

SOFTWARE INTEGRADO PARA ANÁLISE DE CONTAMINAÇÃO RADIOATIVA EM AMOSTRAS AMBIENTAIS

Cristiano Maciel¹, Angelo Passaro²

¹Universidade Braz Cubas, Mogi das Cruzes - SP, cristianomaciel@msn.com

²Instituto de Estudos Avançados / Departamento de Física Aplicada, São José dos Campos - SP, angelo@ieav.cta.br

Resumo- Este trabalho apresenta o Software Integrado para Análise de Contaminação Radioativa em Amostras Ambientais (SIACRA). O SIACRA é um programa de auxílio às análises de concentração de urânio em meio líquido com uso do detector de Iodeto de Sódio dopado com Tálcio (NaI(Tl)) e o detector de germânio altamente puro (*High-Pure Germanium*) (HPGe); avaliação de atividade alfa em aerodispersóides e superfícies. A análise é aplicada fornecendo-se dados de espectros e da aquisição destes espectros. O SIACRA foi implementado na linguagem de programação C++ e utiliza o paradigma de programação orientada a objetos.

Palavras-chave: Monitoração ambiental, efeitos das radiações, software de análise de espectros, espectros gama e espectros alfa.

Área do Conhecimento: I - Ciências Exatas e da Terra

Introdução

A detecção de radiação nuclear é muito aplicada em física nuclear para o estudo de estruturas nucleares. Além disso, a gama de aplicações de interesse tecnológico é muito grande. A radiação nuclear pode ser utilizada para esterilizar alimentos, evitando contaminação química, para a descontaminação de rejeitos biológicos, esterilização de materiais cirurgicos, caracterização, identificação e mudança de propriedades físicas de materiais, identificação de artefatos, dentre outros.

O Laboratório de Espectroscopia Nuclear e Radiometria (LEN) do Instituto de Estudos Avançados (IEAv), um dos institutos do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), presta serviços ao Comando da Aeronáutica e à comunidade em geral, nos casos de suspeita de “contaminação radioativa” do meio ambiente [1]. Sua atuação nesta área envolve análises de amostras radioativas para fins de proteção radiológica, controle de rejeitos, monitoração ambiental, salvaguardas, contabilidade e controle de material.

A análise de amostras, quer seja em situação de acidente radiológico (ou nuclear), quer seja em situação de monitoração e controle contínuos (periódico e permanente), deve seguir um conjunto de procedimentos padronizados. Cada tipo de análise apresenta um procedimento de cálculo diferente. Para a realização dessas análises o LEN conta com um conjunto de softwares desenvolvidos há, aproximadamente, dez anos [2]-[5]. Esses softwares, apesar de utilizarem praticamente o mesmo conjunto de dados, são independentes e executados em seqüência, forçando a entrada de um mesmo conjunto de dados em cada uma das diferentes fases de análise. Os dados de entrada estão armazenados

em diferentes planilhas de dados preenchidas manualmente ou estão armazenados em arquivos eletrônicos. Os softwares foram desenvolvidos para ambiente DOS e a maioria não apresenta tratamento adequado de erros de digitação. No caso de digitação incorreta, muitas vezes, o erro só é identificado no final do cálculo, pela análise de inconsistências no relatório gerado. Neste caso, o usuário deve reiniciar o processo de análise. Este procedimento, além de custoso em termos de tempo, é também uma fonte de erros (busca manual em várias fontes de informação: calibrações, planilhas, banco de dados de calibrações, análise detalhada dos relatórios finais, etc).

Para responder às requisições de análise em situação de acidente radiológico (ou nuclear), com a presteza que se faz necessária nesses casos, o laboratório iniciou esforços para atualizar o seu sistema de software, reduzindo as deficiências e dificuldades que o procedimento atual impõe. Este trabalho documenta a primeira fase desse esforço, que resultou no Software para Análise de Contaminação Radioativa em Amostras Ambientais (SIACRA) [6].

Procedimentos de engenharia de software

O levantamento de requisitos para o desenvolvimento do SIACRA foi realizado por meio de entrevistas e reuniões com a equipe do LEN, visando evidenciar as informações necessárias para a implementação do programa. Estas entrevistas foram aplicadas seguindo uma técnica de ciclo espiral. Todos os assuntos debatidos nas entrevistas eram documentados e apresentados em uma nova entrevista para que possíveis pontos em desacordo fossem corrigidos. Outro mecanismo de levantamento e

esclarecimento de requisito, aplicado em fases mais avançadas, foi a prototipação em ciclo espiral.

