

**UMA INTERFACE HOMEM-MÁQUINA AMIGÁVEL PARA CÓDIGOS  
DE SIMULAÇÃO TERMO-HIDRÁULICA DE INSTALAÇÕES  
NUCLEARES.**

Flavio de Araujo Filho<sup>(1)</sup>, Antônio Carlos O. Barroso<sup>(2)</sup>,  
Antônio Belchior Júnior<sup>(1)</sup> e Aníbal Gebrim<sup>(2)</sup>

1: COPESP 2: CNEN

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, 05508-900, São Paulo, SP

**RESUMO**

Este trabalho apresenta uma visão sucinta do desenvolvimento da Interface Homem Máquina para o código TRAC-PF1, um programa de computador para análise "best estimate" de transientes e acidentes em plantas nucleares. Os resultados obtidos são considerados satisfatórios, obtendo-se um ganho de produtividade considerável na preparação e análise de simulações com o código TRAC.

**INTRODUÇÃO**

Nas atividades de projeto e análise de segurança de centrais nucleares é reconhecida a necessidade e conveniência de ferramentas, com interface gráfica, para a simulação interativa de transitórios e acidentes. Este fato, aliado a disponibilidade de interfaces gráficas padronizadas [1], motivou a proposição do desenvolvimento de um Simulador de Engenharia, constituído de um Código de Simulação e uma Interface Homem Máquina (IHM) amigável.

A estratégia de desenvolvimento de tal ferramenta tem como objetivos: apresentar resultados a curto prazo, permitir a aquisição de experiência com o uso de protótipos e a integração ao produto final das sugestões e críticas dos usuários do sistema.

O presente trabalho cobre apenas a primeira fase deste desenvolvimento, que resultou na liberação do Protótipo 1 do SIMENG- Simulador de Engenharia.

**O PROJETO DE UM SIMULADOR DE ENGENHARIA**

O projeto "Simeng" prevê o desenvolvimento de um simulador de engenharia para facilitar a preparação de dados para códigos de análise de acidentes, que é bastante complexa e demorada, e também auxiliar a análise dos resultados durante e após o processamento da simulação. Idealizou-se uma interface homem máquina amigável que, acoplada a um dos códigos de simulação de processos nucleares e termo-hidráulicos disponíveis no IPEN, oferecesse ao usuário recursos gráficos para a entrada de dados e visualização das saídas geradas pelo dito código base.

Tendo em vista a dificuldade de se projetar ferramentas de interface para uso tão específico e com número restrito de usuários [2], o projeto Simeng será desenvolvido em 3 fases:

**Desenvolvimento de Protótipo.** Nesta etapa um protótipo totalmente operacional foi elaborado para avaliação por parte dos usuários internos (IPEN/COPESP). As seguintes atividades foram desenvolvidas:

- a. concepção e especificação da IHM, com a participação de um pequeno grupo de futuros usuários [3];
- b. implementação da IHM (para a implementação da IHM foi contratada, através de licitação, a empresa IES Informática e Engenharia de Sistemas, do Rio de Janeiro);
- c. acompanhamento dos trabalhos e testes na firma contratada;
- d. testes na COPESP/IPEN para avaliação do produto e correção de erros.

**Otimização da Interface.** a partir do uso experimental da interface implementada e teste para verificar toda a sua potencialidade será definida a IHM da versão final.

**Implementação da Versão Final.** Uma vez totalmente definida, a versão final será implementada.

**UM POUCO SOBRE O TRAC, O CÓDIGO BASE DE SIMULAÇÃO**

O código base para o qual foi inicialmente desenvolvida a interface é o TRAC-PF1 [4], Transiente Reactor Analysis. Este programa de computador usa modelos realistas ("best estimate") para simular os principais fenômenos nucleares e termo-hidráulicos que podem ocorrer no processo de geração de energia em centrais PWR, operando em condições normais ou de acidente.

Os processos simulados envolvem basicamente: geração de calor de origem nuclear, retirada do calor por meio de troca térmica com água pressurizada que circula ao redor dos elementos combustíveis, circulação da água através de tubulações, válvulas, geradores de vapor, pressurizador, etc.

O código utiliza modelos unidimensionais, com a opção tridimensional para o vaso de pressão e seus componentes internos. O modelo termo-hidráulico é composto por um conjunto de sete equações de conservação (três equações para conservação de massa, duas para energia e duas para a quantidade de movimento). As equações diferenciais parciais que descrevem o escoamento bifásico e a transferência de

calor são resolvidas pelo método das diferenças finitas. As equações de transferência de calor são tratadas através de um método semi-implícito. O conjunto de equações discretizadas espacialmente é resolvido pelo processo iterativo de Newton-Raphson.

