

CONTROLE DE FENÔMENOS EM SUPERFÍCIE LIVRE - ESTUDO DE CASO COM ROLL-WAVES .

Leandro de Oliveira Barbosa Leite, Geraldo de Freitas Maciel. – Engenharia Mecânica - Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Ilha Solteira

Os escoamentos que se processam em superfícies livres com declividades moderadas podem, segundo algumas hipóteses, serem diagnosticados via equação *shallow water* (tipo *Barré De Saint Venant*). Entretanto, para declividades maiores, associado ao efeito de atrito de parede tipo *Chézy*, *Manning*, *Strickler*, a natureza turbulenta do escoamento em superfície livre poderá desenvolver, ao cabo de tempo finito, ondas progressivas periódicas, com velocidade de grupo superior à velocidade do escoamento base. Essas ondas longas e periódicas em forma de ressalto hidráulico móvel - “*bore waves*” ou ainda contínuas são denominadas de “*Roll Waves*”. Se estas são raras em caudais naturais, elas são freqüentes em canais artificiais a forte declividade e em vertedouros de barragens. O objetivo primordial deste trabalho esta em implementar software capaz de simular o fenômeno determinando as condições de formação e estabilidade dessas ondas em escoamentos de reologia Não Newtoniana (fluido de *Bingham*), modelo reológico aceitável para representar a corrida de detritos (“*debris flows*”). A modelagem matemática do problema foi desenvolvida utilizando-se do grupo “*Shallow water*”, constituído a partir da promediação das equações de *Navier - Stokes* integradas na vertical com termo difusivo apresentado em *Maciel (1999)*. O software desenvolvido utilizou o pacote computacional *MATLAB - Toolbox Simulink* que permite ao programador a possibilidade de simular sistemas dinâmicos através de blocos lógicos. Um complexo sistema de blocos lógicos foi modelado para transpor o equacionamento do fenômeno “*Roll - Waves*” utilizando-se os métodos de integração numérica (*solver*) mais atuais implementados no software *MATLAB (ODE113: Adams - Bahforth Moulton PECE solver non-stiff de ordem variável)*.

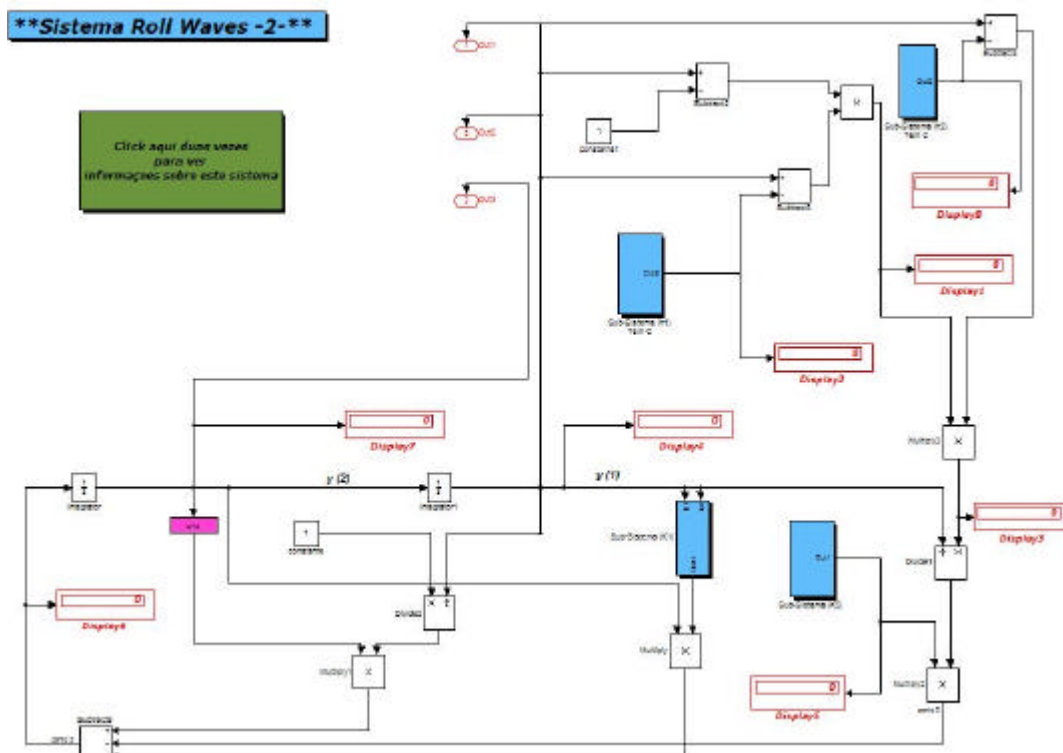


Figura 01 - Sistema de blocos lógicos e seus sub sistemas (blocos em azul).

