

# SISTEMA COMPUTADORIZADO DE GERENCIAMENTO DOS EFLUENTES RADIOATIVOS GERADOS PELAS INSTALAÇÕES DO IPEN-CNEN/SP

Marcelo F. Máduar

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP  
Caixa Postal 11049  
05422-970, São Paulo, Brasil

## RESUMO

Como resultado da operação normal das instalações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, são gerados efluentes radioativos líquidos e gasosos. Para que a descarga desses efluentes no ambiente seja feita de acordo com normas de proteção radiológica, foi estabelecido um Programa de Controle de Efluentes. A quantificação dos radionuclídeos presentes é feita por meio de análises radiométricas em amostra representativa do lote inteiro, após o que é tomada a decisão de se autorizar sua descarga ou de seu encaminhamento como rejeito radioativo. Com o objetivo de otimizar o processo, foi desenvolvido um sistema computadorizado que contempla as diversas etapas da gestão de efluentes. Entre outras funções, o sistema implementa: 1) a recuperação on line dos resultados de medidas das amostras e dos parâmetros de descarga do efluente; 2) a geração de diversos padrões de relatórios; 3) A geração do termo-fonte das instalações. As diversas funções são integradas por uma interface gráfica amigável. O banco de dados do sistema foi desenvolvido em Access. A interface foi desenvolvida em Visual Basic, utilizando-se técnicas para integrar à mesma códigos comerciais de aquisição de dados e análise radiométrica.

## I. INTRODUÇÃO

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, como resultado da operação de suas instalações, gera efluentes radioativos líquidos e gasosos, cuja gestão é regulamentada por normas pertinentes [1,2]. Em trabalho anterior [3], foi descrito um sistema de banco de dados desenvolvido e implantado no Departamento de Radioproteção Ambiental do IPEN, para o suporte ao inventário de radionuclídeos e fornecendo ferramentas para a recuperação de dados na forma de relatórios. Desde então, novos conceitos e recursos no campo da informática tornaram-se disponíveis, tanto de forma geral como no contexto do IPEN, principalmente no tocante a acesso a bancos de dados remotos via rede de dados e à introdução e generalização do uso de interfaces visuais.

Neste trabalho, são descritos os desenvolvimentos mais recentes realizados no sistema informatizado de gerenciamento dos efluentes.

## II. CONTROLE DOS EFLUENTES

A fim de controlar a descarga de material radioativo para o meio ambiente resultante do funcionamento das instalações nucleares e radioativas do IPEN, um programa de controle de efluentes e de monitoração ambiental foi estabelecido em escala de rotina. O programa de controle de

efluentes radioativos líquidos e gasosos, cujo caráter é preventivo, é realizado medindo-se a atividade dos radionuclídeos presentes nos efluentes (termo-fonte) por meio da espectrometria gama e análise por ativação com nêutrons. Os resultados obtidos são comparados com os limites de descarga adotados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear [2], quando então é autorizada a sua liberação

**Efluentes Líquidos.** Os efluentes líquidos gerados na maioria destas instalações são estocados e controlados nos seus respectivos tanques de retenção. As instalações ou laboratórios que não possuem seus próprios tanques de retenção armazenam o efluente líquido em recipientes de polietileno.

Os efluentes gerados são amostrados, após homogeneização, e enviados ao Departamento de Radioproteção Ambiental do IPEN para análise. A frequência de amostragem é determinada pelo supervisor de proteção radiológica da instalação.

O volume amostrado (1L) é analisado por espectrometria gama por meio de um detector semicondutor hiperpuro (HPGe) com eficiência de 25%, acoplado a um analisador multicanal de 4096 canais. Para as amostras que contém urânio e tório natural faz-se uma análise específica para a determinação da concentração destes radionuclídeos por meio de ativação com nêutrons seguida de espectrometria gama.

