



Desenvolvimento de um sistema computacional para gerenciamento de dados de monitoração *in vivo* de radionuclídeos no corpo humano

A. A. Reis^a; E. A. Lucena^a; A. L. A. Dantas^a; B. M. Dantas^a

^a Divisão de Dosimetria, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, CEP:22783-127, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

arlene@ird.gov.br

RESUMO

O gerenciamento do processo de monitoração *in vivo* da contaminação interna por radionuclídeos em seres humanos requer uma série de etapas que incluem desde a aquisição do espectro até a emissão de relatórios. A análise de espectro consiste na identificação e na quantificação dos materiais radioativos presentes em órgãos e tecidos do corpo do indivíduo submetido a procedimentos de monitoração. A Unidade de Contador de Corpo Inteiro do Instituto de Radioproteção e Dosimetria realiza medições *in vivo* de radionuclídeos emissores de fótons na faixa de energia de 10 a 3000 keV, utilizando detectores de cintilação tipo NaI(Tl) 8"x4" e 3"x3" bem como detectores semicondutores tipo HPGe. O programa SIGMIV (Sistema para Gerenciamento de Monitoração In vivo), desenvolvido em MS Visual Basic 2010, acessa o espectro depois que este é convertido em uma planilha EXCEL. Este programa utiliza um banco de dados, desenvolvido em MS-Access, para armazenar informações associadas a cada medição, como contagem e parâmetros de calibração. SIGMIV gera um relatório contendo informações pessoais, atividade e os radionuclídeos de interesse presentes no corpo, associados com respectivas incertezas e atividade mínima detectável. O programa SIGMIV otimizou os procedimentos de monitoração "*in vivo*", demonstrando ser flexível, confiável e de fácil manipulação, constituindo-se numa ferramenta importante para o desenvolvimento da rotina no Laboratório de Monitoração *in Vivo* do IRD.

Palavras-chave: monitoração *in vivo*, sistema, relatório.

1. INTRODUÇÃO

Pessoas expostas a fontes de radiação não seladas, sejam trabalhadores ocupacionalmente expostos ou indivíduos do público em situações de acidentes, estão sujeitas à incorporação de radionuclídeos. As principais vias de incorporação de radionuclídeos são inalação, ingestão e absorção através da pele e de ferimentos. Uma vez incorporado pelo organismo, o material radioativo irá se depositar nos órgãos de acordo com sua afinidade química pelos tecidos e, posteriormente, será excretado, principalmente, via fezes e urina. Indivíduos potencialmente expostos internamente a radionuclídeos devem ser monitorados a fim de garantir que a atividade radioativa presente em seus organismos esteja dentro dos limites aceitáveis previstos em norma [1, 2]. Quando a monitoração interna ocorre através de medições diretas no corpo do indivíduo exposto, a mesma é denominada “monitoração *in vivo*”, cuja medição é realizada em unidade genericamente conhecida como Contador de Corpo Inteiro (UCCI).

O gerenciamento de um serviço de monitoração *in vivo*, para avaliação da contaminação interna por radionuclídeos em seres humanos, requer diversas etapas que incluem a aquisição e a interpretação do espectro, a manutenção de um banco de dados que contenha informações sobre o indivíduo monitorado e os parâmetros relacionados com a medição, bem como a emissão de relatório com o resultado da monitoração.

O Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) possui um serviço de monitoração *in vivo* que utiliza detectores NaI(Tl) e HPGe para realizar medição de atividade de radionuclídeos emissores de fótons, com energia de 10 a 3000 keV, internamente depositados no corpo humano [3]. A aquisição dos dados da medição realizada em um indivíduo submetido aos procedimentos de monitoração *in vivo* é feita pelo programa Canberra GENIE 2000, que gera um espectro relacionando o canal com a energia do fóton. Uma vez obtido o espectro, sua interpretação inclui o cálculo da atividade incorporada, a emissão de um relatório com o resultado da monitoração e o registro em um banco de dados de todas as informações do indivíduo monitorado, dos parâmetros que descrevem as condições da medição e dos resultados dos cálculos.

O SIGMIV (Sistema para Gerenciamento de Monitorações in Vivo) é um programa computacional desenvolvido para ser utilizado na rotina do Laboratório de Monitoração In Vivo (LABMIV) do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD). O programa calcula a atividade presente no corpo do indivíduo monitorado e gera um relatório com o resultado da monitoração.

SIGMIV utiliza informações sobre o indivíduo monitorado e sobre parâmetros da medição. Após o espectro ter sido gerado, este deve ser convertido em uma planilha de excel, de onde se obtém as informações sobre a medição. Na etapa seguinte, calcula-se a atividade presente no corpo do indivíduo, a incerteza associada ao cálculo e a atividade mínima detectável (AMD). Os resultados são registrados no banco de dados e gera-se um relatório da monitoração.

A principal motivação para o desenvolvimento do SIGMIV foi obter um sistema computacional, através do qual as informações contidas no espectro gerado pelo programa Canberra GENIE 2000 fossem acessadas automaticamente. O sistema computacional utilizado anteriormente no LABMIV havia sido desenvolvido na década de 90 em linguagem Turbo Basic e rodava em ambiente MS-DOS. Isto representava uma dificuldade devido ao aperfeiçoamento dos computadores pessoais.