O programa TRAC foi desenvolvido em linguagem FORTRAN e é constituído de 375 módulos (subrotinas) num total de cerca de 50.000 linhas de código fonte, originalmente para processamento em equipamento CDC. O programa processava originalmente em modo "batch" e a configuração da instalação a ser simulada era introduzida em arquivo formatado contendo todos os dados necessários para a simulação. A saída do processamento também era obtida em arquivo tipo texto com tabelas contando as variáveis envolvidas no processo. Em 1989 o código foi migrado para processar em microcomputadores [5].

## REQUISITOS DA INTERFACE HOMEM MÁQUINA

O projeto do SIMENG partiu de uma especificação de requisitos [6]. Os principais requisitos foram:

- O sistema será processado no ambiente Windows da Microsoft, utilizando como unidade de processamento microcomputador baseado no Intel 386 ou compatíveis com pelo menos 8 Mbytes de memória, equipado com vídeo colorido padrão VGA, "mouse", impressora, etc.

- Toda a comunicação entre o SIMENG e seu usuário ocorrerá através da IHM.

- A IHM deve utilizar recursos gráficos e contar com ferramental para fácil interação entre o usuário e o "software", tais como: "mouse", ícones, fluxogramas de processo onde o usuário possa definir os componentes e sistemas da planta a ser simulada.

- A IHM deverá permitir a catalogação de dados para processamento de uma simulação, de forma que o usuário possa escolher, dentre os conjuntos de dados catalogados, aquele que será objeto do próximo processamento.

- A IHM deve contar com sistema de ajuda ao usuário sensível ao contexto, possibilitando ao usuário obter informações sobre a operação do sistema no seu próprio terminal de trabalho, simultaneamente ao processamento.

- A IHM deve prever a atuação do usuário durante o processamento da simulação, permitindo ao usuário alterar condições da simulação em curso.

- As saídas do sistema deverão apresentar, gráfica e dinamicamente no monitor, os valores gerados na simulação, permitindo ao usuário escolher as variáveis a serem apresentadas.

- A IHM deve permitir a emissão de relatórios com valores dos resultados obtidos em função de tempo.

- O código deverá gerar saídas para impressora gráfica ou "plotter", bem como possibilitar a geração de arquivos tipo texto para posterior utilização em outros aplicativos, tais como editores de textos, planilhas, etc.

## CONCEPÇÃO

Na concepção da interface procurou-se utilizar a técnica de orientação a objetos. Foram definidos quatro tipos de objetos disponíveis ao usuário:

**Objeto Planta.** Contém os dados estruturais da planta a ser simulada, tais como componentes do

TRAC utilizados na modelagem, seus dados geométricos e junções entre eles.

**Objeto Lista de Material.** Constituído de tabelas de propriedades físicas de materiais.

**Objeto Problema.** Nesta opção é que se processa a simulação. Nela são inseridos os dados necessários para efetuar uma simulação com uma dada planta, tais como: valores iniciais para variáveis do processo, intervalos de integração, tempo de simulação, atuações pré-programadas, variáveis para visualização gráfica da simulação, tanto "on line" como pós-processamento.

**Objeto Análise.** Nesta opção são efetuadas as operações pós-processamento para visualização gráfica dos dados selecionados no "Objeto Problema" após a execução da simulação.

## DESENVOLVIMENTO:

A partir dos requisitos [6] foi elaborado um projeto básico, que uma vez discutido entre os envolvidos: analistas, usuários e responsável pelo projeto foi detalhado e implementado em linguagem C++ com o compilador C++ 3.1 da Borland e WATCOM C/386 9.01 da Watcom System, Inc.

O código TRAC foi adaptado para processar em ambiente Windows 3.1 da Microsoft utilizando-se o compilador WATCON FORTRAN-77/386 9.0 da Watcom System, Inc.

A complexidade do código base dificultou bastante a elaboração e execução dos testes de aceitação do código uma vez que a gama de possibilidades e testes necessários é por demais extensa. Apesar de desejável não se contou com ferramentas automatizadas para os testes de aceitação.

## O PRODUTO ATUAL

Para o operar o Simeng, inicialmente, configura-se a planta, através do Objeto Planta. Nesta opção é possível selecionar-se cada um dos componentes existentes no código TRAC e posicioná-lo graficamente na tela do microcomputador. Após a seleção de componentes é possível definir a topologia da planta definindo-se as conexões entre os mesmos.