Após a determinação da concentração dos radionuclídeos presentes na alíquota amostrada, o resultado é corrigido para o volume total do efluente armazenado. Nesta etapa é feita a comparação do valor encontrado com o limite de descarga diário adotado pelo IPEN que corresponde a um dos sugeridos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear [2], quando então é tomada a decisão de liberação única ou fracionada. Quando em vista dos limites adotados o efluente não pode ser liberado, o mesmo é enviado ao Departamento de Rejeitos Radioativos do IPEN.

**Efluentes Gasosos.** A monitoração dos efluentes gasosos e aerossóis gerados pelas instalações do IPEN é feita por meio de uma chaminé, localizada em cada uma das instalações, após passagem por um sistema de tratamento (acerto de pH e filtragem) e por um sistema de controle que consiste na monitoração do ar antes da descarga dos efluentes para o meio ambiente.

A monitoração do ar é feita por meio de filtros acoplados a um sistema de amostragem de ar posicionados após o sistema de filtros absolutos e de carvão ativo existentes no sistema de exaustão da instalação.

O sistema de amostragem é constituído por um filtro para aerossol e dois filtros em série de carvão ativo para gases ou vapores. O segundo filtro de carvão serve para controlar a eficiência de retenção do primeiro. Após a amostragem, os filtros são analisados por espectrometria gama.

A atividade liberada é obtida multiplicando-se a atividade medida no filtro pela relação entre o fluxo de ar na chaminé e fluxo de ar no duto de amostragem.

### III. ANÁLISE RADIOMÉTRICA

**Espectrometria Gama.** O Departamento de Radioproteção Ambiental adquiriu um conjunto de códigos comerciais para análise radiométrica por espectrometria gama, incluindo o Maestro for Windows [4], para aquisição de dados gerados por detectores semicondutores de radiação gama e eletrônica associada, e o OMNIGAM [5], para identificação e quantificação dos radionuclídeos a partir dos espectros e com o uso de curvas de calibração desenvolvidas pelo usuário.

Os espectros e dados de calibração são gerados na forma de arquivos em formatos proprietários com estrutura interna documentada, o que permite a construção de interface para a recuperação dos dados contidos em tais arquivos. O sistema desenvolvido permite a visualização de curvas de eficiência, largura do pico e do espectro analisado e respectivos picos.

**Curvas de eficiência.** A determinação da atividade gama é feita com a preparação das amostras em geometrias de contagem, para as quais foram definidas previamente curvas de calibração de eficiência de contagem em função da energia da radiação gama [6].

O sistema contempla a aplicação das diversas curvas de eficiência referentes às geometrias de contagem, que, juntamente com os parâmetros referentes a uma particular amostra sendo analisada (massa ou volume, geometria

usada, data e horário de coleta para correção de decaimento), associados a bancos de dados de transições gama, permitem a rápida quantificação dos radionuclídeos eventualmente presentes.

A figura 1 mostra a tela da interface com uma curva de calibração de eficiência em função da energia gama.

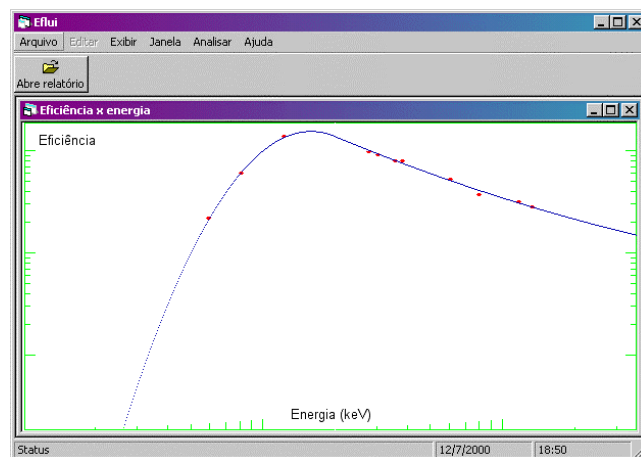


Figura 1. Calibração eficiência vs. energia gama

Estão disponíveis atualmente calibrações em eficiência para as seguintes geometrias:

- efluentes líquidos: frascos de secção retangular com capacidade de 850 mL, frascos plásticos cilíndricos com 100 mL e frascos de vidro (do tipo usado para medicamentos) com 100 mL;
- resíduos sólidos: frascos plásticos de 100 mL e de 20 mL (do tipo usado para filmes fotográficos);
- filtros para amostragem de ar: filtros de fibra com 50 mm de diâmetro e cartuchos com carvão ativo de 50 mm de diâmetro e 20 mm de espessura.