Na metodologia atual, o espectro gerado pelo sistema Genie 2000 no formato “.chn” é convertido em uma planilha MS-Excel, que posteriormente é acessada pelo SIGMIV, sem a necessidade da interferência do usuário.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O programa SIGMIV foi desenvolvido na linguagem de programação Visual Basic utilizando-se o pacote Microsoft Visual Studio 2010. O Visual Basic é uma linguagem de programação baseada em eventos e possui um ambiente de desenvolvimento totalmente gráfico [4, 5]. Este tipo de linguagem permite a elaboração de interfaces de fácil manipulação para o usuário.

As interfaces do SIGMIV acessam um banco de dados, desenvolvido em Microsoft Access 2010, para inserir, atualizar ou fazer busca de dados registrados. O banco de dados possui seis tabelas. A tabela “Dados do Indivíduo” contém informações pessoais como nome, CPF, endereço, data de nascimento, local de trabalho, função e o código do indivíduo. Este código é composto por três letras e é gerado pelo programa sempre que um novo indivíduo é cadastrado no banco de

dados. Por ser único para cada indivíduo, o código de letras é usado para fazer o relacionamento das informações registradas no banco de dados.

Na tabela “Dados da Medição” são registrados os parâmetros da medida, tais como, data, detector, geometria de medição, peso e altura do indivíduo, radionuclídeos a serem avaliados e o código da medida, formado pelo código do indivíduo acrescido de um número, composto de dois algarismos, que representa a sequência crescente de medições realizadas no referido indivíduo. O código da medida também é único para cada medição realizada.

Os resultados do cálculo de atividade, incerteza e Atividade Mínima Detectável (AMD) são registrados na tabela “Dados da Atividade”. Os dados registrados nessas três tabelas estão relacionados pelo código do indivíduo e pelo código da medida. A tabela dados do radionuclídeo contém informações dos radionuclídeos para os quais os sistemas de medição do LABMIV estão calibrados, a saber: energia, intensidade dos fótons emitidos e canal do fotopico.

A tabela “Dados da Calibração” contém as informações referentes a cada sistema de medição, como fator de calibração e curva de eficiência.

A última tabela, denominada “Dados do Relatório”, registra informações referentes a data e medições contidas em cada relatório gerado. Como o programa permite gerar um relatório com dados de mais de uma medição, tornou-se necessário criar um código para cada relatório gerado. Este código, proposto pelo programa, é formado pelo código do indivíduo seguido pelo ano em que o relatório foi gerado e um número sequencial dos relatórios gerados para aquele indivíduo no corrente ano. Este código, unívoco, permite identificar cada relatório gerado, como recomenda a norma [6].

Para calcular a atividade dos radionuclídeos presentes no corpo de um indivíduo monitorado, é necessário obter as informações do espectro gerado pelo programa GENE 2000, que é um arquivo com extensão “.chn”. Para que o SIGMIV acesse as informações contidas no espectro, este arquivo é convertido em uma planilha de excel, no formato “.xls” ou “.xlsx”, contendo os 1024 canais correspondentes a valores de energia com as respectivas contagens obtidas em cada canal. O nome do arquivo excel deve ser, obrigatoriamente, o código da medida.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

International Joint Conference RADIO 2014

Gramado, RS, Brazil, August 26-29, 2014

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA - SBPR

Figura 2: Formulário para inserção de dados referentes à monitoração

Dados da Monitoração

Código do Indivíduo XXX Nome Limpar

Carregar Medições

Realizadas Última Atual Data

Detector Geometria Altura (m) Peso (kg)

Tipo de Medição Código do Espectro

Observação

Selecionar Radionuclídeos

<input type="checkbox"/> PFA	<input type="checkbox"/> Th-232	<input type="checkbox"/> Hg-203	<input type="checkbox"/> Eu-152
<input type="checkbox"/> Zn-65	<input type="checkbox"/> Ra-226	<input type="checkbox"/> Cs-137	<input type="checkbox"/> F-18
<input type="checkbox"/> I-123	<input type="checkbox"/> U-235	<input type="checkbox"/> Mn-54	<input type="checkbox"/> Referencia
<input type="checkbox"/> I-125	<input type="checkbox"/> U-238	<input type="checkbox"/> Co-60	
<input type="checkbox"/> I-131	<input type="checkbox"/> Am-241	<input type="checkbox"/> Y-88	

Registrar Calcular Atividade Sair

O formulário “Dados da Monitoração” é preenchido com as informações referentes à monitoração. Essas informações são registradas no banco de dados e, posteriormente, utilizadas para fazer o cálculo da atividade de radionuclídeos presentes no corpo do indivíduo monitorado. Para o registro único dos dados da monitoração, este formulário cria o código da medida, que é composto pelo código do indivíduo (três letras) e o número sequencial de monitorações às quais o indivíduo foi submetido (dois algarismos).

