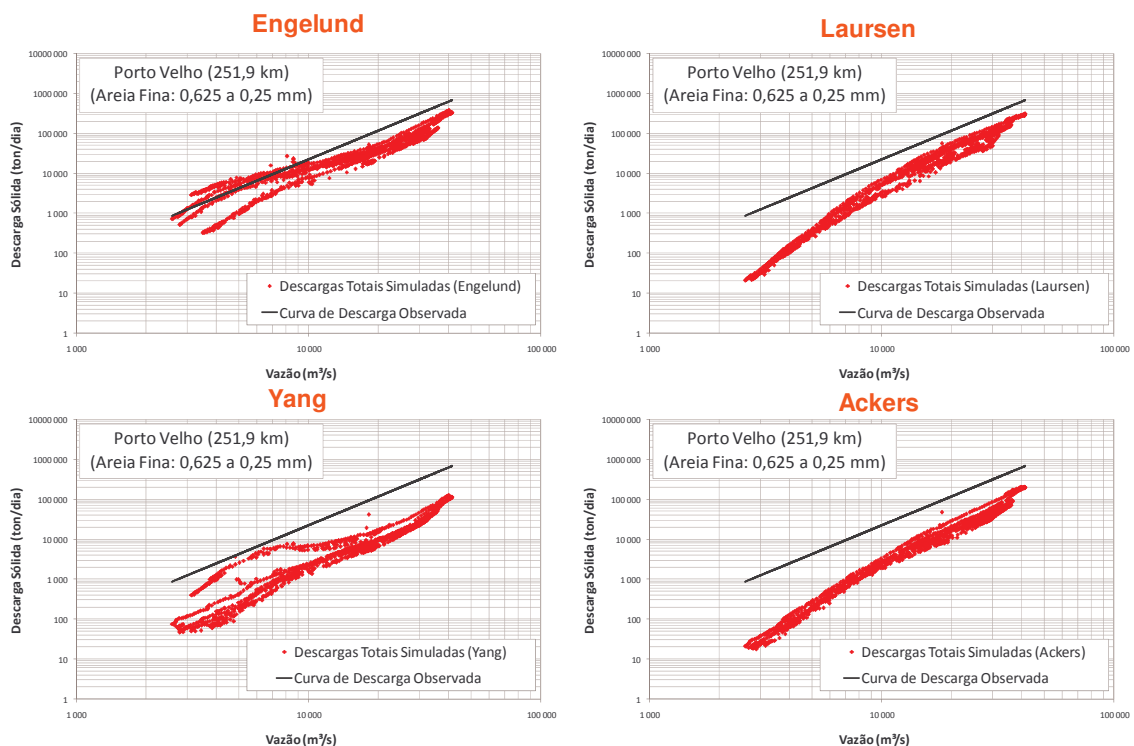


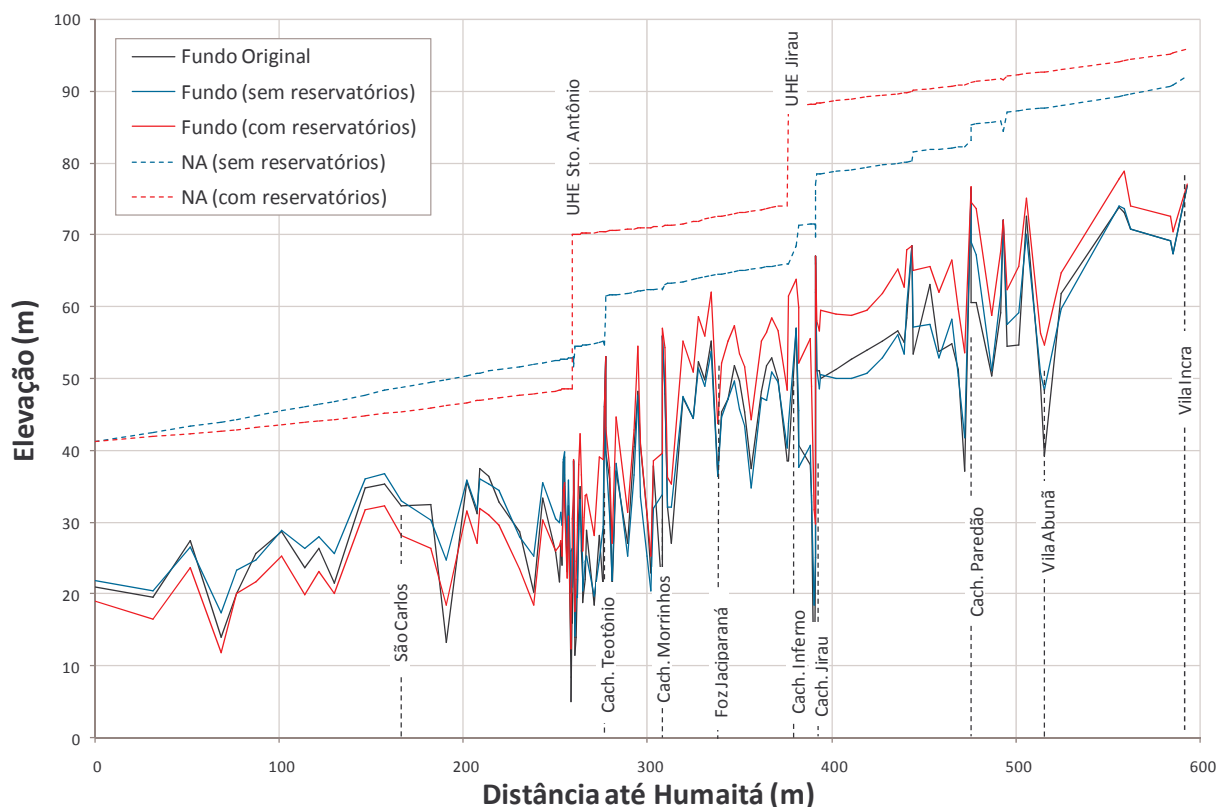
FIGURA – Descargas Sólidas de Areia Fina Observadas x Simuladas Com Diferentes Equações de Transporte para a Seção de Porto Velho (251,9 km) para 4 Anos de Simulação



