INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN-04/2008

Implementação e avaliação de um sistema de procedimentos computadorizados no laboratório de interfaces homem-sistema - LABIHS

por

Mauro Vitor de Oliveira
Diego Salomone Bruno

Novembro/2008

NOTA
ESTE RELATÓRIO É PARA USO EXCLUSIVO DO INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

O direito a utilização de informações relacionadas ao trabalho de pesquisa realizado no IEN é limitado aos servidores da CNEN e pessoal de organizações associadas, nos limites dos termos contratuais que regem os respectivos convênios. O conteúdo dos relatórios não pode ser separado ou copiado sem autorização escrita do IEN.

INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

Título: **Implementação e avaliação de um sistema de procedimentos computadorizados no laboratório de interfaces homem-sistema - LABIHS**

Autor(es):	e-mail:
Mauro Vitor de Oliveira e Diego salomone Bruno	mvitor@ien.gov.br

Identificação:	Nº de páginas:	Tipo de Divulgação:	Divulgar para:	Localização:
RT-IEN-04/2008	45	Irrestrita (x) Restrita ( )		

Publicação externa associada (congresso/periódico):

Palavras chave:
Procedimentos computadorizados, simulador, planta industrial.

Resumo:

O Laboratório de Interfaces Homem-Sistema (LABIHS) é formado por um conjunto de equipamentos e programas de computadores que simulam os processos de uma usina nuclear com 930 MWe de potência, formando um simulador compacto de uma planta nuclear PWR (*Pressurized Water Reactor*) e constituindo uma sala de controle avançada com várias interfaces gráficas representando os vários sistemas que compõem o reator nuclear.

Uma das linhas de pesquisa do LABIHS é o desenvolvimento e avaliação de sistemas de procedimentos computadorizados (PBCs) para salas de controle avançadas de plantas industriais. Este relatório tem como principal objetivo implementar um sistema de procedimentos computadorizados no LABIHS. Atualmente, para operar o simulador da planta nuclear PWR do LABIHS, os operadores utilizam procedimentos de operação baseados em papel (PBPs). Antes de iniciar a construção de um sistema PBC próprio para o simulador do LABIHS, optou-se por implementar e avaliar um sistema de PBCs no simulador do LABIHS, bem como verificar o impacto sobre a equipe de operação do simulador com a mudança de PBPs para PBCs. Para tal foi utilizado como referência o sistema ImPRO pois, por facilidade, este sistema está disponibilizado para *download* na Internet.

Abstract:

The Human-System Interface Laboratory (LABIHS) is composed by a set of equipment and computational programs that simulate the process of a Pressurized Water Reactor (PWR) of a Nuclear Power Plant (NPP). The nuclear simulator simulates the main circuits of the NPP and is operated by soft panels from a set of computer stations.

The development and evaluation of computerized operation procedures for advanced control rooms is one of research area of the LABIHS. The main objective of this report is implementing a computerized based procedures (CBPs) system in the LABIHS laboratory. At present, in order to operate the LABIHS NPP simulator the operators have been using paper-based procedures (PBPs). Before developing a CBPs for the LABIHS simulator procedures, we decided to implement an available CBP system and evaluate the impact caused in the crew operation by the change from PBPs to CBPs as well. The ImPRO system was chosen for test because its is available in the internet for download.

Emissão		Nome	Rubrica	Data
Data: 14/11/2008	Elaboração:	Mauro Vitor de Oliveira		
Divisão: DICH	Revisão:	Paulo Victor Rodrigues de Carvalho		
Serviço: SEESC	Aprovação :	Mauro Vitor de Oliveira		

Instituto de Engenharia Nuclear:
Rua Hélio de Almeida, 75, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, CEP 21941-972, CP 68.550, Rio de Janeiro – RJ - Brasil .
Tel.: 00 55 21 2173-3700 Internet: www.ien.gov.br

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
1.1 Motivação 1
1.2 Objetivos do relatório 1
1.3 Organização do relatório 2
2. METODOLOGIA 2
3. O SISTEMA DE PROCEDIMENTOS COMPUTADORIZADOS ImPRO 3
3.1 Descrição geral do sistema ImPRO 3
3.2 Arquitetura do sistema ImPRO 6
3.3 Requisitos do sistema ImPRO 7
3.4 Interface do servidor 8
3.5 Interface dos clientes 9
3.5.1 Conexão com o servidor ImPROs 9
3.5.2 Tela principal de ImPROc 10
3.5.3 Gerenciando um procedimento 10
3.5.4 Janela de fluxograma 11
3.5.5 Janela de ação - verificação 12
3.5.6 Janela de informação do processo 14
3.5.7 Caixa de diálogo de monitoração 15
3.5.8 Caixa de diálogo de arquivo da operação 16
3.5.9 Caixa de configuração da interface 17
3.6 Instalando e inicializando ImPRO 18
3.7 Comunicação com programas externos 18
4. IMPLEMENTAÇÃO DO POE-0 DO LABIHS NO ImPRO 19
4.1 Escrevendo o procedimento em PML 20
4.2 Definindo os parâmetros da planta em CML 21
5. INSTALAÇÃO DO SISTEMA ImPRO NO LABIHS 21
5.1 Comunicação de ImPRO com o arquivo de dados da planta 23
5.2 Executando o sistema de procedimentos no LABIHS 23
5.2.1 Resumo dos passos de comunicação LABIHS - ImPRO 23
6. ENSAIO DO SISTEMA PBC BASEADOS NO ImPRO NO LABIHS 24
6.1 Comparação da operação do simulador pelos PBP e PBC através do POE-0 26
7. CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS 28
8. REFERÊNCIAS 29
ANEXO A - Diretórios de instalação do programa ImPRO 30
ANEXO B - Edição e visualização do procedimento POE-0 31
ANEXO C - Configuração (sistemas e componentes) da planta nuclear modelada 34
ANEXO D - Programa de comunicação externa de ImPRO 38
ANEXO E - Executando o sistema de procedimentos no LABIHS 41
ANEXO F - Operação do simulador pelos PBP e PBC 43
ANEXO G - Níveis de automação do sistema ImPRO 45

1. INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Os procedimentos de operação fornecem instruções para guiar os operadores na monitoração, tomada de decisão e controle de uma planta industrial. Historicamente, os procedimentos de operação das plantas tem sido baseados/utilizados em papel (PBPs) e não são considerados como parte da interface homem/sistema (IHS). Contudo, em virtude da tendência mundial de se usar sistemas computadorizados em plantas industriais é natural e potencialmente vantajoso instalar procedimentos na forma computadorizada (PBCs). Além disso, após o acidente de *Three Mile Island* (TMI) a industria de plantas nucleares de potência reconheceu a importância de se usar tecnologias sonora e de procedimentos de fácil utilização para lidar com os principais distúrbios da planta (NUREG-0578, 1979).

Apesar disso, deve-se tomar cuidados antes de instalá-los na sala de controle de uma planta para garantir que o sistema de procedimento computadorizado seja útil para o operador. Quando se instala um sistema de procedimento computadorizado onde já existem procedimentos em papel e uma interface de operação homem/sistema, deve-se considerar vários fatores antes da utilização do sistema, dentre os quais podemos citar: o re-treinamento dos operadores com o novo sistema e a integração e consistência do sistema com os sistema já existentes.

1.2 Objetivos do relatório

Este relatório tem como principal objetivo implementar um sistema de procedimentos computadorizados no Laboratório de Interfaces Homem-Sistema (LABIHS). Atualmente, para operar o simulador da planta nuclear PWR do LABIHS, os operadores utilizam procedimentos de operação baseados em papel. Antes de iniciar a construção de um sistema PBC próprio para o simulador do LABIHS, optou-se por implementar e avaliar um sistema de PBCs no simulador do LABIHS, bem como verificar o impacto sobre a equipe de operação do simulador com a mudança de PBPs para PBCs. Para tal foi utilizado como referência o sistema ImPRO pois, por facilidade, este sistema está disponibilizado para *download* na Internet.

1.3 Organização do relatório

Como ponto de partida a seção 2 deste relatório apresenta a metodologia de pesquisa adotada para o desenvolvimento de um sistema de procedimentos baseado em computador. A seção 3 apresenta a descrição detalhada do sistema de procedimentos computadorizados ImPRO. A seção 4 a implementação do procedimento de operação POE-0 do LABIHS no ImPRO. Na seção 5 apresenta a instalação do sistema ImPRO no LABIHS. A seção 6 apresenta o ensaio do sistema

PBC baseado no ImPRO no LABIHS. A seção 7 apresenta as conclusões e comentários sobre o atual estágio do desenvolvimento e avaliação de PBCs no LABIHS. O anexo A mostra os diretórios de instalação do programa ImPRO. O anexo B apresenta as telas de edição e visualização do procedimento POE-0. O anexo C apresenta os programas em XML de configuração (sistemas e componentes) da planta nuclear modelada. O anexo D apresenta o programa de comunicação externa de ImPRO. O anexo E apresenta os passos para execução de ImPRO no LABIHS. O anexo F mostra os resultados da comparação da operação do simulador pelos procedimentos PBP com o PBC. O anexo G apresenta os níveis de automação do sistema ImPRO.

