

SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DO REATOR IEA-R1

Paulo Roberto Bueno Monteiro e Iraci Martinez Pereira Gonçalves

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
Av. Lineu Prestes 2.242
05508-900 Butantã, São Paulo, SP, Brasil**RESUMO**

Este trabalho descreve o sistema de aquisição de dados (SAD) do reator nuclear de pesquisas IEA-R1 e as adaptações realizadas para facilitar sua utilização na coleta de dados em experimentos. O SAD foi originalmente projetado para a coleta de dados de operação, porém vinha sendo utilizado também para a coleta de dados em experimentos. Como a interface homem máquina original daquele sistema não foi projetada para utilização em experimentos, os dados coletados tinham que ser modificados antes de sua utilização. Por esta razão foi necessário adaptar o SAD original para que este pudesse ser melhor utilizado em experimentos. Com a implementação desta adaptação o SAD original foi dividido 2 partes: SAD de operação e SAD de experimentos.

Os dados do SAD estão sendo utilizados no desenvolvimento de um programa computacional para monitoração e detecção de falhas, que quando concluído, contribuirá para o aumento da segurança e confiabilidade de operação do reator IEA-R1.

Keywords: data acquisition system, GMDH, IEA-R1 reactor

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve o Sistema de Aquisição de Dados (SAD) do reator nuclear de pesquisas IEA-R1, localizado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), e a sua utilização durante a realização de experimentos. Este sistema foi desenvolvido em parceria com o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) [1] e instalado na sala de controle do reator. A principal finalidade deste sistema é a coleta de dados de interesse para a operação do reator, tais como temperatura, potência nuclear, radiação, posição de barras, etc. Em princípio o SAD não foi desenvolvido para coleta de dados em experimentos, embora viesse sendo utilizado para tal com algumas restrições, principalmente devido ao tipo de "software" utilizado. Por esta razão, tornou-se necessário adaptá-lo, para possibilitar uma melhor utilização durante a realização de experimentos. As adaptações implementadas permitiram instalar, em paralelo com o SAD do reator IEA-R1, um computador portátil do tipo "lap top" equipado com cartão de aquisição de dados da "National Instruments" e com o software "Lab View". Este "software" possibilita o desenvolvimento de telas específicas para cada um dos experimentos, o que facilita a coleta dos dados respectivos. Quando da realização de um experimento, o pesquisador se desloca com seu "lap top" até a sala de controle do reator, executa o acoplamento do mesmo ao SAD, coleta os dados de interesse e retorna com seu computador à sua sala para processar e analisar os dados. Opcionalmente tem-se um computador de mesa ("desk top") instalado próximo ao SAD para realizar o mesmo trabalho do "lap top" caso este não esteja disponível. Neste trabalho, como exemplo, será

apresentada a utilização do SAD no desenvolvimento de um programa computacional para monitoração e detecção de falhas em sensores de processo, atuadores, controladores e demais componentes do reator de pesquisas IEA-R1. O programa computacional em desenvolvimento emprega a técnica de GMDH ("Group Method of Data Handling"), que cria modelos algébricos para caracterização de um sistema através de aproximações polinomiais sucessivas. Para a construção do modelo GMDH, o programa utilizará como base de dados os valores de variáveis de operação selecionadas, coletados e armazenados no "lap top" ou "desk top". Quando concluído, o sistema de monitoração e detecção de falhas contribuirá para o aumento da segurança e confiabilidade da operação do reator IEA-R1, diagnosticando previamente a ocorrência de uma possível falha em um componente do sistema. Também haverá uma melhoria na disponibilidade da operação do reator, porque serão evitadas paradas indesejáveis e as manutenções poderão ser melhor planejadas.

II. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DO REATOR IEA-R1

O Sistema de Aquisição de Dados (SAD) do Reator IEA-R1 pode ser dividido em 2 partes: Sistema de Aquisição de Dados de Operação (SAD de Operação) e Sistema de Aquisição de dados para Experimentos (SAD de Experimentos)

O SAD de Operação, como o próprio nome indica, tem por objetivo monitorar os principais parâmetros de operação do reator. Esta monitoração é feita em

redundância àquela existente nos diversos painéis da sala de controle, porém no SAD de Operação estas informações são apresentadas de maneira concentrada em telas da Interface Homem Máquina (IHM).