Visualizadores demonstrando as saídas do sistema, que mudam com o tempo, caracterizando o sistema dinâmico e plano de fase foram desenvolvidos como mostra a imagem abaixo:

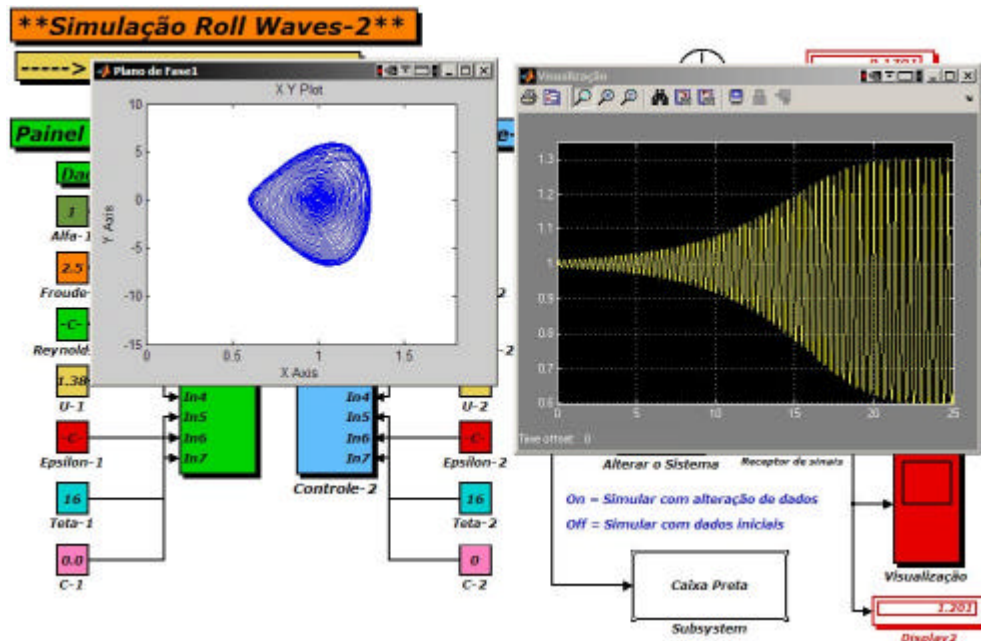


Figura 02 – Simulação em processo.

A utilização do *Toolbox - Simulink* se mostrou satisfatória, abrindo portas para se verificar a consistência de novos equacionamentos de maneira mais prática e dinâmica, uma nova interface com ícones dinâmicos (*blocksets*) foram implementados deixando o programa mais interativo.

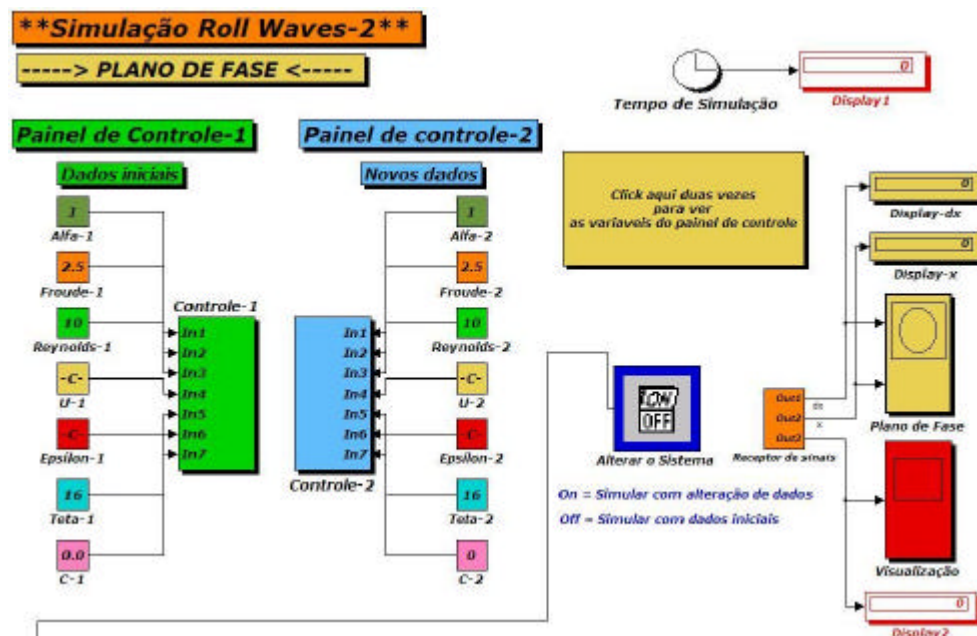


Figura 03 – Ícones dinâmicos.