Pressionando-se o botão do "mouse" com seu cursor gráfico apontado sobre o ícone do componente desejado abrem-se janelas específicas para aquele componente e nelas podem ser digitados os dados geométricos do componente.

Após sua completa configuração a planta torna-se um objeto disponível para ser utilizado nos problemas de simulação.

Na figura 1 apresentamos a tela de configuração de uma planta, onde pode ser observado o menu para seleção de componentes que se encontra aberto apresentando os diversos componentes que podem ser selecionados.

Para preparar a simulação trabalha-se com o objeto problema. Nesta opção, a partir da seleção de uma planta previamente introduzida, dados específicos do problema a ser simulado, bem como a configuração dos gráficos desejados podem ser definidos. Uma vez criado um problema, com seus dados completamente preenchidos, o mesmo é passível de simulação e pode ser acessado sempre que desejado. Note-se que para

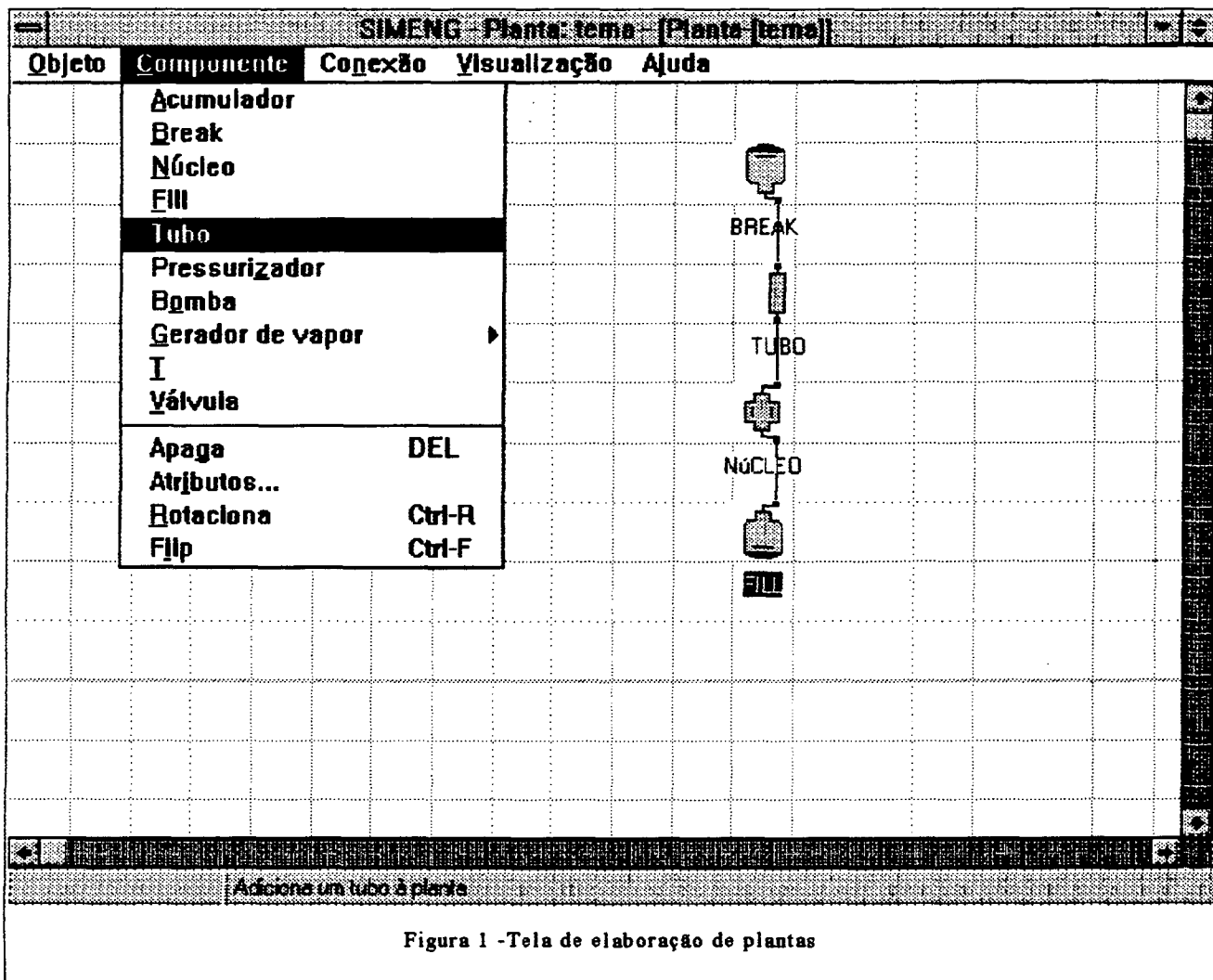


Figura 1 - Tela de elaboração de plantas

uma mesma planta podem ser definidos vários problemas distintos. Uma vez que o problema esteja totalmente configurado é possível: iniciar uma simulação, encerrá-la, interrompê-la momentaneamente para reiniciar em seguida ou posteriormente em nova simulação.