2. METODOLOGIA

Este trabalho faz parte de uma das linhas de pesquisa do Laboratório de Interfaces Homem-Sistema (LABIHS), que tem como principal objetivo desenvolver sistemas de auxílio à operação de plantas industriais. Neste caso são estudados, desenvolvidos e avaliados sistemas de procedimentos computadorizados.

Como ponto inicial desta pesquisa foram estudados (OLIVEIRA, 2008) diversos PBCs desenvolvidos desde meados da década de 90, dentre os quais podemos citar: COMPRO, COPMA, ImPRO e SimCBP.

Antes de iniciar a construção de um sistema PBC próprio para o simulador do LABIHS, optou-se em verificar o impacto sobre a equipe de operação do simulador com a mudança de PBPs para PBCs. Para tal foi utilizado como referência o sistema ImPRO (JUNG et al., 2004), pois, por facilidade, este sistema está disponibilizado para *download* na Internet.

O procedimento de operação escolhido para ser implementado no ImPRO foi o procedimento de operação em emergências PO-E0, do simulador do LABIHS.

Para a avaliação do impacto dos PBCs sobre a equipe de operação do simulador, simulou-se uma falha na planta através do console do instrutor, que leva a utilização do procedimento de operação em emergências PO-E0. Primeiramente, a equipe de operação utilizou para identificar a causa raiz da falha os procedimentos de operação em papel. Posteriormente, a equipe de operação foi submetida a mesma situação de falha utilizando para identificar a causa raiz da falha os procedimentos de operação em computador. Finalmente, foi comparado o desempenho da equipe de operação do simulador na identificação da falha por este sistemas (equipe utilizando os PBPs e equipe utilizando os PBCs).

3. O SISTEMA DE PROCEDIMENTOS COMPUTADORIZADOS ImPRO

3.1 Descrição geral do sistema ImPRO

O sistema de procedimentos computadorizados ImPRO procura minimizar as restrições gerais dos PBCs atuais, que são:

- nível da automação inapropriado;
- lógica não visível;
- freqüente troca de contexto e;
- dificuldade de entendimento dos procedimentos.

O sistema tenta minimizar essas restrições através da utilização de instruções básicas e de cinco operadores lógicos. O modelo utiliza em sua lógica booleana estados verdadeiro, falso e desconhecido.

O modelo apresenta os passos do procedimento de operação através de um fluxograma em conjunto com uma árvore de sucesso de execução do passo. Em vez de combinar todos os itens ação (*Action*) e verificação (*Check*) em um objetivo único com os cinco operadores lógico, eles são colocados separadamente em dois componentes diferentes: *Action* e *Check*. Esta modificação visa aumentar a compreensão dos procedimentos com pequeno sacrifício da não-fragmentação.

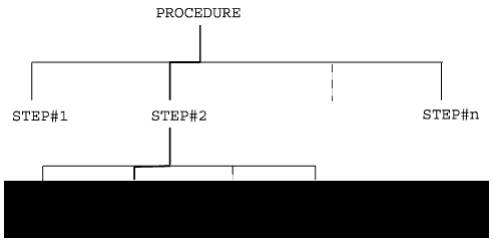
A figura 1a apresenta a estrutura hierárquica utilizada no modelo implementado em ImPRO. O elemento raiz procedimento é composto de passos, onde o elemento passo consiste de Ação (*Action*) e Verificação (*Check*).

O procedimento é decomposto em passos e os passos são criados e lidos de acordo com: os sistemas a que são aplicados, o tempo quando são realizados e os objetivos que possuem. Em termos de regras de partição, neste modelo os passos são quase os mesmos passos dos procedimentos em papel. Um passo é formado por um encadeamento de elementos *Actions* e *Checks*. Esses elementos são instruções de ações sobre uma variedade de objetos, tais como, dispositivos da planta, procedimentos, etc.

O elemento Verificação (*Check*) é composto de quatro elementos primitivos conforme mostrado na figura 1b. O elemento primitivo *autocheck* pode operar tanto com informações em linguagem natural como com equações aritméticas na forma de constantes, variáveis do procedimento, operadores aritméticos, parâmetros da planta e estado de componentes. Automaticamente, o sistema resolve a equação e conforme o resultado obtido altera a cor da indicação do elemento *Check*. No elemento primitivo *mancheck* o julgamento do resultado de um *Check* é feito pelo próprio operador do sistema. Normalmente, ele é utilizado para lidar com

informações indefinidas (nebulosas) do procedimento da planta. O elemento primitivo *caution* é usado para fornecer informações adicionais para o operador, como, por exemplo, "cuidadosamente verifique se a pressão é maior do que 30 kg/cm^2". O advérbio cuidadosamente é coberto pelo elemento *caution* e o resto é manipulado pelo elemento *autocheck*. O elemento primitivo *check* tem uma estrutura recursiva que torna o elemento *Check* capaz de expressar e executar lógica complexa.

O elemento Ação (*Action*) é composto de sete elementos primitivos conforme mostrado na figura 1c. O elemento primitivo *set* muda o ponto de operação de dispositivos da planta. O elemento primitivo *message* é usado para escrever instruções em linguagem natural. Apesar desta flexibilidade, este elemento deteriora o nível de automação porque não há como o sistema verificar se estas ações foram realmente realizadas. O elemento primitivo *initiate* é usado para abrir um procedimento. O elemento primitivo *finish* é usado para fechar o procedimento atual. O elemento primitivo *input* permite ao PBC salvar valores temporais, tais como, concentração de boro desejada, resultado de diagnóstico, etc. O elemento primitivo *caution* é utilizado para fornecer mensagens de alerta para o usuário. O elemento primitivo *action* tem a mesma estrutura recursiva do elemento primitivo *check*.



(a)

(b) (c)

Figura 1 - Estrutura de ImPRO: (a) Estrutura hierárquica de um procedimento;
(b) Primitivas do elemento *Check*; (c) Primitivas do elemento *Action*.

A figura 2 apresenta a tela de operação de ImPRO, que é dividida nas seguintes janelas: nome do procedimento em uso (aparece na barra de título da tela), botões de controle (janela superior da tela), fluxograma de visão geral do procedimento (janela no lado esquerdo da tela), *actions* e *checks* na forma de árvore de lógica de sucesso (janela no lado superior direito da tela), botões de navegação no procedimento (janela no meio do lado direito da tela) e informações do processo

Figura 22 - Vista geral do LABIHS com os PBPs.

A figura 23 apresenta uma vista geral do LABIHS com a adição de uma nova tela, uma para cada operador, onde foi implementado o POE-0 no ImPRO. Neste caso, o procedimento de operação da planta em situações de emergência POE-0 é percorrido diretamente pelos os operadores do primário e secundário, que realizam as leituras de variáveis diretamente na tela do procedimento e executam as devidas ações nas telas de operação do simulador.

Figura 23 - Vista geral do LABIHS com o PBC.

A figura 24 apresenta detalhes do procedimento implementado no ImPRO onde pode-se ver: na janela da esquerda o fluxograma com todos os passos do procedimento; na janela superior direita a lógica realizada em cada ação ou verificação do procedimento; na janela central direita os botões de navegação no procedimento onde o usuário pode ir/retornar para a próxima/anterior ação ou verificação e selecionar o caminho a ser seguido (verdadeiro ou falso) e; na janela inferior direita informações, em tempo real, sobre a condição de componentes e de valores de variáveis da planta.