Um trabalho avançado com o *block to workspace* (passagem de dados da simulação para o *prompt* do *MATLAB*) do item *sinks* foi desenvolvido de maneira a possibilitar uma análise quantitativa dos dados gerados pela simulação utilizando-se de módulos pré definidos pelo *MATLAB*.

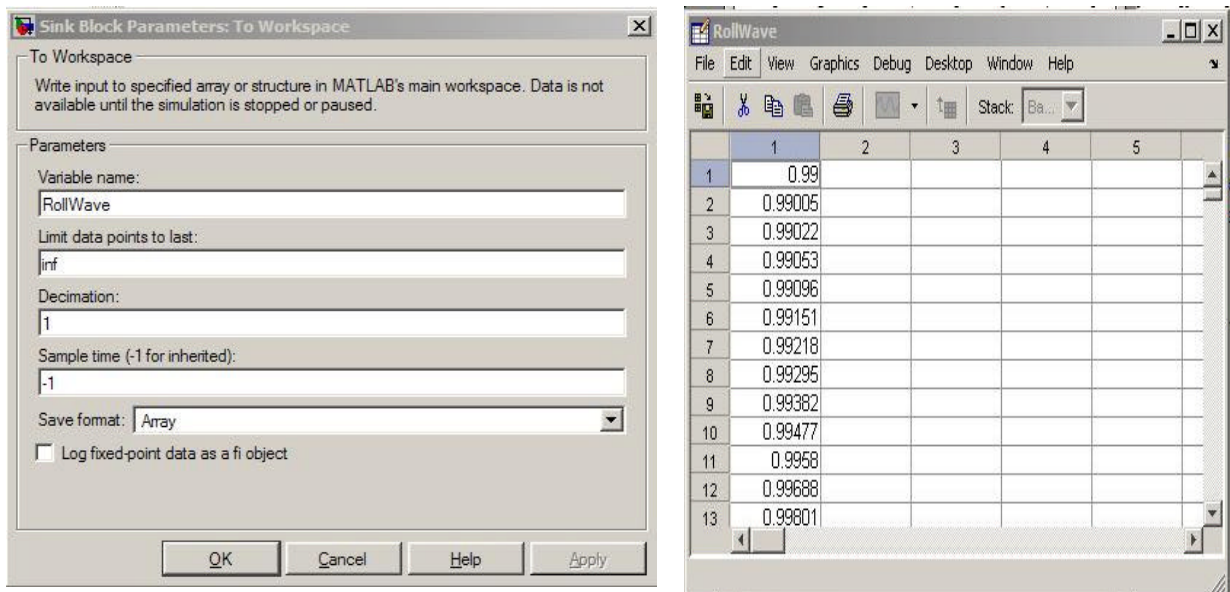


Figura 04 – *Block Parameters* do *workspace* e a janela de apresentação dos dados obtidos na simulação.

Chamadas de funções ou *m-files* em pontos específicos da simulação com o tratamento do comando *callbacks* permitirão uma análise concisa dos dados gerados na simulações e acesso a qualquer tipo de manipulação desses dados fora do escopo do simulador.

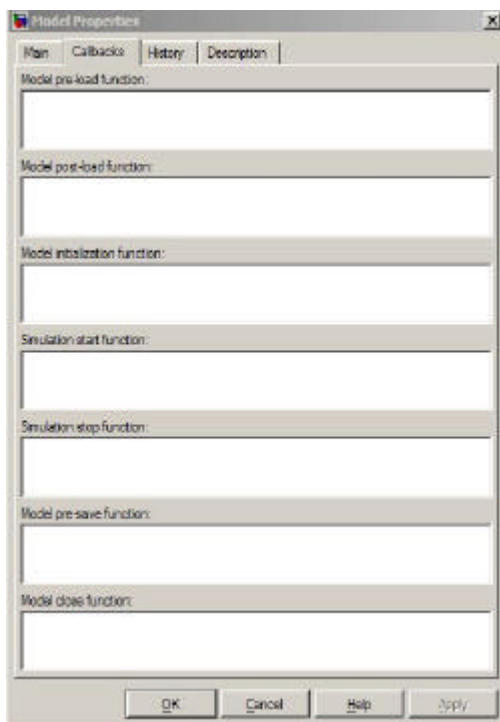


Figura 05 – Model Properties (Callbacks).