O SAD de experimentos, por outro lado, monitora apenas aquelas variáveis de interesse do pesquisador ou seja, apenas aquelas variáveis que são coletadas naquele experimento em particular.

II.1 Descrição do SAD de Operação

Descrição do "Hardware". O "hardware" do SAD de Operação pode ser dividido em 2 partes principais (vide Fig. 1) : A Unidade de Condicionamento e Aquisição de Dados (UCAD) e a Interface Homem Máquina (IHM) de Operação.

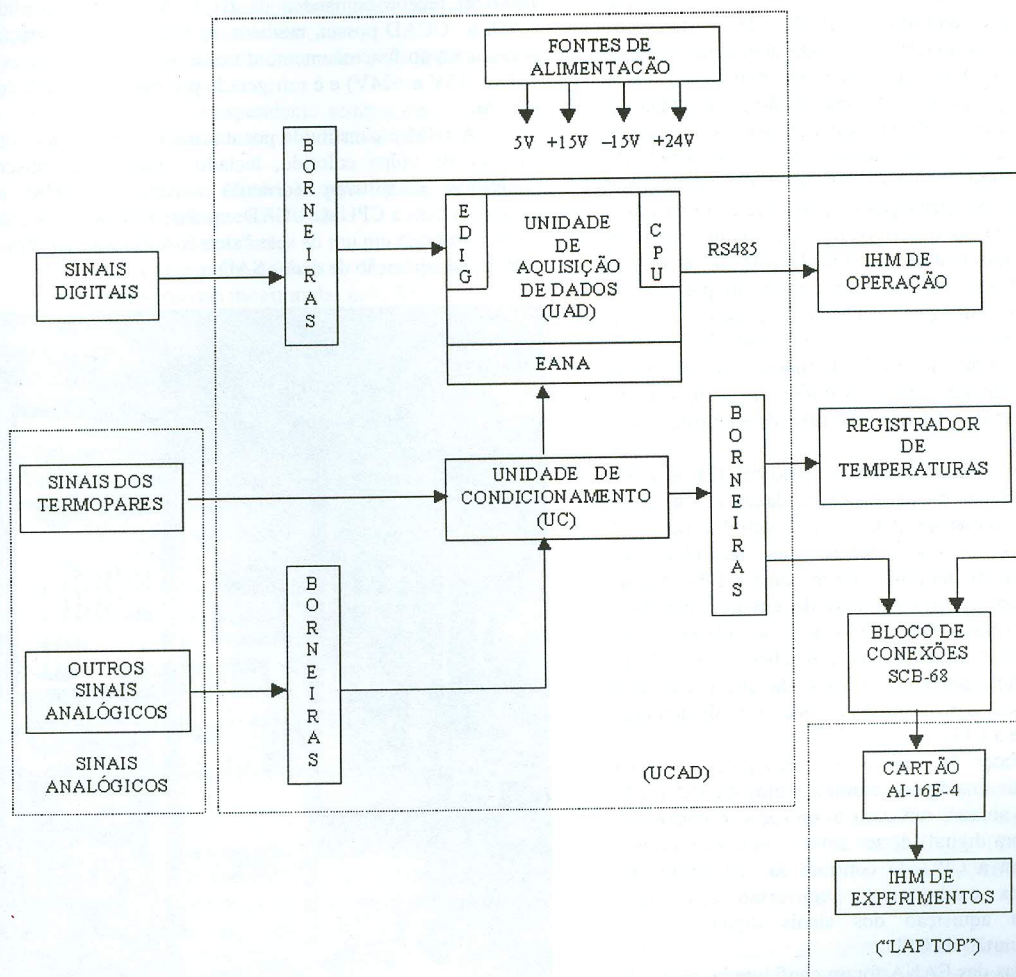


FIGURA 1 – DIAGRAMA DE BLOCOS DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS (SAD) DO REATOR IEA-R1 (OPERAÇÃO E EXPERIMENTOS)

A UCAD recebe todos os sinais provenientes do campo, tanto analógicos como digitais e após processá-los adequadamente, os envia para a IHM. Esta, por sua vez, se encarrega de apresentá-los de forma adequada na tela de um monitor de vídeo.