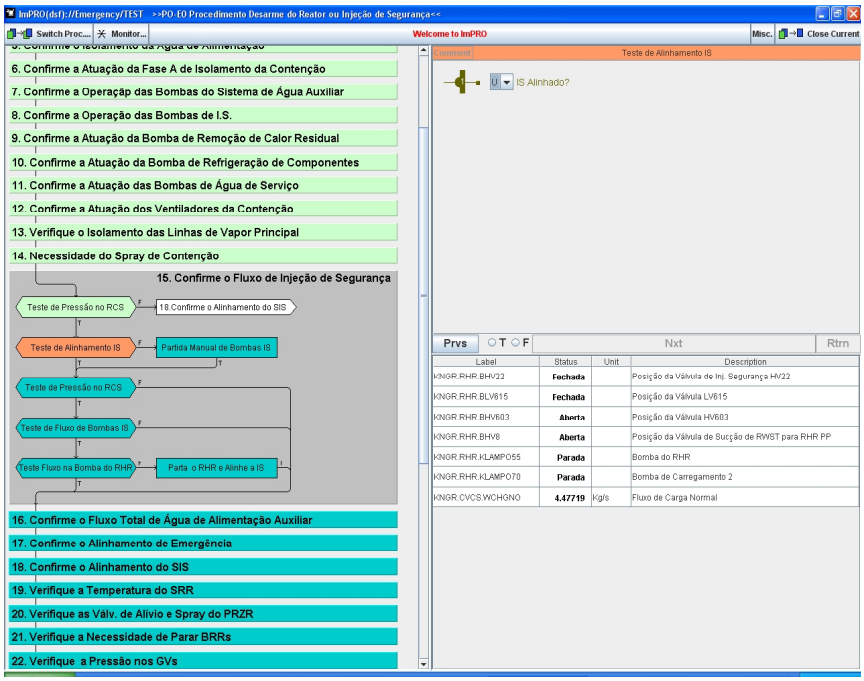


Figura 24 - Passo 15 do PO-E0 no ImPRO

6.1 Comparação da operação do simulador pelos PBP e PBC através do POE-0

A seguir apresentamos a comparação da operação do simulador do LABIHS através dos procedimentos de operação em papel e dos procedimentos de operação em computador. Esta comparação foi feita em termos do número de telas de IHS do simulador que os operadores tem que utilizar para executar o procedimento de operação em emergência POE-0.

A tabela 2 apresenta as telas de interface IHS do simulador do LABIHS acessadas para execução do procedimento de operação POE-0. Nesta tabela definimos os mnemônicos dos sistemas da planta simulada com a descrição de suas respectivas telas de interface homem-sistema.

Tabela 2

Descrição das telas de IHS do simulador utilizadas durante a execução de POE-0

Sistema	Descrição
ROD	Tela do sistema das barras de controle
REAC	Tela do sistema de reatividade
MS/TS	Tela do sistema de vapor e da turbina
ES	Tela do sistema elétrico
RHR	Tela do sistema de remoção de calor residual
RCS	Tela do sistema de refrigeração de reator
FWS	Tela do sistema de água de alimentação
COND	Tela do sistema do condensador
ALRM1	Tela de indicação de alarmes 1
CVCS	Tela do sistema químico e volumétrico
VÁRIAS TELAS	Utiliza diversas telas de IHS do simulador (RCS, CVCS, etc.)

As tabelas F1 e F2 do anexo F apresentam, respectivamente, a descrição resumida dos passos do procedimento de operação em emergência POE-0 do LABIHS, com as correspondentes telas de IHS utilizadas pelos operadores para executar as ações de monitoração e controle da planta simulada, utilizando o procedimento em papel e em computador.

Para cada passo do procedimento POE-0 as tabelas apresentam nas colunas *Resposta esperada* e *Resposta não obtida* as seguintes informações:

- *RCS*, *CVCS*, etc. - As telas acessada pelos operadores durante a execução do procedimento;
- *NÃO* - Os operadores não necessitam acessar outras telas de IHS do simulador para verificar valores de variáveis ou atuar em controles da planta, além da tela do PBC;
- *PO-X* - Ponto de saída do procedimento para outro procedimento de operação que corresponda a condição atual de operação da planta;
- --- - Nenhuma ação ou verificação necessita ser realizada.

Podemos observar que em ambas as tabelas foi introduzido no procedimento o passo 0 que define as condições de entrada em POE-0, isto é, o desarme do reator e/ou o sistema de injeção de segurança atuado. Caso nenhuma dessas condições sejam satisfeitas o operador deve sair do procedimento POE-0 e abrir o procedimento que corresponda a condição atual de operação da planta.

No caso da operação do simulador através dos PBP, os operadores tem que navegar para as telas de IHS do simulador para ler valores de variáveis bem como executar as ações referentes a cada passo do procedimento. Neste caso, como podemos ver na tabela F1, para a coluna *Resposta esperada* somente o passo 36 não necessita de acesso a outra IHS do simulador. Isto deve-se ao fato de que este passo é um passo de desvio no fluxograma do procedimento. Para o caso da coluna *Resposta não obtida*, os passos 0, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 31, 32, 34 e 36 não necessita de acesso a outras IHS do simulador por serem pontos de saída para outros procedimentos de operação ou pontos onde nenhuma ação ou verificação necessita ser realizada.

No caso da operação do simulador através do PBC, como o procedimento implementado no ImPRO apresenta em sua tela de operação todas as ações de monitoração de variáveis do processo do procedimento POE-0 a utilização pelos operadores de outra IHSs do simulador faz-se necessária para somente as ações de controle da planta. Neste caso, como podemos verificar pela tabela F2, todos os passos do procedimento que contém *NÃO* na coluna de *Resposta esperada* não necessitam de ações imediatas pelos operadores e, deste modo, é desnecessária a navegação para outras telas de

IHS do simulador. Para este procedimento somente são necessárias navegação para outras IHSs do simulador em 6 passos do procedimento (passos 21, 26, 31, 32, 34 e 35). Por outro lado, para a coluna *Resposta não obtida* não houve redução no número de passos que os operadores devem utilizar outras IHSs do simulador procedimento quando comparado com os resultados obtidos com procedimentos em papel, porém houve uma redução do número de telas de IHS acessadas pelos operadores para a execução do procedimento. Isto deve-se ao fato que nesta coluna a maioria de sua ações são de atuações de controle dos operadores sobre componentes da planta, o que não foi implementado no PBC.

7. CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Este trabalho faz parte de uma das linhas de pesquisa do Laboratório de Interfaces Homem-Sistema (LABIHS), que tem como principal objetivo desenvolver sistemas de auxílio à operação de plantas industriais. Neste caso são estudados, desenvolvidos e avaliados sistemas de procedimentos computadorizados para salas de controle de plantas industriais.

Como ponto inicial para pesquisa, desenvolvimento e construção de um sistema de PBC próprio foi implementado no simulador do LABIHS o procedimento de operação em emergência PO-E0, utilizando o sistema ImPRO. A tabela G1 do anexo G apresenta os níveis de automação do sistema ImPRO, classificado segundo a NUREG-6634 (2000).

O PBC foi posto em operação no simulador do LABIHS para avaliação. ImPRO foi avaliado para procedimentos típicos após o desarme de um reator. Os procedimentos incluem ações padrões após o desarme do reator (*SPTA - Standard Post Trip Actions*) e diagnóstico da causa do acidente, por exemplo, uma ruptura em um tubo do gerador de vapor (*SGTR - Steam Generator Tube Rupture*).

A avaliação foi feita através da comparação do desempenho dos operadores na operação do simulador, utilizando o PBC e o PBP original, em condições de transientes. O desempenho dos operadores foi avaliado através da análise das ações/tarefas dos operadores e a análise/observação das atividades dos operadores para operar/controlar o processo monitorado sob condições dinâmicas de operação em acidentes, usando os procedimentos de operação da planta.

A utilização do PBC mostrou-se vantajosa quando comparada com a operação pelo PBP por permitir a leitura imediata de informações da planta na própria tela de operação do sistema implementado, liberando os operadores de recorrer às telas do simulador para ler valores de variáveis. Esses procedimentos foram executados rapidamente e com relativa precisão no ImPRO.

A próxima etapa desta pesquisa é a construção de um sistema próprio de procedimentos computadorizado. Este sistema deve ser capaz de executar expressões do tipo "*If-then-else*" que requerem além de ações de verificação de valores ou estado de dispositivos, ações de controle que necessitam manipulação de dispositivos, ações de avaliação de expressões ambíguas que consistem de informações vagas e ambíguas tais como "aumentar", "diminuir", "manter" e ações de avaliação de expressões que necessitam de dados complementares.

Para o caso de ações de avaliação de expressões ambíguas uma sugestão é a incorporação na tela do sistema PBC de gráficos temporais das variáveis envolvidas em cada passo do procedimento para auxiliar na decisão do operador sobre conceitos vagos como "aumentar", "diminuir", etc.

Uma etapa futura de pesquisa é a construção de sistemas de procedimentos computadorizados tipos compartilhado e automático (LEE e SEONG, 2004), que, por exemplo, monitorem os sinais da planta, façam o diagnóstico da condição da planta, e gerem as ações de controle de acordo com os procedimentos correspondentes a ponto de operação da planta sem o auxílio dos operadores. Naturalmente, neste caso, deverão ser efetuados estudos para definir a alocação das funções da planta que serão realizadas pelos operadores ou pelo sistema computadorizado automático.