2.1.3. Produção e Discussão de Resultados Definitivos

Após a incorporação das modificações necessárias, o modelo sedimentológico foi recalibrado e novas simulações foram realizadas. Esses resultados foram discutidos com a equipe da PCE e NHC e estão sendo incorporados ao relatório final.

FIGURA – Perfis de Fundo (Talvegue) Simulados nas Condições Sem e Com os Reservatórios no Trecho entre Humaitá e Vila Ingra Após 90 Anos de Simulação



2.2. MODELO BIDIMENSIONAL

2.2.1. Seleção e Aquisição dos Modelos

Esta atividade encontra-se concluída.

2.2.2. Geração Inicial das Malhas dos Modelo de Jusante e Montante

Esta atividade encontra-se concluída.

2.2.3. Definição dos Cenários a modelar

Esta atividade ainda se encontra em andamento, não apresentando modificação no período que trata este relatório.

2.2.4. Incorporação da Batimetria aos Modelos de Montante e Jusante

Esta atividade encontra-se concluída.

Ambos os modelos já estão incorporando a batimetria detalhada e estão funcionando, incluindo o módulo de transporte de sedimentos. Dificuldades encontradas inicialmente foram resolvidas, sobretudo, nas regiões junto as estruturas do aproveitamento.

Figura: Resultados Ilustrativos do Funcionamento dos Módulos Hidráulico (Velocidades do Escoamento) e Transporte de Sedimentos (Regiões de Depósito/Erosão), Respectivamente, Para o Modelo de Montante