Uma vez ativado o início da simulação de um dado problema, todos os gráficos de acompanhamento que foram definidos estão disponíveis ao usuário, que através deles pode acompanhar a evolução dinâmica do caso sendo simulado. Se, ao acompanhar esta evolução, o usuário desejar a visualização de um novo gráfico ou adição de variáveis aos gráficos já existentes, ele pode fazê-lo durante a simulação, atuando sobre as opções disponíveis na tela de simulação.

Na figura 2 pode-se visualizar uma tela de acompanhamento da simulação de um problema, mostrando uma janela com a planta simulada e outra com um gráfico com algumas variáveis. Na janela planta pode-se definir monitores, para acompanhamento do valor assumidos pelas variáveis de interesse durante a simulação. Os monitores podem ser posicionados em qualquer ponto da janela.

O sistema prevê também a exportação dos dados gerados, para possibilitar sua utilização em pacotes estatísticos ou mesmo pacotes para elaboração de outros tipos de gráficos.

Para uma análise pós-processamento é utilizada a opção análise, através da qual é possível acessar os

dados de simulação, que foram previamente configurados em cada um dos problemas e gerados durante as simulações.

## CONCLUSÕES

A utilização do Windows como plataforma agilizou bastante o desenvolvimento e possibilitou a criação de uma interface de fácil utilização. A interface elaborada mostrou oferecer resultados bastante positivos em relação ao tempo gasto para preparação de entrada de dados e análise de resultados do código TRAC. Para um caso razoavelmente simples, a simulação de um experimento, constatamos uma redução de 5 vezes no tempo gasto com estas operações. A vantagem tende a ampliar-se quanto mais complexo for o problema e, portanto, estima-se que o ganho em produtividade seja da ordem de 10 vezes.

Para a simulação de casos simples o código, processando em um microcomputador 486 DX2-66E simula em velocidade superior ao tempo real. No caso de plantas complexas e dependendo do transitório analisado, a simulação afasta-se bastante do tempo real. Mesmo nesses casos, o fato de se acompanhar a simulação "on line", com a visualização gráfica do resultado permite que se ajuste rapidamente o modelo configurando-se corretamente a planta e eliminando-se eventuais erros de "input" de forma mais rápida e eficaz. Na forma tradicional ("batch") estes ajustes só