8. REFERÊNCIAS

JUNG, Y., SEONG, P., KIM, M., 2004, *A Model for Computerized Procedures Based on Flowcharts and Success Logic Trees*, Reliability Engineering and System Safety, ELSEVIER, vol. 26, pg. 351-362.

LEE, S. J., e SEONG, P. H., 2004, *Development of automated operating procedure system using fuzzy colored petri nets for nuclear power plants*, Annals of Nuclear Energy, Elsevier, vol. 31, pg. 849-869.

NUREG/CR-6634, 2000, *Computer-based procedure systems: Technical basis and human factors review guidance*, U.S. Nuclear Regulatory Commission Research, Washington.

NUREG-0578, 1979, *TMI-2 Lessons learned task force status report and short-term recommendations*, U.S. Nuclear Regulatory Commission Research, Washington.

OLIVEIRA, M.V., 2008, *Desenvolvimento e Avaliação de Procedimentos de Operação Computadorizados para Salas de Controle Avançadas de Plantas Industriais*, RT-IEN-02/2008.

POE-0, *Desarme do Reator ou Injeção de Segurança*, Procedimento de Operação do LABIHS, Revisão 00.

ANEXO A

Diretórios de instalação do programa ImPRO

A figura A1 apresenta os principais diretórios de instalação do sistema de procedimentos computadorizados ImPRO.

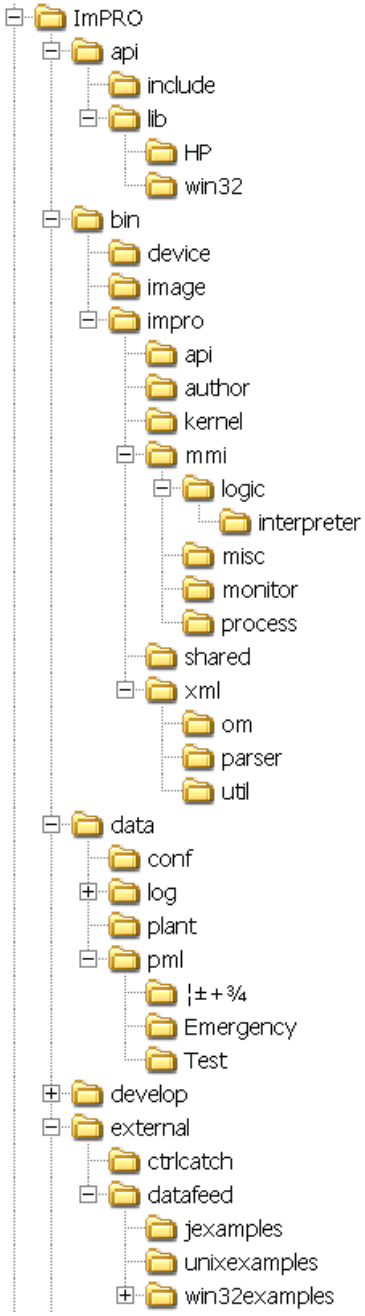


Figura A1 - Diretórios de ImPRO.

ANEXO B

Edição e visualização do procedimento POE-0

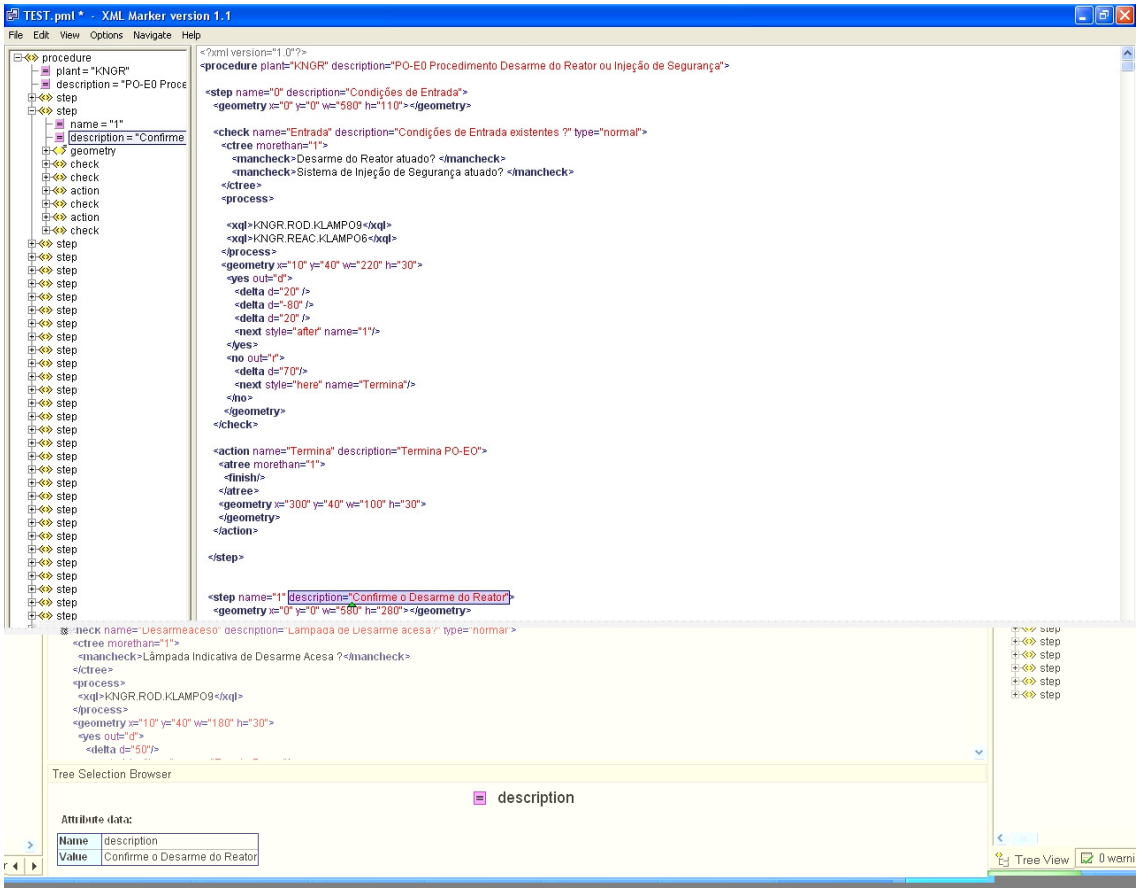


Figura B1 - Passos iniciais do procedimento POE-0 do arquivo TEST.*pml* no XML Marker.