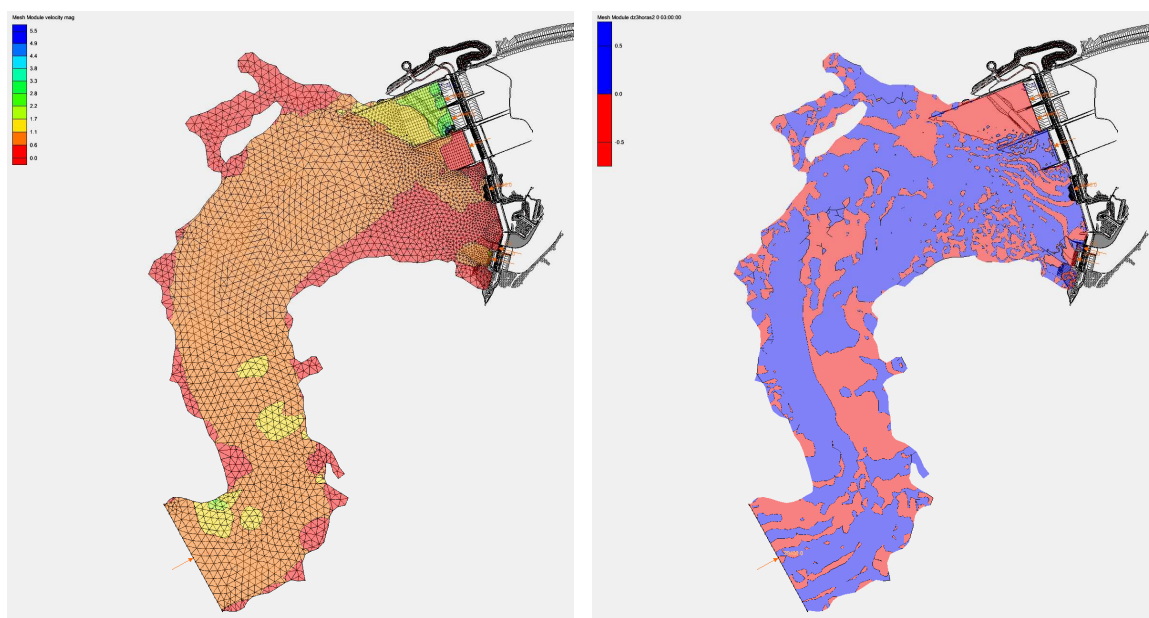
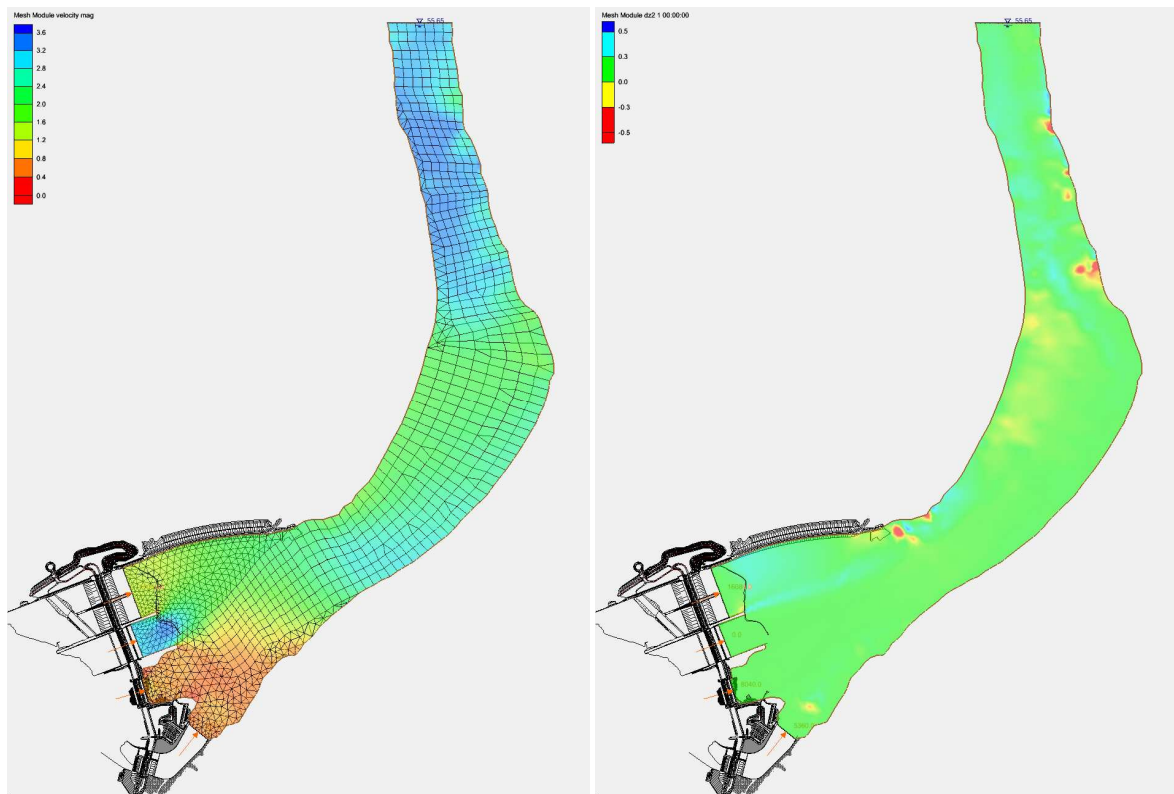


Figura: Resultados Ilustrativos do Funcionamento dos Módulos Hidráulico (Velocidades do Escoamento) e Transporte de Sedimentos (Regiões de Depósito/Erosão), Respectivamente, Para o Modelo de Jusante

Modelagem Matemática do Comportamento Sedimentológico do Rio Madeira e do Futuro Reservatório da UHE Santo Antônio



2.2.5 Calibração dos Modelos

Esta atividade foi iniciada, sendo que primeiramente serão calibrados os parâmetros de natureza hidráulica do modelo.