O *callbacks* configura chamada de funções ou *m-files* em pontos específicos da simulação.

[Model pre-load function]: função a ser executada antes do carregamento do modelo.

[Model initialization function]: função a ser executada antes do início de uma simulação.

[Simulation start function]: função de inicialização.

[Simulation stop function]: função a ser executada quando a simulação é interrompida.

[Simulation pré-save function]: função a ser executada antes de o modelo ser salvo.

[Model close function]: função a ser executada antes do fechamento do modelo.

Assim exposto, o fenômeno pode ser gerado automaticamente para diversos cenários e dados de entrada, como elevados Reynolds e termo difusivo, podendo ser visualizado em amplitude e como em plano de fase. Não obstante, a verificação de novo equacionamento para o fenômeno estudado e uma completa manipulação de seus dados são também objetivos a serem perseguidos pela equipe de trabalho.

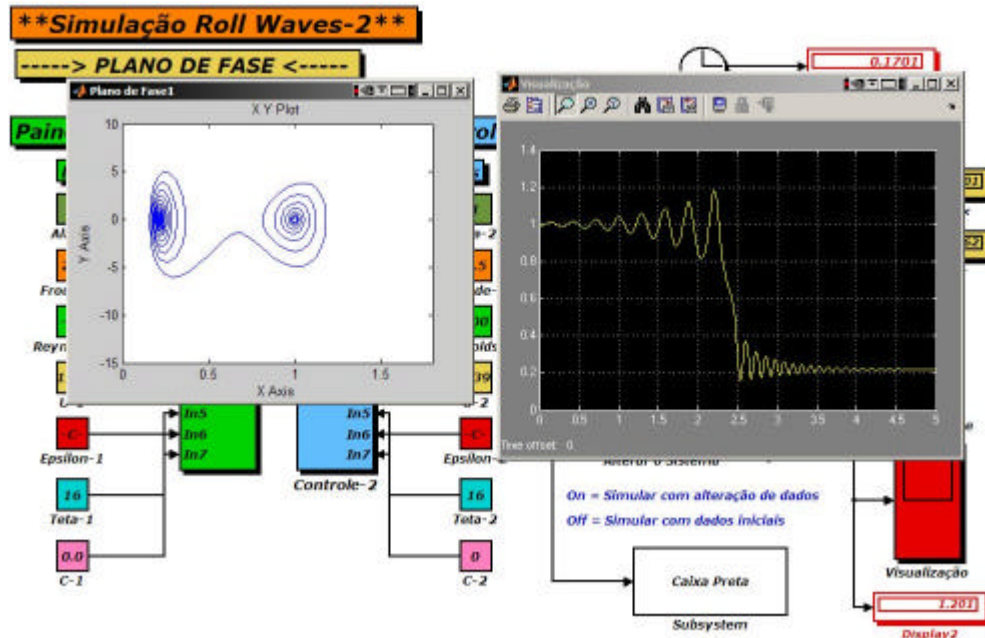


Figura 06 – Simulador buscando ciclo limite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRE DE SAINT-VENANT, 1871. Théorie du mouvement non permanent des eaux, Institut de France, Académie des Sciences, Comptes rendus, Paris Juillet 1871, vol 73, p 147-237

DRESSLER, R.F “Mathematical solution of the problem of roll waves in inclined open channels”. *Communs pure appl. Math.*, 1949, vol 2, p 149-194

FREITAS MACIEL, G., “Uma proposta de modelação de Roll Waves em fluidos de Bingham” – XVII Congresso Nacional Del Água. Santa Fé, Argentina 1998

FREITAS MACIEL, G., VILA, J.P MARTINET, G. “Roll Wave formation in the non Newtonian flows” – XIV Simpósio Brasileiro de recursos Hídricos/ABRH. Vitória, E.S., Brasil. 1997.

YATHIE, E. “*Simulink 5 Fundamentos*” – São Paulo: Editora Érica Ltda, 2002

Bolsa: BOLSA DE APOIO ACADÊMICO E EXTENSÃO I