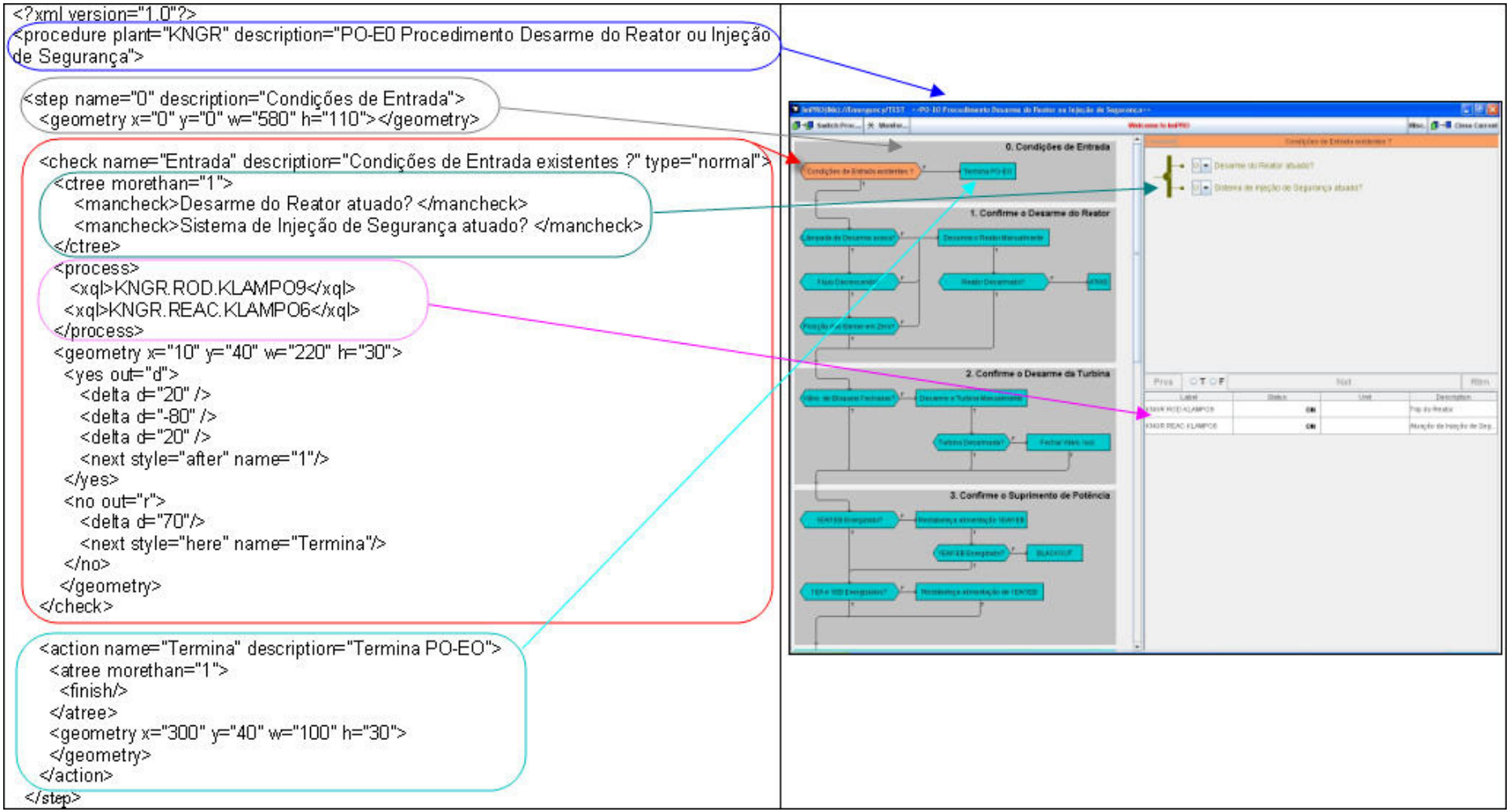


Figura B2 - Correspondência do passo inicial (passo 0) em XML do procedimento POE-0 com a interface do cliente ImPROc.

Tabela B1

Definição dos tipos de dados (elementos e atributos) de POE-0 no arquivo test.*dtd*

<!ELEMENT	procedure	(step*)>		
<!ATTLIST	procedure	plant	CDATA	“”
		status	(draft | approved)	“approved”
		description	CDATA	“”>
<!ELEMENT	step	(geometry, (action | check)+)>		
<!ATTLIST	step	name	ID	“REQUIRED”
		description	CDATA	“”>
<!ELEMENT	action	((atree, process?, format?, comment?, geometry)+)>		
<!ATTLIST	action	name	ID	“REQUIRED”
		description	CDATA	“”>
<!ELEMENT	atree	(caution | set | message | initiate | finish | input | atree)+>		
<!ATTLIST	atree	morethan	CDATA	“REQUIRED”>
<!ELEMENT	set	EMPTY>		
<!ATTLIST	set	component	CDATA	“REQUIRED”
		setpoint	CDATA	“”
		unit	CDATA	“”>
<!ELEMENT	message	(#PCDATA)>		
<!ATTLIST	message	shout	CDATA	“”>
<!ELEMENT	caution	(#PCDATA)>		
<!ELEMENT	initiate	EMPTY>		
<!ATTLIST	initiate	proccategory	NMTOKEN	“REQUIRED”
		procname	NMTOKEN	“REQUIRED”>
<!ELEMENT	finish	EMPTY>		
<!ELEMENT	input	EMPTY>		
<!ATTLIST	input	name	IDREF	“REQUIRED”
		value	CDATA	“”>
<!ELEMENT	check	((ctree, process?, format?, comment?, geometry)+)>		
<!ATTLIST	check	name	ID	“REQUIRED”
		description	CDATA	“”
		type	(normal | continuous)	“REQUIRED”
		fire	CDATA	“”>
<!ELEMENT	ctree	(caution | mancheck | autocheck | ctree)+>		
<!ATTLIST	ctree	morethan	CDATA	“REQUIRED”
<!ELEMENT	mancheck	(#PCDATA)>		
<!ELEMENT	autocheck	(#PCDATA)>		
<!ATTLIST	autocheck	expression	CDATA	“REQUIRED”>
<!ELEMENT	process	(xq1)*>		
<!ELEMENT	xq1	(#PCDATA)>		
<!ELEMENT	comment	(#PCDATA)>		
<!ELEMENT	geometry	(yes?, no?)>		
<!ATTLIST	geometry	x	CDATA	“REQUIRED”
		y	CDATA	“REQUIRED”
		w	CDATA	“REQUIRED”
		h	CDATA	“REQUIRED”
<!ELEMENT	yes	(delta*, next)>		
<!ATTLIST	yes	out	(u | r | d | l)	“REQUIRED”>
<!ELEMENT	no	(delta+, next)>		
<!ATTLIST	no	out	(u | r | d | l)	“REQUIRED”>
<!ELEMENT	delta	EMPTY>		
<!ATTLIST	delta	d	CDATA	“REQUIRED”>
<!ELEMENT	next	EMPTY>		
<!ATTLIST	next	style	(here | after | far)	“here”
		name	IDREF	“REQUIRED”>

ANEXO C

Configuração (sistemas e componentes) da planta nuclear modelada

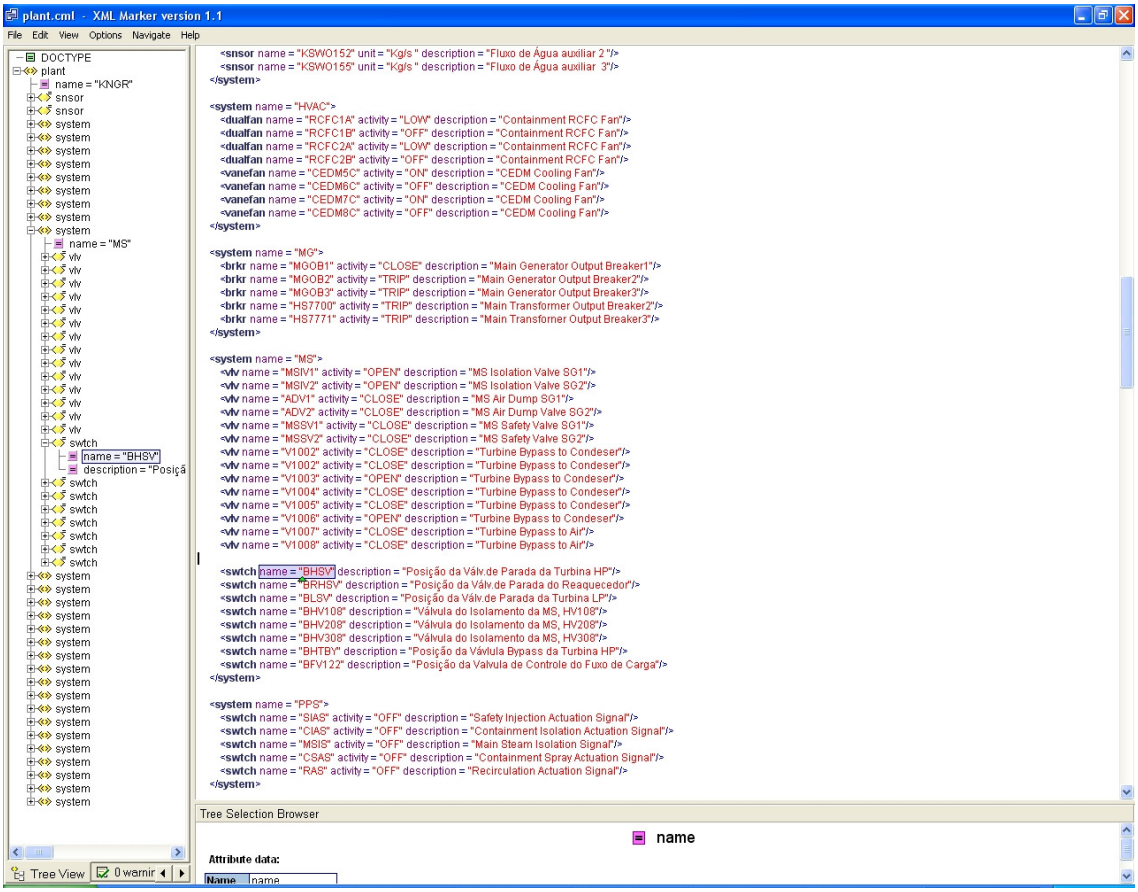


Figura C1 - Detalhes dos componentes do sistema de geração de vapor do arquivo plant.*cml* no XML Marker.