As informações capturadas deram origem a um documento de análise de requisitos [7]. Durante a fase de análise de requisitos também foi efetuada uma análise dos códigos fontes dos programas que estavam sendo utilizados no LEN. Essa análise permitiu a identificação de cálculos de interesse para a implementação do SIACRA. Estes cálculos também estão registrados no documento de análise.

Dentre as principais análises realizadas no LEN, decidiu-se que o sistema deveria permitir, na primeira fase, a análise de: concentração de urânio em meio líquido com NaI(Tl), avaliação de atividade (de radiação) alfa em aerodispersóides, e identificação e quantificação de radônio no ar (aerodispersóides) por espectroscopia alfa.

Durante o período de desenvolvimento foram criados vários modelos de interface (protótipos). Do primeiro modelo ao modelo atual, ocorreram várias mudanças devido às modificações propostas pelos usuários.

Neste trabalho adotamos o uso de diagramas UML (Unified Modeling Language) para a documentação e o desenvolvimento do projeto [8]-[9]. A UML vem sendo adotada no Brasil e no exterior como um padrão para especificar, visualizar, documentar e construir artefatos de um sistema orientado a objetos e pode ser utilizada em todos os passos ao longo do ciclo de desenvolvimento e com diferentes tecnologias de implementação. Neste projeto foram utilizados três modelos de diagramas para a modelagem do programa: diagramas de casos de uso, diagramas de classes e diagramas de sequência.

Os diagramas de caso de uso, além de ajudarem a identificar e a especificar as funcionalidades do programa, são muito úteis para documentação.

A partir dos diagramas de caso de uso foram gerados os diagramas de seqüências, os quais fornecem uma visão dinâmica do funcionamento do software, ajudando a caracterizar as mensagens (funções) utilizadas em cada caso de uso, assim como a instanciação de cada objeto. Estes diagramas foram desenvolvidos em paralelo com os diagramas de classes, que fornecem uma visão estática da arquitetura de classes.

As classes desenvolvidas são classificadas em três tipos, de acordo com sua responsabilidade: classes de controle, classes de dados e classes de interface.

As classes de controle são as classes criadas exclusivamente para o controle de algumas funções e eventos. São estas classes que controlam quando uma janela deve aparecer ou ser escondida; também gerenciam o fluxo de dados (origem e destino).

Enquanto o programa está sendo utilizado, alguns dados devem ser constantemente acessados e atualizados por várias partes do programa. São as classes de dados que armazenam estes dados. As classes de dados também realizam cálculos relacionados com os dados membros e guardam os resultados para que sejam utilizados pelo programa.

As classes de interface permitem que o usuário interaja com o sistema; elas capturam dados e informações que são inseridos pelo usuário e apresentam estas e outras informações, assim como resultados de cálculos e análises. Todas as classes de interface são controladas por classes de controle, ou seja, todos os dados capturados são enviados à classe de controle para que ela tome a decisão do que fazer com estes dados. O mesmo ocorre com as informações que devem ser apresentadas, pois são as classes de controle que vão direcionar e distribuir as informações entre as classes de interface. As Figuras 1, 2 e 3 apresentam os diagramas de classes de dados, interface e cadastro.

O software foi desenvolvido em linguagem C++ para ambiente Windows, no Laboratório de Engenharia Virtual (LEV) do IEAv. Uma biblioteca de classes para geração de gráficos, desenvolvida no LEV, foi utilizada para a apresentação e interação com o espectro [10].

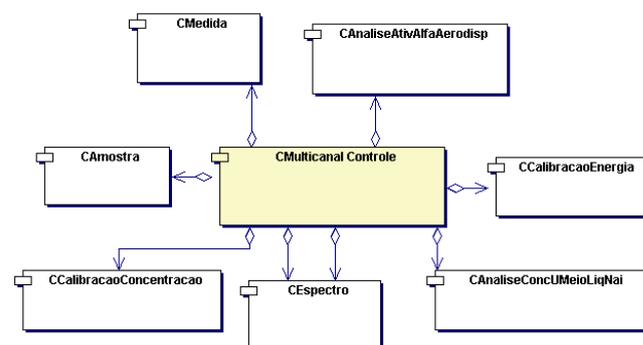


Figura 1 – Diagrama de classes apresentando um conjunto de classes de dados e a classe de controle CMulticanalControle.

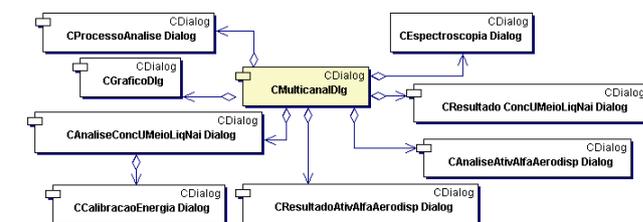


Figura 2 – Diagrama de classes apresentando o conjunto de classes de interface e a classe de controle CMulticanalDlg.