A UCAD pode ser dividida em 2 partes principais : Unidade de Aquisição de Dados (UAD) e Unidade de Condicionamento (UC). A UC é utilizada apenas pelos

sinais analógicos. Estes, depois de condicionados, são enviados à UAD. Os sinais digitais não passam pela UC e vão diretamente para a UAD. Com exceção dos sinais analógicos provenientes dos termopares, os quais são encaminhados diretamente à UC, os demais sinais, tanto analógicos como digitais, passam antes por borneiras instaladas no painel traseiro da UCAD.

A UC possui 4 conjuntos de condicionadores de sinal [2], cada um com 16 módulos condicionadores,

perfazendo um total de 64 módulos. Portanto, podem ser condicionados os sinais de até 64 variáveis analógicas. Cada módulo condicionador realiza basicamente 2 funções: A primeira delas é isolar o sinal, com a finalidade de bloquear malhas de terra e com isto prover a necessária rejeição de ruído. A isolamento do sinal também evita que qualquer falha catastrófica nos circuitos do SAD afete a fonte emissora daquele sinal. A segunda função é adaptar o sinal que está sendo medido, ao tipo de entrada que o recebe, na UAD. Assim, por exemplo, o sinal de alta impedância e baixa amplitude (mVolts) de um termopar (que mede temperatura) é transformado num sinal de baixa impedância com amplitude compreendida entre 0 e 5V. Um sinal de baixa impedância praticamente não sofre atenuação (ou perda de resolução) ao ser acoplado à UAD e na faixa citada (0 a 5V), é mais conveniente para ser convertido de analógico para digital. Outras funções do condicionador são, por exemplo, compensação de junta fria e linearização, nos condicionadores para termopar. Os módulos utilizados são da série 5B (um padrão mundial) [3], fixados por meio de soquetes a uma placa mãe (com capacidade para até 16 módulos) e alimentados por uma fonte de tensão de 5V. Os 64 sinais condicionados da UC são encaminhados à UAD. Todos os sinais condicionados dos termopares (24 no total), são enviados, também, ao registrador de temperaturas instalado em um dos painéis da sala de controle (vide Fig.1).

A UAD é constituída por 2 bastidores [2] os quais contêm as interfaces de aquisição de dados e a unidade central de processamento (UCP) ou "central processing unit" (CPU) como normalmente tais unidades são conhecidas. Todas as interfaces assim como a CPU, foram implementadas em cartões (placas) de circuito impresso. No primeiro bastidor foram inseridas 4 interfaces de entradas analógicas (EANA) para receber os 64 sinais analógicos condicionados proveniente da UC (cada uma possui 16 entradas) e no segundo as interfaces de entradas digitais (EDIG) e a CPU.

As interfaces de entradas analógicas (EANA) recebem os sinais analógicos condicionados da UC (cada placa recebe 16 sinais), realizam a aquisição e conversão (de analógico para digital) destes sinais e enviam os sinais digitalizados para a CPU. O controle da aquisição dos sinais analógicos e digitais, a conversão dos sinais analógicos e a aquisição dos sinais digitalizados é controlada pelo cartão da CPU.

As entradas das EANA foram configuradas no modo diferencial para sinal em tensão na faixa de 0 a 10V. Em cada placa as 16 entradas são multiplexadas porque existe apenas 1 conversor A/D por placa. Desta forma, a conversão começa na entrada 1 da EANA 1, passa para a entrada 2 e segue até a entrada 16. A seguir passa para a EANA 2 na entrada 1 e segue até a entrada 16. Depois repete a seqüência para as EANAs 3 e 4. A resolução do conversor A/D de cada EANA é de 12 bits.