Tabela C1

Definição dos tipos de dados (elementos e atributos) da planta nuclear de potência no arquivo plant.dtd

<!ELEMENT	plant	((vlv|pmp|htr|cndnsr|snsor|swtch|snsor_2|dualfan|vanefan|butterfly|vertpmp|displpmp|bool|number|date)*, system*)>		
<!ATTLIST	plant	name	ID	#REQUIRED
		mode	(POWER|STARTUP|SHUTDOWN|REFUEL|UNKNOWN|POTÊNCIA|PARTIDA|DESLIGADA|RECARGA|DESCONHECIDO)	"POWER">
<!ELEMENT	system	(vlv|pmp|htr|cndnsr|snsor|brkr|swtch|dualfan|vanefan|butterfly|vertpmp|displpmp|bool|number|date)*>		
<!ATTLIST	system	name	ID	#REQUIRED
		description	CDATA	""
		alarm	(ALARM|NORMAL|ALARME)	"NORMAL">
<!ELEMENT	vlv	EMPTY>		
<!ATTLIST	vlv	name	CDATA	#REQUIRED
		activity	(OPEN|CLOSE|ABERTA|FECHADA)	"OPEN"
		alarm	(ALARM|NORMAL|ALARME)	"NORMAL"
		controllability	(CONTROLLABLE|UNCONTROLLABLE|CONTROLÁVEL|NÃOCONTROLAVEL)	"CONTROLLABLE"
		description	CDATA	"">
<!ELEMENT	pmp	EMPTY>		
<!ATTLIST	pmp	name	CDATA	#REQUIRED
		activity	(START|STOP|PARTIDA|PARADA)	"START"
		alarm	(ALARM|NORMAL|ALARME)	"NORMAL"
		controllability	(CONTROLLABLE|UNCONTROLLABLE|CONTROLÁVEL|NÃOCONTROLAVEL)	"CONTROLLABLE"
		description	CDATA	"">
<!ELEMENT	htr	EMPTY>		
<!ATTLIST	htr	name	CDATA	#REQUIRED
		activity	(ON|OFF|LIGADO|DESLIGADO)	"OFF"
		alarm	(ALARM|NORMAL|ALARME)	"NORMAL"
		controllability	(CONTROLLABLE|UNCONTROLLABLE|CONTROLÁVEL|NÃOCONTROLAVEL)	"CONTROLLABLE"
		description	CDATA	"">
<!ELEMENT	snsor	EMPTY>		
<!ATTLIST	snsor	name	CDATA	#REQUIRED
		value	CDATA	""
		unit	CDATA	""
		alarm	(ALARM|NORMAL|ALARME)	"NORMAL"

```
                    controllability  (CONTROLLABLE|UNCONTROLLABLE|CONTROLÁVEL|NÃOCONTROLAVEL)  "CONTROLLABLE"
                    description      CDATA                                                     "" >
<!ELEMENT   brkr    EMPTY>
<!ATTLIST   brkr    name             CDATA                                                     #REQUIRED
                     activity        (CLOSE|TRIP|FECHADO)                                      "CLOSE"
                    alarm            (ALARM|NORMAL|ALARME)                                     "NORMAL"
                    controllability  (CONTROLLABLE|UNCONTROLLABLE|CONTROLÁVEL|NÃOCONTROLAVEL)  "CONTROLLABLE"
                    description      CDATA                                                     ">
<!ELEMENT   swtch   EMPTY>
<!ATTLIST   swtch   name             CDATA                                                     #REQUIRED
                    activity         (ON|OFF|PARTIDA|PARADA|LIGADO|DESLIGADO|ABERTA|FECHADA)   "ON"
                    alarm            (ALARM|NORMAL|ALARME)                                     "NORMAL"
                    controllability  (CONTROLLABLE|UNCONTROLLABLE|CONTROLÁVEL|NÃOCONTROLAVEL)  "CONTROLLABLE"
                    description      CDATA                                                     ">
<!ELEMENT   dualfan EMPTY>
<!ATTLIST   dualfan name             CDATA                                                     #REQUIRED
                    activity         (LOW|HIGH|OFF|BAIXO|ALTO|DESLIGADO)                       "OFF"
                    description      CDATA                                                     ">
<!ELEMENT   vanefanEMPTY>
<!ATTLIST   vanefanname              CDATA                                                     #REQUIRED
                    activity         (ON|OFF|LIGADO|DESLIGADO)                                 "OFF"
                    description      CDATA                                                     ">
<!ELEMENT   butterflyEMPTY>
<!ATTLIST   butterflyname            CDATA                                                     #REQUIRED
                    activity         (OPEN|CLOSE|ABERTA|FECHADA)                               "OPEN"
                    description      CDATA                                                     ">
<!ELEMENT   vertpmpEMPTY>
<!ATTLIST   vertpmpname              CDATA                                                     #REQUIRED
                    activity         (START|STOP|PARTIDA|PARADA)                               "START"
                    description      CDATA                                                     ">
<!ELEMENT   displpmpEMPTY>
<!ATTLIST   displpmpname             CDATA                                                     #REQUIRED
                    activity         (START|STOP|PARTIDA|PARADA)                               "STOP"
                    description      CDATA                                                     ">
<!ELEMENT   bool    EMPTY>
```

```
<!ATTLIST     bool     name          CDATA                                  #REQUIRED
                       activity      (T|F|U|V|X)                            "U"
                       description   CDATA                                  "">
<!ELEMENT     number   EMPTY>
<!ATTLIST     number   name          CDATA                                  #REQUIRED
                       value         CDATA                                  "?"
                       description   CDATA                                  ""
                       unit          CDATA                                  "">
<!ELEMENT     date     EMPTY>
<!ATTLIST     date     name          CDATA                                  #REQUIRED
                       value         CDATA                                  "?"
                       description   CDATA                                  "">
```