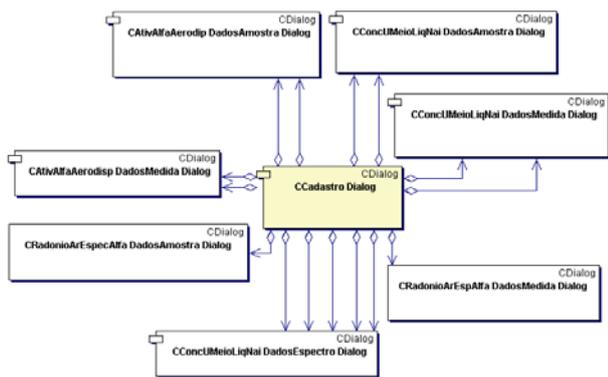


Figura 3 – Diagrama de classes apresentando o conjunto de classes de interface referentes ao cadastro e a classe de controle CCadastroDialog.

Resultados

A ferramenta desenvolvida apresenta uma interface gráfica amigável que simplifica os procedimentos de análise anteriores e agiliza a obtenção confiável de resultados. Os dados inseridos no programa são filtrados e checados, indicando os dados incorretos para que sejam corrigidos.

No modelo de interface adotado, todas as janelas estão embutidas na moldura principal do programa e esta moldura esta dividida em três áreas (janelas), uma para o controle dos processos de análise, outra para a apresentação do espectro de radiação sujeito a análise e a terceira para a apresentação dos resultados das análises. A Figura 4 ilustra o posicionamento das três janelas citadas.

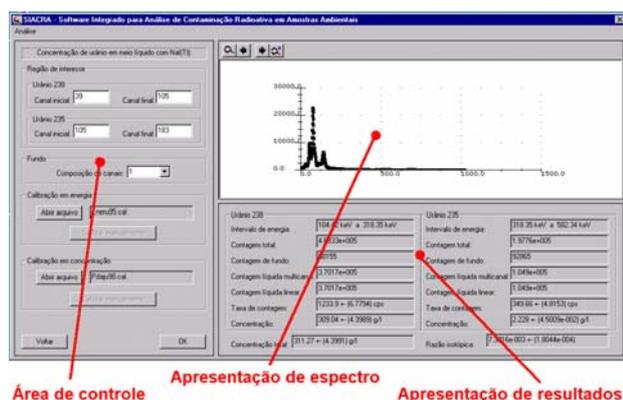


Figura 4 – A interface atual do software SIACRA, composta por três janelas principais.

No novo programa, é possível navegar pela análise, voltando a passos anteriores para que dados possam ser atualizados sem que seja necessário reiniciá-la. O programa possibilita salvar e abrir arquivos contendo dados de análises.

Na visualização do espectro (gráfico), é possível aplicar aproximações (zoom) em regiões que se deseje visualizar detalhes e depois retornar ao gráfico anterior, identificar o número do canal e o número de contagens de um determinado ponto. Todas estas funções são aplicadas facilmente utilizando o *mouse*.

Para validar a implementação do SIACRA, foram realizadas várias análises de espectros e os resultados comparados com os obtidos utilizando o conjunto de programas originais. Os resultados são apresentados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

A análise de concentração de urânio em meio líquido Nal(Tl) permite a escolha de um ou mais pontos na especificação dos limites da área de interesse, área entre o abcissa inicial (ponto inicial) e a abcissa final (ponto final) da área, no espectro. Quando mais de um ponto é utilizado, o ponto inicial e o ponto final ficam fixados entre uma média de pontos. Na avaliação desta função foram utilizado o valor mínimo e o valor máximo de pontos (o mínimo é um ponto e o máximo cinco pontos).

Na análise de atividade alfa em aerodispersóides e na análise de radônio no ar por espectroscopia alfa os testes foram realizados da mesma forma que na primeira análise, mas sem a preocupação do número de pontos para limites de região porque estas análises não exigem esta característica. O material para análise é recolhido em filtros por aspiração do ar.

Tabela 1 - Resultados da análise de concentração de urânio em meio líquido com Nal(Tl) na região do U^{238} e U^{235} utilizando 5 pontos.