As EDIG são de 2 tipos: o tipo padrão, apropriado para receber sinais digitais do tipo contato seco, alimentados por +24V (com os níveis lógicos 0 e 1 sendo representados por contato aberto ou contato fechado) e o tipo apropriado para receber sinais digitais em tensão no padrão TTL (basicamente 0V para nível lógico 0, e 5 V

para nível lógico 1). A UAD possui 6 interfaces EDIG do tipo padrão para até 96 entradas digitais do tipo contato seco e 3 EDIG TTL para até 48 sinais lógicos em tensão no padrão TTL.

O cartão da CPU, cujo coração é um microcontrolador 8031, controla a aquisição dos sinais digitais e a aquisição e conversão dos sinais analógicos em sinais digitais, realiza o pré processamento dos dados e os transmite via interface serial padrão RS485 para a IHM. Também recebe comandos da IHM. Além da UC e da UAD, a UCAD possui, também, as fontes de alimentação necessárias ao funcionamento do conjunto (+5V (3 fontes), +15V, -15V e +24V) e é refrigerada por meio de ventilador interno.

A IHM é constituída por um microcomputador com monitor de vídeo colorido, teclado, unidades de disco, impressora e software (descrito adiante). A IHM se comunica com a CPU da UCAD, via interface serial padrão RS485, inserida em um de seus "slots". A Figura 2 mostra o sistema de aquisição de dados SAD.

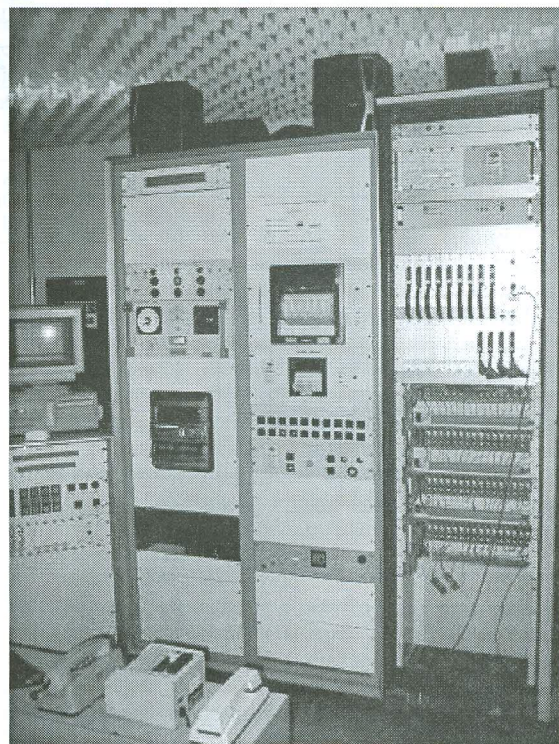


Figura 2. Sistema de Aquisição de Dados - SAD.

Descrição do "Software". Foram desenvolvidos 2 tipos de programas para o SAD do reator IEA-R1 : Um para aquisição de dados e outro para a IHM. O programa de aquisição de dados é um programa escrito em linguagem "assembly" do microcontrolador 8031, residente na memória EPROM da placa da CPU da UAD. Este programa contém todas as instruções necessárias para que a CPU controle a aquisição de todos os sinais (tanto analógicos quanto digitais) e a conversão dos sinais

analogicos em digitais. Contem tambem instruções para que a CPU realize a leitura e o pré processamento dos dados coletados das diversas interfaces (EANA e EDIG) e o envio dos mesmos para a IHM. O programa possibilita, tambem, o recebimento de dados (comandos) da IHM.