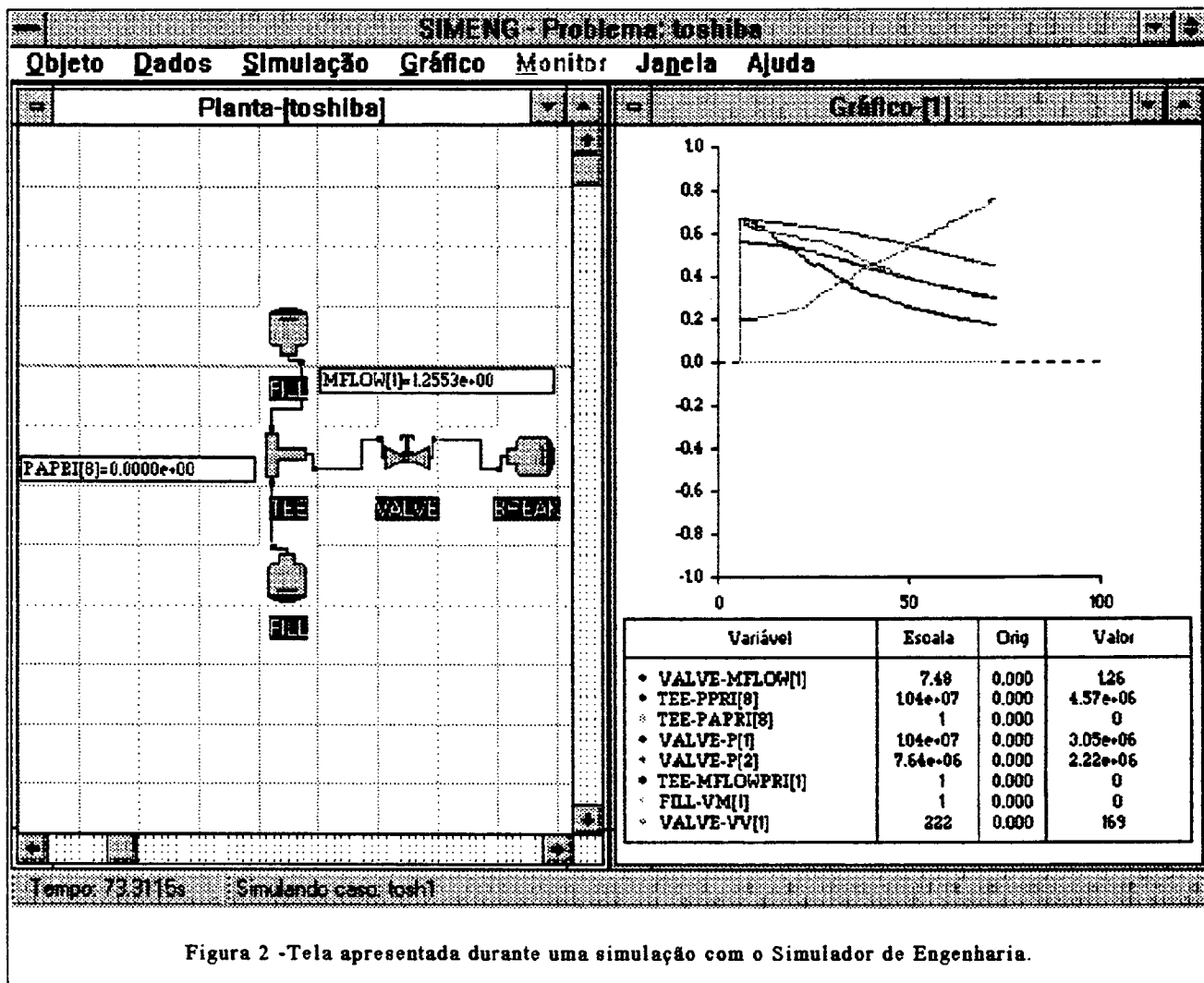


Figura 2 -Tela apresentada durante uma simulação com o Simulador de Engenharia.

poderiam ser efetuados após o processamento completo, o que acarretava maior perda de tempo. Este ganho em produtividade, embora não quantificado, deve ser significativo.

A maior dificuldade no desenvolvimento do projeto foi a complexidade do processo, o que fez com que a previsão inicial de execução do projeto fosse subestimada em termos de prazo, pois os analistas da IHM tiveram que consumir um tempo razoável se capacitando na área técnica da aplicação.

Encontra-se em fase inicial de elaboração a especificação da nova versão do SIMENG, que além de incorporar a experiência adquirida com o protótipo 1, pretende a utilização de um código de simulação que incluía também o sistema secundário de plantas nucleares.

**REFERÊNCIAS**

[1] Myers, Brad A., *Window Interfaces, a Taxonomy of Windows Manager User Interfaces*, IEEE Computer Graphics & Applications, 0272-1716/88/0900:p.65-83, 1988.

[2] Brooks, Rurven, *The Case for the Specialized Interface*, IEEE Software, vol. 10,n.2 :p.86-88, 1993.

[3] Belchior Jr., Antônio, *Definição dos Requisitos Desejáveis para a IHM de um Plant Analyzer*, São Paulo, COPESP, 1991. (RP820000200014610000)

[4] Los Alamos Scientific Laboratory, *TRAC-PF1: An Advanced Best-Estimate Computer for PWR*, NCR Report NUREG/CR-0063, NTIS, jun 1978.

[5] Araujo Filho, Flavio. *Capacitação em NDP-FORTRAN - Migração do TRAC para Microcomputador*, São Paulo, COPESP, Relatório interno, 1989

[6] Araujo Filho, Flavio. *Especificação de Protótipo 1 do Simulador de Engenharia*, São Paulo, COPESP, 1992, (R03-IP7-858SI-4SF-018)

**ABSTRACT**

This work presents the development of a Man-Machine Interface to the TRAC-PF1 code, a computer program to perform "best estimate" analysis of transients and accidents at nuclear power plants. The results were considered satisfactory and a considerable productivity gain was achieved in the activity of preparing and analyzing simulations.