ANEXO D

Programa de comunicação externa de ImPRO

A seguir é apresentado a listagem do programa de comunicação externa de ImPRO (dcstest.*java*) com o arquivo de dados da planta (MyFileTest.*txt*).

```
import api.CML;
import java.net.*;

import java.io.BufferedInputStream;
import java.io.DataInputStream;
import java.io.File;
import java.io.FileInputStream;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.IOException;

import java.util.*;
import java.io.*;

public  class dcstest {
   public dcstest() {}

   public static void main(String[] args) {

            File file = new File("C:\\ImPRO\\external\\datafeed\\jexamples\\MyFileTest.txt");
            BufferedReader reader = null;
            int lineCount = 0;
            String line = "";

            try{
             InetAddress local=InetAddress.getLocalHost();
             cml=new CML(local);
            } catch ( UnknownHostException e) {
             cml=null;
            }

     cml.XRegister("rod", "activity@KNGR.ROD.KLAMPO9 value@KNGR.ROD.KBCDO2
value@KNGR.ROD.ZINST3");

     cml.XRegister("ms", "activity@KNGR.MS.BHSV activity@KNGR.MS.BRHSV
activity@KNGR.MS.BLSV activity@KNGR.MS.BHV108 activity@KNGR.MS.BHV208
activity@KNGR.MS.BHV308 activity@KNGR.MS.BHTBY activity@KNGR.MS.BFV122");

     cml.XRegister("es", "value@KNGR.ES.KLAMPO222 value@KNGR.ES.KLAMPO225
value@KNGR.ES.KLAMPO228 value@KNGR.ES.KLAMPO231 activity@KNGR.ES.KLAMPO234
activity@KNGR.ES.KLAMPO227 activity@KNGR.ES.KLAMPO230 value@KNGR.ES.KLAMPO223
value@KNGR.ES.KLAMPO226 value@KNGR.ES.KLAMPO229 value@KNGR.ES.KLAMPO232");

     cml.XRegister("reac", "activity@KNGR.REAC.KLAMPO6 activity@KNGR.REAC.KLAMPO4
value@KNGR.REAC.UAVLEGM");

     cml.XRegister("rhr", "activity@KNGR.RHR.KLAMPO70 activity@KNGR.RHR.KLAMPO69
activity@KNGR.RHR.KSLOW activity@KNGR.RHR.KLAMPO55 activity@KNGR.RHR.BHV22
activity@KNGR.RHR.BHV8 value@KNGR.RHR.ZINST22 value@KNGR.RHR.ZSUMP
value@KNGR.RHR.ZINST26 activity@KNGR.RHR.KLAMPO56 activity@KNGR.RHR.BHV102
activity@KNGR.RHR.KLAMPO71 activity@KNGR.RHR.KLAMPO51 activity@KNGR.RHR.KLAMPO48
activity@KNGR.REAC.KLAMPO57 activity@KNGR.RHR.BLV615 activity@KNGR.RHR.BHV603");

     cml.XRegister("fw", "activity@KNGR.FW.KLAMPO241 activity@KNGR.FW.KLAMPO242
activity@KNGR.FW.KLAMPO243 activity@KNGR.FW.BFV478 activity@KNGR.FW.BFV488
value@KNGR.FW.ZINST102 activity@KNGR.FW.BFV498 activity@KNGR.FW.BFV479
```

```
activity@KNGR.FW.BFV489 activity@KNGR.FW.BFV499 value@KNGR.FW.WSGLD
value@KNGR.FW.ZINST78 activity@KNGR.FW.KLAMPO134 activity@KNGR.FW.KLAMPO136
activity@KNGR.FW.KLAMPO135 value@KNGR.FW.WAFWS1 value@KNGR.FW.WAFWS2
value@KNGR.FW.ZINST77 value@KNGR.FW.WAFWS3 value@KNGR.FW.WAFW1
value@KNGR.FW.WAFW2 value@KNGR.FW.WAFW3 value@KNGR.FW.ZINST75
value@KNGR.FW.ZINST76 value@KNGR.FW.ZINST74 value@KNGR.FW.ZINST73
value@KNGR.FW.WFWLN1 value@KNGR.FW.WFWLN2 value@KNGR.FW.WFWLN3
value@KNGR.FW.KSWO143 value@KNGR.FW.KSWO152 value@KNGR.FW.KSWO155");

      cml.XRegister("cndr", "activity@KNGR.CNDR.KLAMPO244 activity@KNGR.CNDR.KLAMPO197
activity@KNGR.CNDR.BHV302");

      cml.XRegister("rcs", "value@KNGR.RCS.ZINST58 value@KNGR.RCS.UAVLEG1
value@KNGR.RCS.UAVLEG2 value@KNGR.RCS.UAVLEG3 value@KNGR.RCS.UCOLEG1
value@KNGR.RCS.UCOLEG2 value@KNGR.RCS.UCOLEG3 activity@KNGR.RCS.BPORV
activity@KNGR.RCS.BHV6 value@KNGR.RCS.WSPRAY activity@KNGR.RCS.BHV40
value@KNGR.RCS.KBCDO15 value@KNGR.RCS.ZINST63 value@KNGR.RCS.TPRT
value@KNGR.RCS.ZINST48 activity@KNGR.RCS.KLAMPO124 activity@KNGR.RCS.KLAMPO125
activity@KNGR.RCS.KLAMPO126 activity@KNGR.RCS.BV101 activity@KNGR.RCS.BV201
activity@KNGR.RCS.BV301");

           cml.XRegister("cvcs", "value@KNGR.CVCS.WCHGNO");

      cml.XRegister("alarm1", "activity@KNGR.Alarm1.KLAMPO270");

           Runtime.getRuntime().addShutdownHook(new Thread() {
       public void run() { cml.XUnRegister("rod");}
      });
      Runtime.getRuntime().addShutdownHook(new Thread() {
       public void run() { cml.XUnRegister("ms");}
      });
      Runtime.getRuntime().addShutdownHook(new Thread() {
       public void run() { cml.XUnRegister("es");}
      });
           Runtime.getRuntime().addShutdownHook(new Thread() {
       public void run() { cml.XUnRegister("reac");}
      });
           Runtime.getRuntime().addShutdownHook(new Thread() {
       public void run() { cml.XUnRegister("rhr");}
      });
           Runtime.getRuntime().addShutdownHook(new Thread() {
       public void run() { cml.XUnRegister("fw");}
      });
           Runtime.getRuntime().addShutdownHook(new Thread() {
       public void run() { cml.XUnRegister("cndr");}
      });
           Runtime.getRuntime().addShutdownHook(new Thread() {
       public void run() { cml.XUnRegister("rcs");}
      });
           Runtime.getRuntime().addShutdownHook(new Thread() {
       public void run() { cml.XUnRegister("cvcs");}
      });
           Runtime.getRuntime().addShutdownHook(new Thread() {
       public void run() { cml.XUnRegister("alarm1");}
      });
      while(true) {

           try {
          reader = new BufferedReader(new FileReader(file));
          for (line = reader.readLine(); line != null; line = reader.readLine()) {
                    lineCount++;
                    switch (lineCount) {
                    case 1:  System.out.println(line);
                                        rply=cml.XUpdate("rod", line); System.out.print(rply+"\n");
```

```
                                    break;
                        case 2:  System.out.println(line);
                                    rply=cml.XUpdate("ms", line); System.out.print(rply+"\n");
                                    break;
                        case 3:  System.out.println(line);
                                    rply=cml.XUpdate("es", line); System.out.print(rply+"\n");
                                    break;
                        case 4:  System.out.println(line);
                                    rply=cml.XUpdate("reac", line); System.out.print(rply+"\n");
                                    break;
                        case 5:  System.out.println(line);
                                    rply=cml.XUpdate("rhr", line); System.out.print(rply+"\n");
                                    break;
                        case 6:  System.out.println(line);
                                    rply=cml.XUpdate("fw", line); System.out.print(rply+"\n");
                                    break;
                        case 7:  System.out.println(line);
                                    rply=cml.XUpdate("cndr", line); System.out.print(rply+"\n");
                                    break;
                        case 8:  System.out.println(line);
                                    rply=cml.XUpdate("rcs", line); System.out.print(rply+"\n");
                                    break;
                        case 9:  System.out.println(line);
                                    rply=cml.XUpdate("cvcs", line); System.out.print(rply+"\n");
                                    break;
                        case 10:  System.out.println(line);
                                    rply=cml.XUpdate("alarm1", line); System.out.print(rply+"\n");
                                    break;
                        default: System.out.println("Invalid data.");break;
                        }
                    }
                    lineCount = 0;
            } catch (IOException e) {
                System.err.format("Could not read %s: %s%n", file, e);
                System.exit(1);
            } finally {
                if (reader != null) {
                    try {
                        reader.close();
                    } catch (IOException e) {}
                }
            }

try{
                Thread.sleep(1000);
            }catch (Exception e) {}
            }
        }
                static String rply;
                static CML cml;
}
```

ANEXO E

Executando o sistema de procedimentos no LABIHS

Para conectar e executar o sistema de procedimentos computadorizados ImPRO ao simulador do LABIHS deve-se seguir o seguinte procedimento:

1. Parta o simulador do LABIHS (servidor e clientes MMI), conforme seu procedimento de operação.
2. Parta o servidor ImPROs em um dos terminais que ele está instalado (por exemplo, no terminal da estação do supervisor) digitando as seguintes linhas de comando em uma janela DOS:

> ***cd c:\impro\bin*** (aperte *enter*)

> ***java impro.ImPROs*** (aperte *enter*)

3. Parta os clientes ImPROc em todos os terminais de operação do PBC (estações dos operadores do reator, turbina e supervisor) digitando as seguintes linhas de comando em uma janela DOS:

> ***cd c:\impro\bin*** (aperte *enter*)

> ***java impro.ImPROc*** (aperte *enter*)

4. Após executado, o cliente vai pedir o login do usuário. Para membros da equipe (*crew*) de operação é necessário introduzir a senha "ImPRO" para se conectar. No caso de convidados (*guest*) não é necessário o uso de senha.
5. Após o login o cliente ImPROc deve fornecer o nome do computador onde está rodando o servidor (ImPROs). No nosso exemplo, o servidor está sendo executado no computador da estação de operação do supervisor.
6. Abra uma janela de terminal UNIX, através do programa Xmanager, no computador onde está sendo executado o servidor ImPROs (no nosso exemplo, o no terminal da estação do supervisor) e digite as seguintes linhas de comando para executar o programa servidor de leitura/escrita de variáveis da memória compartilhada do simulador (x6.*exe*):

> ***cd labihs*** (aperte *enter*)

> ***cd socket*** (aperte *enter*)

> ***cd UNIX*** (aperte *enter*)

> ***x6*** (aperte *enter*)

7. No mesmo computador execute o programa cliente para fazer a comunicação com o programa x6.*exe* do ambiente UNIX com o ambiente Windows (client1.*exe*), digitando as seguintes linhas de comando em uma janela DOS:

> cd c:\ImPRO\external\datafeed\jexamples (aperte *enter*)

> cliente1 (aperte *enter*)

O programa pedirá para escolher entre 1 (Servidor IEN) e 2 (Servidor LABIHS), digite 2 e aperte *enter*.

8. No mesmo computador abra outra janela DOS e digite as seguintes linhas de comando para efetuar a comunicação com ImPRO:

> cd c:\impro\external\datafeed\jexamples (aperte *enter*)

> java -classpath ./;c:/Impro;c:/Impro/bin dcstest (aperte *enter*)

9. No cliente do ImPRO clique no alto da tela, à esquerda, em "switch procces" e dê um duplo clique em Test. Esse é o Procedimento P0-E0 digitalizado.
10. Pronto! A sua comunicação já está estabelecida e ImPRO está se comunicando com o simulador e recebendo os dados. Agora é só iniciar a simulação com as condições iniciais desejadas.

ANEXO F

Operação do simulador pelos PBP e PBC

As tabelas F1 e F2 apresentam a descrição resumida dos passos do procedimento de operação em emergência POE-0 com as correspondentes telas de IHS utilizadas pelos operadores para executar as ações de monitoração e controle da planta simulada utilizando o procedimento em papel e computadorizado.