O programa da Interface Homem Máquina (IHM) é um programa desenvolvido com o auxilio do "software" de supervisão e controle "Elipse 21", o qual possibilita a criação de telas para visualização do processo monitorado, utilizando linguagem de programação gráfica. Este programa executa as seguintes funções :

- Apresenta as variáveis monitoradas pelo SAD em telas do monitor de video.
- Gera o alarme correspondente sempre que o valor da variável monitorada superar um nível pré selecionado ou "set point".
- Apresenta gráficos históricos para qualquer variável selecionada, desde que solicitado.
- Gera relatórios de operação
- Modifica, se desejado, os fatores de calibração e "set points" das variáveis monitoradas pelo SAD.
- Armazena dados de operação

As telas geradas pelo programa da IHM estão relacionadas aos diversos sistemas do reator IEA-R1 e são as seguintes :

- Sistema de Resfriamento do Reator (3 telas)
- Circuito Secundário de Resfriamento (2 telas)
- Sistema de Monitoração de Radiação (2 telas)
- Sistema de Instrumentação Nuclear (3 telas)
- Sistemas Auxiliares (1 tela)

O programa da IHM só opera com a chave de "hardware" ("Hardkey RunTime"), fornecida pelo fabricante do "elipse 21", instalada na porta paralela da impressora.

A troca de dados entre a IHM e a UAD é obtida por meio de um programa de comunicação, escrito em linguagem C, carregado na parte alta da memória RAM, e que opera por meio de interrupções.

II.2 Descrição do SAD para Experimentos

Descrição do "Hardware". O SAD para experimentos representa uma adaptação do SAD de Operação aos experimentos que monitoram variáveis coletadas pelo próprio SAD de Operação. Antes desta adaptação, os pesquisadores tinham que utilizar a IHM do SAD de operação para realização de seus experimentos, porém a IHM não havia sido projetada com esta finalidade o que dificultava a realização dos mesmos.

O SAD para experimentos coleta os dados condicionados da UC em paralelo com aqueles enviados para as interfaces EANAs da UAD (fig. 1), utilizando conectores disponíveis nas placas mãe dos condicionadores da UC e os encaminha para borneiras situadas no painel lateral da UCAD.

Os sinais digitais por sua vez, podem ser retirados em paralelo com aqueles enviados às EDIG da UAD, diretamente nas borneiras instaladas no painel traseiro da UCAD.

No experimento a ser apresentado como exemplo neste trabalho, só são utilizadas variáveis analógicas. Conforme mostrado na fig. 1, os sinais analógicos

condicionados retirados nas borneiras são encaminhados a um bloco de conexões da "National Instruments" modelo SCB-68. Desta interface, os sinais são encaminhados por cabo blindado (composto por pares de fios torcidos) e por cabo do tipo chato ("flat cable") para a Unidade de Condicionamento e Aquisição de Dados (UCAD) da "National Instruments". Esta unidade é constituída por um cartão de circuito impresso modelo AI-16E-4 [4], projetado para ser instalado no interior de um microcomputador portátil do tipo "lap top". O cartão AI-16E-4 possui 8 canais de entradas analógicas, diferenciais, ou 16 do tipo "single ended" (configuráveis por software), 8 linhas de entrada/saída TTL para sinais digitais, taxa de amostragem de 250 KS/s, conversor analógico digital com 12 bits de resolução, 2 canais de saída analógica também com 12 bits de resolução e 2 contadores/temporizadores do tipo sobe/desce com resolução de 24 bits. No "lap top" é implementada a Interface Homem Máquina (IHM).

Descrição do "Software". O SAD para experimentos utiliza 2 tipos de programas : O de interface com o cartão AI-16E-4 e o da IHM. O programa de interface com o cartão AI-16E-4 está incluído no pacote de "software" conhecido como NI-DAC e é fornecido pela "National Instruments" junto com o cartão.

O programa da IHM, específico para o experimento apresentado neste trabalho, será desenvolvido com o auxilio do "software" "LabVIEW" [4].

O "software" "LabVIEW" ("Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench") constitui um ambiente de desenvolvimento de "software" baseado em linguagem de programação gráfica. Ele utiliza símbolos gráficos no lugar de linguagem em forma de texto para descrever as ações a serem programadas. Os programas podem ser rapidamente modificados para atender as exigências de cada experimento em particular. É fornecido pela "National Instruments".

III. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO PARA DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA MONITORAÇÃO E DETECÇÃO DE FALHAS EM COMPONENTES DO REATOR IEA-R1

Os dados do SAD estão sendo utilizados no desenvolvimento de um programa computacional para monitoração e detecção de falhas em sensores de processo, atuadores, controladores e demais componentes de um sistema. O programa computacional desenvolvido emprega a técnica GMDH (Group Method of Data Handling) [5]. O programa será desenvolvido para aplicação no Reator de Pesquisa IEAR1 do IPEN.

O conjunto de dados de 2000 foi utilizado para construir o primeiro modelo do reator IEAR1 utilizando a técnica de GMDH. O modelo foi construído usando-se dados da semana de operação de 7 de Agosto de 2000. Para o início do desenvolvimento do algoritmo de monitoração, foi feita a previsão da variável taxa de dose do reator de pesquisas IEAR1, em função das seguintes variáveis: potência nuclear e posição de barra. O algoritmo de

monitoração foi então utilizados para os dados das semanas de operação subsequentes, começando em 11 de Setembro até 2 de Outubro de 2000. O método GMDH foi aplicado a estes dados experimentais, predizendo a taxa de dose do reator durante o período de operação estacionário. A cada minuto de aquisição de dados, o modelo GMDH calculava o valor de dose previsto, usando os valores de potência nuclear e posição de barra. Os erros encontrados foram da ordem de 6%, mostrando que a metodologia é adequada para predição de taxa de dose [6].

A Figura 3 mostra o resultado do modelo para a predição da taxa de dose utilizando as variáveis potência nuclear e posição de barras.

O próximo passo foi uma ampliação do modelo existente, com a inclusão da variável temperatura para o cálculo da taxa de dose. O modelo utilizava inicialmente as

variáveis potência nuclear e posição de barra para calcular a taxa de dose. Com a inclusão dos dados de temperatura, o modelo foi ampliado para calcular a taxa de dose de três maneiras diferentes, utilizando as três possíveis combinações das variáveis: potência nuclear, posição de barra e temperatura. Os resultados obtidos mostraram que os erros entre os valores preditos são diferentes quando se usa diferentes variáveis para prever a taxa de dose. A predição de taxa de dose usando posição de barra e potência nuclear resultou em um erro da ordem de 6%; a predição da taxa de dose usando posição de barra e temperatura resultou num erro da ordem de 2%, e finalmente a predição da taxa de dose usando temperatura e potência nuclear resultou num erro da ordem de 0,15%. A Figura 4 mostra esses resultados.

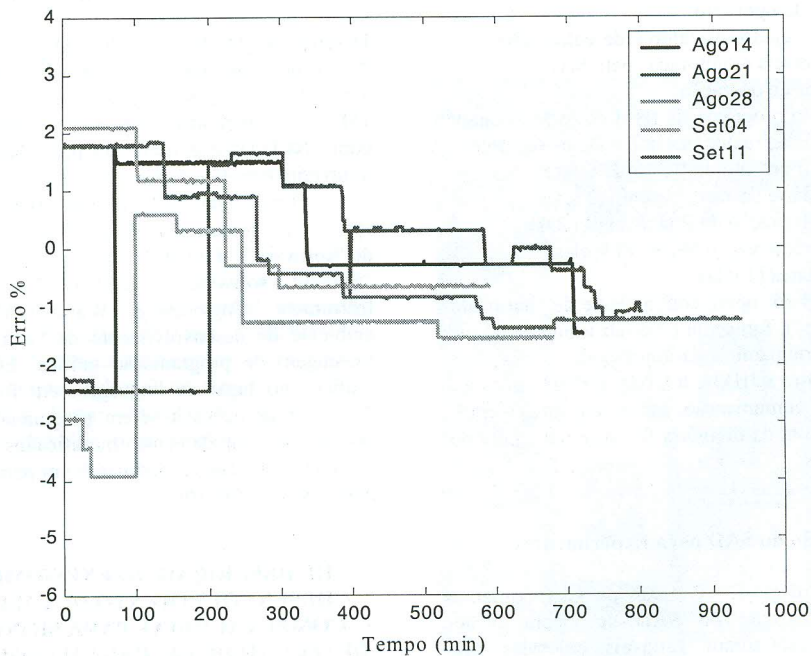


Figura 3. Erro percentual entre os valores de taxa de dose medidos e previstos pelo modelo GMDH.