**Calibração de energia.** Um sistema de espectrometria gama demanda uma calibração periódica para a obtenção da relação energia vs. canal, bem como da relação entre a largura do pico à meia altura (FWHM) e a energia.

A figura 2 mostra a curva de calibração de largura e a respectiva faixa de tolerância como critério de aceitabilidade do pico. Os pontos são os valores de FWHM dos picos identificados em um particular espectro gama.

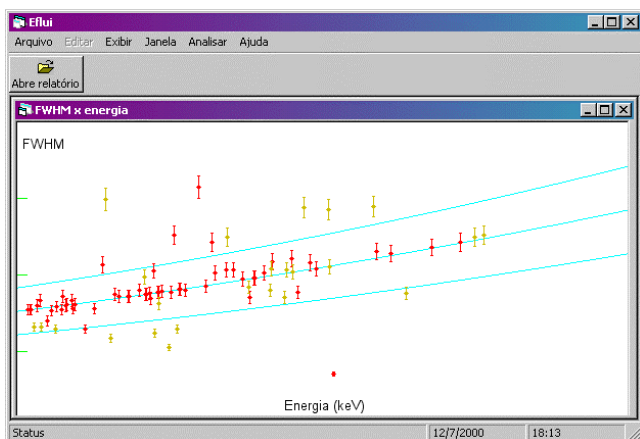


Figura 2. Calibração FWHM vs. energia gama

A figura 3 mostra um trecho de um espectro com alguns picos identificados, bem como a curvas ajustadas aos mesmos para o cálculo da área líquida.

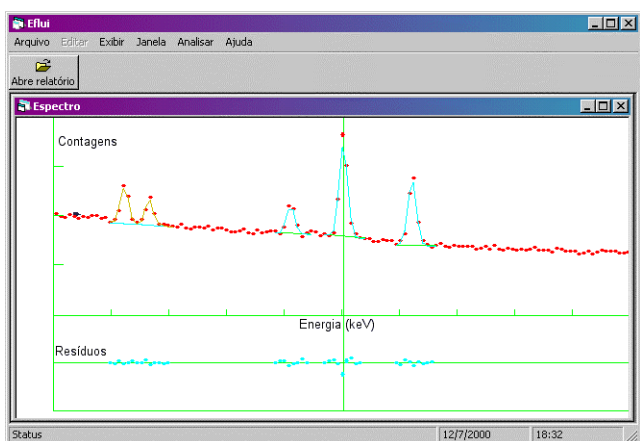


Figura 3. Picos em um espectro gama

**Qualidade.** Os resultados de análise radiométrica obtidos têm sido avaliados pela participação do laboratório no Programa Nacional de Intercomparação de Resultados de Análise de Radionuclídeos em Amostras Ambientais, PNI, coordenado pelo Instituto de Radioproteção e Dosimetria, IRD, tendo sido obtido elevado grau de concordância dos resultados com os valores de referência.

#### IV. TERMO FONTE

O termo fonte de uma instalação é definido como sendo a atividade do material radioativo liberado pela mesma para o meio ambiente, discriminado por radionuclídeo e por via de liberação. Este dado é, portanto, fundamental para a avaliação da dose no indivíduo do público, quando associado a modelos de dispersão de poluentes no ambiente e sendo conhecidos os parâmetros do cenário de dispersão local. Tal avaliação vem sendo realizada no âmbito deste Departamento, sendo os

resultados consolidados em publicações [7,8,9]. O sistema apresentado consolida os dados de liberação em bancos de dados e permite sua recuperação segundo a necessidade do usuário, seja na forma de arquivos texto padrão para uso em códigos para a avaliação de dose, seja na forma de transações on line, para a obtenção imediata da atividade em dada amostra analisada e a comparação com os limites de descarga.