		Taxa de contagem (cont/seg)	Concentração (g/l)
U238	Programa original	1244 (4)	302 (2)
	SIACRA	1213 (4)	302 (3)
U235	Programa Original	350 (7)	2.23 (0,06)
	SIACRA	337 (5)	2.23 (0,05)

Tabela 2 – Resultado da concentração total ($U^{238} + U^{235}$) e razão isotópica na análise de concentração de urânio em meio líquido com Nal(Tl).

	Concentração total (g/l)	Razão isotópica
Programa original	304 (2)	0,0071 (0,0002)
SIACRA	304 (3)	0,0071 (0,0001)

Tabela 3 - Resultados das concentrações e da atividade no filtro para a análise de atividade alfa em aerodispersóides.

	Concentração de partículas no ar	Atividade total no filtro	Concentração de atividade alfa no ar
Programa original	9	10 (2)	0,11 (0,02)
SIACRA	9	10 (2)	0,11 (0,02)

Tabela 4 – Resultados das concentrações e das atividades para a análise de radônio no ar por espectroscopia alfa.

	Radioisótopo (átomos/m ³)	Concentração (Bq/m ³)	Atividade por volume
Programa original	Po218	4585 (80)	17
	Pb214	87493 (13)	38
	Bi214	17042 (50)	10
SIACRA	Po218	4585 (80)	17
	Pb214	87492 (13)	38
	Bi214	17042 (50)	10

Discussão

Os resultados obtidos com as análises orientadas pelo SIACRA são do ponto de vista estatístico iguais aos dos programas originais.

O programa lê arquivos de espectros, de calibração em energia e em concentração. Os dois últimos contêm coeficientes e matrizes de covariância, importantes para avaliação do erro. As pequenas diferenças acontecem devido a erros de arredondamento que ocorrem durante a realização dos cálculos. Os resultados do SIACRA foram aprovados pela equipe do LEN.

Conclusão

Neste trabalho desenvolveu-se um programa de análise de contaminação radioativa em amostras ambientais. Este produto incorpora todo um conjunto de análises de dados desenvolvido anteriormente e é uma ferramenta de análise para os experimentos realizados no LEN.

No desenvolvimento deste projeto foi gerado um documento de especificação de requisitos. Os dados relevantes para esse documento foram obtidos utilizando técnicas de levantamento de requisitos em ciclo espiral combinando entrevistas com usuários e desenvolvimento de protótipos de interface.

A validação da implementação computacional das análises apresentadas no SIACRA foi realizada comparando resultados obtidos com os programas originais.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de iniciação científica (processo n. 03/10847-9).

Referências

- [1] IMA 55-67. Instrução do Ministério da Aeronáutica. Procedimentos em Acidente Nuclear ou Emergência Radiológica. 1996.
- [2] FREITAS, I. S. M; RIGOLON, L. S. Y; GONÇALEZ, O. L. Monitoração de aerodispersóides por espectroscopia alfa. Memorando Técnico Euclear 003/91. Instituto de Estudos Avançados, Centro Técnico Aeroespacial, 1991.
- [3] MALAFRONTA, A. A; PASSARO, A; RADOVICH, M.A; BONINI, A. L. Low cost gamma-ray acquisition / analysis system. **Revista de Física Aplicada e Instrumentação**. V.11, n.2, p.71-76, 1996.
- [4] FREITAS, I. S. M. Cálculo do fator de geometria do espectrômetro alfa. Memorando Técnico Euclear 002/91. Instituto de Estudos Avançados, Centro Técnico Aeroespacial, 1991.
- [5] RIGOLON W; RIGOLON L. S. Y. PACRIUSA Programa para análise de concentração de urânio natural em solução aquosa. Memorando Técnico Euclear 002/94. Instituto de Estudos Avançados, Centro Técnico Aeroespacial, 1994.
- [6] MACIEL, C. Software Integrado para Análise de Contaminação Radioativa em Amostras Ambientais (SIACRA). 2004. 145f. Dissertação (Trabalho de Graduação em Engenharia da Computação) – Instituto de Estudos Avançados, Centro Técnico Aeroespacial, 2004.
- [7] MACIEL, C. Documento de análise de requisitos. Instituto de Estudos Avançados, Centro Técnico Aeroespacial, 2004.
- [8] MATOS, A. V. UML: Prático e descomplicado. Editora Érica, 2002
- [9] DEITEL, H. M; DEITEL, P. J. C++ Como Programar. Editora. Bookman, 3º Edição, 2001.
- [10] TANAKA, R. H; CRUZ, J. E. C; PASSARO, A; ABE, N. M. Manual do programador para utilização do pacote gráfico 2d. Publicação interna. Instituto de Estudos Avançados, Centro Técnico Aeroespacial, 2004. Submetido à publicação.