Figura 3: Formulário para selecionar monitorações realizadas e calcular atividade

Cálculo da Atividade

Código da Medida Limpar

Código da Medição Selecionada

Nome

Empresa

Setor

Data da Medição

Espectro

Detector

Geometria

Radionuclídeo	Atividade (Bq)	Incerteza (Bq)	MDA (Bq)

Calcular Relatório Sair

No formulário “Cálculo da Atividade” é necessário selecionar o código da medida para a qual a atividade será calculada. Uma vez que a medição foi selecionada, o programa acessa uma planilha excel cujo nome é o próprio código da medida da qual o espectro foi gerado. Esta planilha contém as informações do espectro e as contagens em cada canal associado a um valor de energia. Caso o detector utilizado para a medição seja o NaI(Tl), apenas um espectro é gerado. Caso seja usado o detector HPGe, quatro espectros são gerados correspondendo à combinação dos quatro detectores que são utilizados para realizar a medição. Quando o código da medida é selecionado, o programa verifica quantos espectros existem para o respectivo código. Caso existam quatro espectros, estes são somados e uma nova planilha é criada. Assim, o botão “Calcular” fica habilitado para realizar os cálculos de atividade. Os resultados da atividade calculada, incerteza e AMD (Atividade Mínima Detectável) são apresentados em unidades de becquerel (Bq) e registrados no banco de dados.

A opção seguinte, denominada “Relatório”, disponibiliza dois formulários: um para gerar relatórios e outro para buscar relatórios gerados previamente. Os relatórios gerados contêm informações pessoais sobre o indivíduo e parâmetros da medição, como data, detector, geometria de medição, radionuclídeos investigados e os resultados dos cálculos de atividade, incerteza e AMD. Se o valor da atividade calculada é menor do que AMD, a notação “< AMD” é apresentada como resultado da medição, porém o valor calculado da atividade é registrado no banco de dados.

A última opção é chamada “Atualizações”. Esta apresenta um formulário para inserir radionuclídeos de interesse no banco de dados. É necessário registrar os parâmetros como tipo de detector, parâmetros de calibração e geometria de medição, conforme pode ser observado na Figura 4.

Como os dados a serem registrados necessitam estar em um formato padronizado, a inserção de outros radionuclídeos no banco de dados pode se tornar uma tarefa complexa. A Figura 4 apresenta o formulário para inserção e mostra os dados do ^{137}Cs como exemplo.

Figura 4: Formulário para inserir radionuclídeos de interesse no banco de dados.

Dados para inserir novos radionuclídeos no banco de dados

As informações inseridas neste formulário serão registradas no banco de dados e utilizadas para cálculo de atividade. O preenchimento de todos os campos é obrigatório.

DADOS	EXEMPLO	INSERIR NOVO
Radionuclídeo	Cs-137	
Energia_1 (keV)	661.60	
Emissão gama_1	0.8600	
Canal Inicial_1	179	
Canal Final_1	241	
Canal Fotopico_1	243	
Energia_2 (keV)	-	
Emissão gama_2	-	
Canal Inicial_2	-	
Canal Final_2	-	
Canal Fotopico_2	-	
Bg Masculino	4790	
Bg Feminino	4933	
Tempo BG (min)	30	

Para os radionuclídeos cujo espectro apresenta apenas um pico, preencher os campos relativos ao segundo pico com um traço conforme o exemplo do Cs. Não colocar o algarismo zero.

SELECIONAR SISTEMA DE MEDIÇÃO
 DETECTOR ▾ GEOMETRIA ▾

SELECIONAR CALIBRAÇÃO
 FC FC x ECT Curva de Eficiência

Fator de Calibração
 FC
 SD

FC X ECT
 a
 b
 SD 1% de FC

Constantes da Curva de Eficiência
 a = 0.004222 b = - 0.000759

INSERIR NO BANCO DE DADOS

4. CONCLUSÕES

O programa SIGMIV foi desenvolvido para minimizar a possibilidade de ocorrência de erros operacionais. Este trabalho descreve a versão 1.0, que atualmente está sendo utilizada na rotina do LABMIV e tem demonstrado ser uma ferramenta confiável e de fácil utilização, o que otimizou e proporcionou maior confiabilidade ao processo de cálculo de atividade e geração de relatórios de monitoração emitidos pelo Laboratório de Monitoração *In Vivo* do IRD.

REFERÊNCIAS

1. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Norma CNEN-NN-3.01. *Diretrizes Básicas De Proteção Radiológica*, 2011.
2. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Norma CNEN-NE - 3.02. *Serviços de Radioproteção*, 1988.

International Joint Conference RADIO 2014
 Gramado, RS, Brazil, August 26-29, 2014

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA - SBPR

3. Dantas, B.M. Bases para a calibração de contadores de corpo inteiro utilizando simuladores físicos antropomórficos. Tese de Doutorado em Biologia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 1998.
4. Halvorson M. Microsoft: Visual Basic 2010 – Passo a passo. Bookman, 2011.
5. Petroustos E. Mastering Visual Basic 2010, Wiley Publishing, Indiana, 2010.
6. ABNT NBR ISSO/IEC 17025. Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. ABNT, 2005.