#### IV. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

**Plataforma.** O sistema foi desenvolvido para uso em computadores PC com Windows 95 ou superior. O banco de dados está codificado no formato MS-Access 97 e a interface gráfica foi desenvolvida em Visual Basic 5.

**Acesso remoto.** Todo os processos de recuperação de dados (visualização e processamento de espectros, relatórios on line) podem ser feito remotamente via rede padrão de comunicação de dados. O sistema permite a rápida configuração, por meio de formulários integrados à interface, dos caminhos padrões para as fontes de dados.

#### V. CONCLUSÃO

O sistema de gerenciamento descrito tem sido utilizado no Departamento de Radioproteção Ambiental em escala rotineira. O projeto, no entanto, está em constante processo de atualização, de forma a adequá-lo às necessidades dos usuários. Para conciliar o uso rotineiro com a dinâmica da manutenção e inclusão de novas características, a organização estruturada, bem como a adequada documentação, são fundamentais.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Comissão Nacional de Energia Nuclear, **Diretrizes Básicas de Radioproteção**, Rio de Janeiro, 1988. (CNEN-NE-3.01-88)
- [2] Comissão Nacional de Energia Nuclear, **Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radioativas**, Rio de Janeiro, 1988. (CNEN-NE-6.05-85)
- [3] Máduar, M.F., **Sistema de banco de dados para o controle de efluentes radioativos gerados pelas instalações do IPEN-CNEN/SP**, IV Congresso Geral de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, 1992.
- [4] EG&G ORTEC, **MAESTRO for Windows 4.0 software manual**, Oak Ridge, Tenn., 1997.
- [5] EG&G ORTEC, **OMNIGAM Gamma-ray spectrum analysis B30-BI software manual**, Oak Ridge, Tenn., 1989.

[6] **Espectrometria gama: calibração em eficiência.**  
Procedimento IPEN-PR-079, 1990. (Divulgação interna)

[7] Jacomino, V.M.F., Máduar, M.F., Bellintani, S.A., Mazzilli, B.P., **Avaliação Radiossanitária do Meio Aquático sob influência do IPEN-CNEN/SP**, VI Congresso Geral de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, 1996.

[8] Gordon, A.M.P.L.; Jacomino, V.M.F.; Sordi, G.M.A.A., **Estimativa das doses na população causadas pela liberação de efluentes gasosos por uma instalação de produção de radioisótopos**, Publicação IPEN, São Paulo, 1990. (IPEN-Pub-305).

[9] Jacomino, V.M.F.; Máduar, M.F.; Hiromoto, G.; Gordon, A.M.P.L.; Venturini, L.; Santos, A.J.G., **Monitoring of radioactive liquid effluents generated at Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares and environmental behaviour of radionuclides in the ecosystem of Pinheiros River**, Proceedings of the 8th International Congress of the International Radiation Protection Association, Montréal, Canada, 1992.

#### **ABSTRACT**

As a result of the normal operation of the IPEN-CNEN/SP facilities, liquids, gaseous and airborne effluents are generated. In order to control the effluent discharges to the environment according to radiological protection standards, a radioactive effluents monitoring program was established on a routine basis. This program is carried out by measuring the activity of the radionuclides present in the effluent samples representative of the effluent batch, allowing one to take a decision about the effluent, either to authorize its discharge, or its treatment as a radioactive reject. In order to optimize this process, it was developed a computerized system to implement the various steps of the effluent management. Among others features, this system implements: 1) on line retrieval of analyses results and effluent discharge parameters; 2) a variety of report standards; 3) generation of the facilities source-term. All these features are integrated through a friendly graphical interface. The system database was developed in MS-Access. The visual interface was developed in MS-Visual Basic, by using techniques to integrate to it commercial codes for data acquisition and radiometric analyses.