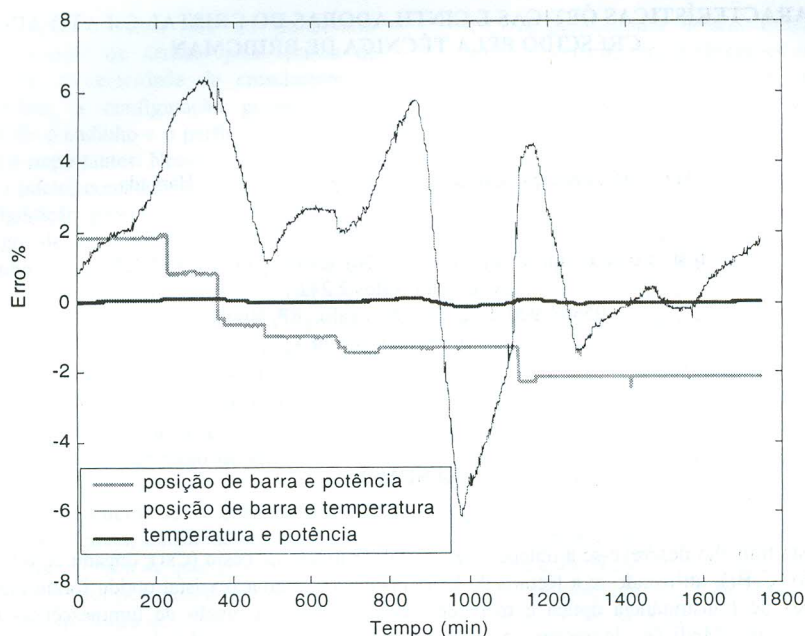


Figura 4. Erro percentual entre os valores de taxa de dose medidos e previstos pelo modelo GMDH utilizando as diferentes combinações de variáveis.

REFERÊNCIAS

- [1] Monteiro P. R. B., Coragem, H. B., **Proposta de Sistema de Aquisição de Dados para o Reator IEA-R1**, Relatório Técnico RP230040S140443, CTMSP, Abril 1993
- [2] Tanomaru N., Hiromoto M. Y. C., **Manual de Instalação e Operação do SAD IEA-R1** n°R22.10-3121-HO-01/00, CTMSP, Julho 1998
- [3] Advantech, PLCD – 5B16 5B Module Carrier Board User's Manual, Novembro 1991
- [4] National Instruments, The Measurement and Automation Catalog 2002, p. 67-100 e p. 243-244
- [5] Ferreira, P. B. and Upadhyaya, B. R., **Incipient Fault Detection and Isolation of Sensors and Field Devices**, Research Report, University of Tennessee, UTNE/BRU/99-02, December 1999.
- [6] Upadhyaya, B. R., Gonçalves, I. M. P., **Detection and Isolation of Multiple Faults in Nuclear Plant Systems**, 2000 ANS American Nuclear Society Annual Meeting, San Diego, California, June 4-8, 2000.

ABSTRACT

This work describes the nuclear research reactor IEA-R1 data acquisition system (DAS) and the modifications performed in order to improve the data collection performance during experiments. This system, originally designed for the operation data collection, was also being used for data collection in experiments. As the original DAS human machine interface was not designed for experiments, the acquired data had to be modified before utilization. For this reason, it was necessary to adapt the original DAS for matching its use in experiments. With this adaptation, the original DAS was divided in two parts: DAS for reactor operation and DAS for experiments.

The DAS data have been used for the development of a monitoring and fault detection computational program. When finish, this program will improve safety and reliability of the IEA-R1 reactor operation.