Tabela F1

Telas de IHSs utilizadas durante a execução de POE-0 pelo PBP

Passo	Descrição resumida (sem a descrição detalhada das ações de monitoração e controle de resposta esperada e resposta não obtida)	Telas IHSs utilizadas	
		Resposta esperada	Resposta não obtida
0	Confirme condição de entrada no procedimento POE-0	ROD, REAC	[1]PO-X
1	Confirme o desligamento do reator	ROD	ROD, PO-X
2	Confirme o desarme da turbina	MS/TS	MS/TS
3	Confirme fornecimento de alimentação AC para os barramentos	ES	ES, PO-X
4	Verifique se a injeção de segurança está atuada	REAC, RHR	RCS, MS/TS, RHR, PO-X
5	Confirme o isolamento da água de alimentação	FWS, COND	FWS
6	Confirme o isolamento da contenção - fase A	REAC	REAC
7	Confirme se as bombas de água de alimentação auxiliar estão operando	FWS	FWS
8	Confirme se as bombas de injeção de segurança estão operando	RHR	RHR
9	Confirme se as bombas de remoção de calor residual estão operando	RHR	RHR
10	Confirme se as bombas de água dos componentes estão operando	RHR	RHR
11	Confirme se as bombas de água de serviço estão operando	COND	COND
12	Confirme se os ventiladores de refrigeração da contenção estão operando	RHR	RHR
13	Verifique se as linhas de alimentação de vapor principal devem ser isoladas	RCS, RHR, MS/TS	MS/TS
14	Confirme se o spray da contenção não é necessário	RHR	ALRM1, RHR, RCS, CVCS
15	Confirme o fluxo de injeção de segurança	RCS, RHR	RHR
16	Confirme o fluxo de água de alimentação total	FWS	FWS, PO-X
17	Confirme o alinhamento da válvula de água de alimentação auxiliar	FWS, COND	FWS, COND
18	Confirme o alinhamento das válvulas de injeção de segurança	RHR	RHR
19	Verifique as temperaturas do sistema de refrigeração do reator	RCS	RCS, FWS, MS/TS
20	Verifique se as válvulas de alívio do pressurizador e de spray estão fechadas	RCS	RCS, CVCS, PO-X
21	Verifique se as bombas de refrigeração do reator devem ser paradas	RHR, RCS	[2]---
22	Verifique se o geradores de vapor não estão falhos	MS/TS	PO-X
23	Verifique se os tubos dos geradores de vapor não estão rompidos	MS/TS	PO-X
24	Verifique se o sistema de refrigeração do reator está intacto	RHR	PO-X
25	Verifique se a injeção de segurança deve ser terminada	RCS, FWS	RCS
26	Inicie a monitoração das árvores de estado das funções críticas de segurança	VÁRIAS TELAS	---
27	Verifique os níveis dos geradores de vapor	FWS	FWS, PO-X
28	Verifique a radiação no secundário	MS/TS	PO-X
29	Verifique a radiação no prédio da contenção	RHR	CVCS, PO-X
30	Verifique a temperatura e pressão no tanque de alívio do pressurizador	RCS	VÁRIAS TELAS
31	Rearme o sinal de injeção de segurança	REAC	---
32	Rearme os sinais de isolação da contenção - fase A e fase B	REAC	---
33	Estabeleça o ar de instrumentos para a contenção	RHR	RHR
34	Verifique se as bombas de remoção de calor residual podem ser paradas	RCS	PO-X
35	Verifique se o gerador diesel deve ser parado	ES	ES
36	Retorne ao passo 19 (temperatura do sistema de refrigeração do reator)	---	---

[1]PO-X - Saia de POE-0 e vá para o procedimento correspondente às condições de operação da planta.
[2]--- - Nenhuma ação ou verificação a ser executada no procedimento POE-0.

Tabela F2

Telas de IHSs utilizadas durante a execução de POE-0 pelo PBC

Passo	Descrição resumida (sem a descrição detalhada das ações de monitoração e controle de resposta esperada e resposta não obtida)	Utilização de outras IHSs	
		Resposta esperada	Resposta não obtida
0	Confirme condição de entrada no procedimento POE-0	[1]NÃO	[2]PO-X
1	Confirme o desligamento do reator	NÃO	ROD, PO-X
2	Confirme o desarme da turbina	NÃO	MS/TS
3	Confirme fornecimento de alimentação AC para os barramentos	NÃO	ES, PO-X
4	Verifique se a injeção de segurança está atuada	NÃO	RHR, PO-X
5	Confirme o isolamento da água de alimentação	NÃO	FWS
6	Confirme o isolamento da contenção - fase A	NÃO	REAC
7	Confirme se as bombas de água de alimentação auxiliar estão operando	NÃO	FWS
8	Confirme se as bombas de injeção de segurança estão operando	NÃO	RHR
9	Confirme se as bombas de remoção de calor residual estão operando	NÃO	RHR
10	Confirme se as bombas de água dos componentes estão operando	NÃO	RHR
11	Confirme se as bombas de água de serviço estão operando	NÃO	COND
12	Confirme se os ventiladores de refrigeração da contenção estão operando	NÃO	RHR
13	Verifique se as linhas de alimentação de vapor principal devem ser isoladas	NÃO	MS/TS
14	Confirme se o spray da contenção não é necessário	NÃO	RHR, RCS, CVCS
15	Confirme o fluxo de injeção de segurança	NÃO	RHR
16	Confirme o fluxo de água de alimentação total	NÃO	FWS, PO-X
17	Confirme o alinhamento da válvula de água de alimentação auxiliar	NÃO	FWS, COND
18	Confirme o alinhamento das válvulas de injeção de segurança	NÃO	RHR
19	Verifique as temperaturas do sistema de refrigeração do reator	NÃO	RCS, FWS, MS/TS
20	Verifique se as válvulas de alívio do pressurizador e de spray estão fechadas	NÃO	RCS, CVCS, PO-X
21	Verifique se as bombas de refrigeração do reator devem ser paradas	RCS	[3]---
22	Verifique se o geradores de vapor não estão falhos	NÃO	PO-X
23	Verifique se os tubos dos geradores de vapor não estão rompidos	NÃO	PO-X
24	Verifique se o sistema de refrigeração do reator está intacto	NÃO	PO-X
25	Verifique se a injeção de segurança deve ser terminada	NÃO	RCS
26	Inicie a monitoração das árvores de estado das funções críticas de segurança	VÁRIAS TELAS	---
27	Verifique os níveis dos geradores de vapor	NÃO	FWS, PO-X
28	Verifique a radiação no secundário	NÃO	PO-X
29	Verifique a radiação no prédio da contenção	NÃO	CVCS, PO-X
30	Verifique a temperatura e pressão no tanque de alívio do pressurizador	NÃO	VÁRIAS TELAS
31	Rearme o sinal de injeção de segurança	REAC	---
32	Rearme os sinais de isolação da contenção - fase A e fase B	REAC	---
33	Estabeleça o ar de instrumentos para a contenção	NÃO	RHR
34	Verifique se as bombas de remoção de calor residual podem ser paradas	RCS	PO-X
35	Verifique se o gerador diesel deve ser parado	ES	ES
36	Retorne ao passo 19 (temperatura do sistema de refrigeração do reator)	---	---

[1]NÃO - Não é necessário acessar outras telas de IHS do simulador.
[2]PO-X - Saia de POE-0 e vá para o procedimento correspondente às condições de operação da planta.
[3]--- - Nenhuma ação ou verificação a ser executada no procedimento POE-0.

ANEXO G

Níveis de automação do sistema ImPRO

A tabela G1 apresenta os níveis de automação do sistema de procedimentos computadorizados ImPRO.

Tabela G1

Níveis de automação do sistema ImPRO

Funções do procedimento	Nível de automação			
	Manual	Orientação	Compartilhado	Automático
Monitoração e detecção				
Valores dos parâmetros do processo				X
Ações do operador	X			
Avaliação da situação				
Condições de entrada no procedimento		X		
Lógica de resolução dos passos do procedimento		X		
Estágio dos passos (completo ou incompleto)		X		
Histórico do procedimento				X
Apresentação dos passos sensíveis ao contexto		X		
Avaliação de continuidade e de passos dependentes do tempo e de parâmetros		X		
Avaliação de alertas		X		
Atendimento de objetivos de alto-nível e condições de saída do procedimento		X		
Planejamento da resposta				
Seleção do próximo passo ou procedimento				X
Mudança de procedimento baseada na situação atual		X		
Implementação da resposta				
Transição de um passo para outro				X
Transição para outras partes do procedimento ou para outros procedimentos				X
Controle dos equipamentos da planta	X			