

Este modo de apresentação pode trazer problemas na formatação de fórmulas e é mostrada apenas para que o leitor tenha uma visão geral do artigo. Para uma melhor visualização, por favor, feche esta janela e abra a versão ".pdf".

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA NUCLEAR

*Jacy Montenegro Magalhães Neto^a, Nadya Maria Prado Damasceno Ferreira^{*a}, Rex Nazaré Alves^a, Rudnei Karam Morales^a*

^aSeção de Engenharia Nuclear (SE/7); Praça General Tibúrcio, 80, CEP 22290-270 Praia Vermelha Rio de Janeiro/RJ Brasil.

**nadya@ime.eb.br*

ABSTRACT

The program in Nuclear Engineering of Instituto Militar de Engenharia was the first undergraduate degree in nuclear engineering of Brazil, with the name of Specialization Course in Nuclear Engineering. The Program is "strictu sensu" course of Engineering with the main purpose to form human resources to take care of to the necessities of the Brazilian Army and the country as a whole, through the basic research in this area of the knowledge. It has for mission to provide master with a strong academic formation background, through a treatment to multidiscipline, that enables them to absorb and to develop new technologies in this area of the knowledge.

RESUMO

O programa de Pós-graduação em Engenharia Nuclear do Instituto Militar de Engenharia foi a primeira Pós-graduação em Engenharia Nuclear do Brasil, com o nome de Curso de Especialização em Engenharia Nuclear. É um curso de pós-graduação "strictu sensu" pertencente à área de conhecimento das Engenharias, com a finalidade principal de formar recursos humanos para atender às necessidades do Exército Brasileiro e do país como um todo, através da pesquisa básica nesta área do conhecimento. Tem por missão a formação de mestres em ciências em Engenharia Nuclear com sólida formação acadêmica na área, através de um tratamento multidisciplinar, que os permita absorver e desenvolver novas tecnologias nessa área do conhecimento.

Keywords: Nuclear; Engineering; Undergraduate

HISTÓRICO DO CURSO

No ano de 1958, a partir de uma necessidade nacional de se ingressar na área do conhecimento da energia nuclear, traduzida pela criação da CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear em 1956, e para atendimento à demanda por profissionais especializados que se anunciava no mercado de trabalho na área nuclear no país, em progressiva expansão criou-se, na então Escola Técnica do Exército (ETE), antecessora do IME, a primeira Pós-graduação em Engenharia Nu-

72 1º ao 3º Quadrimestre de 2010

clear do Brasil, com o nome de curso de Especialização em Engenharia Nuclear (Castelliano, 2010). Os assim chamados "Campos de Estudo" oferecidos eram Física dos Reatores, Química Nuclear e Controle dos Reatores. O curso foi oferecido em período integral com duração de um ano e, ao final do mesmo, o aluno defendia uma monografia para obtenção do título. Pretendia-se com o curso formar engenheiros competentes, capacitados a absorver e desenvolver novas tecnologias, de maneira a, não somente, suprir as necessidades específicas do momento deste nicho de mercado de trabalho, como também se buscava dar atendimento às futuras demandas desses profissionais. Paralelamente, entre 1956 e 1959, iniciou-se o envio de professores e pesquisadores civis e militares brasileiros aos EUA para especialização em Engenharia Nuclear. No ano de 1959 deu-se a fusão da ETE com o Instituto Militar de Tecnologia (IMT), dando origem ao Instituto Militar de Engenharia. Também, neste ano, houve a instalação do primeiro acelerador de partículas Cockcroft Walton do hemisfério sul, no IME. A sequência dos trabalhos desenvolvidos no laboratório construído em torno do acelerador resultou, em 1966, no início do desenvolvimento da planta-piloto em escala laboratorial para produção de água pesada, o que serviu de base para a formação de novos especialistas. Ainda em 1968, foi iniciada a construção do acelerador linear de partículas de 8 MeV, em colaboração com o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), assim como o IME também localizado no bairro da Urca.

Após alguns anos de funcionamento do curso de Especialização foram detectadas algumas necessidades de mudança na estrutura inicial do curso, o qual aliado à busca contínua pela atualização curricular, a preocupação em atender, não só as novas diretrizes curriculares, como também as demandas de mercado, levaram, em 1969, a transformar o antigo curso de Especialização no curso de Mestrado em Engenharia Nuclear.

Em 1970 foi instalado no IME um gerador de nêutrons de 13 MeV, para pes-

quisa em Física de Nêutrons. A cooperação celebrada entre a CNEN e o IME deu origem ao Mestrado Especial no Brasil e PhD no Exterior, para formação de novos especialistas. O Brasil então, já detentor de massa crítica de conhecimento, assistiu, em 1972, ao início da construção da Usina Nuclear de Angra-I. O curso de mestrado do IME, acompanhando as necessidades da área, abriu, também em 1972, os seguintes "Tópicos de Desenvolvimento": Cálculo e construção de reator sub-crítico com urânio natural (CNEN); Difusão de produtos de fissão em sólidos; Cinética de combustíveis nucleares; e Água pesada. No ano de 1973 foi acrescentado o tópico Aplicação Industrial de Radioisótopos e Preservação de Alimentos por Irradiação.

Em 1974 são definidas, pela primeira vez, as "Áreas de Pesquisa": Dinâmica do Reator dependente de espaço e energia; Propagação de pulsos de nêutrons na Equação de Transporte; Assimetria no processo de fissão; Difusão e segregação de produtos de fissão nos sólidos; Fuga cinética dos produtos de fissão do revestimento do elemento combustível; Liberação de gases raros de sólidos; Reator sub-crítico; Determinação de poluentes do ar e da água aplicando técnicas nucleares. Cada uma delas associada a um projeto do Exército na área nuclear.

É assim que, em 1975, o IME conclui a planta-piloto para produção de água pesada, ao mesmo tempo em que o Governo Federal sanciona o Decreto de cria-



ção do PRONUCLEAR (Schmiedecke, 2008), incluindo o IME como uma das instituições selecionadas para formação de RH no setor nuclear por 10 anos. Em 1976, o IME termina a construção do acelerador linear de partículas de 8 MeV.

A evolução dos cursos de PG no Brasil leva o IME, em 1976, a separar Áreas de concentração de Áreas de pesquisa: Física de Reatores, Engenharia de Reatores, Materiais Nucleares, Física das Radiações; o que evoluiu, já em 1981, para uma área de concentração única: Física e Engenharia de Instalações Nucleares, com as Linhas de Pesquisa: Engenharia de Reatores, Segurança de Instalações Nucleares e Proteção Radiológica e Ambiental. No ano de 1982, em que foi desmontado o acelerador de nêutrons de 13 MeV, deu-se, também, a primeira reação em cadeia de Angra-I. Além da implantação, no IME, de uma planta-piloto em escala laboratorial para produção de dióxido de urânio.

A Pós-graduação em Engenharia Nuclear do IME atingiu sua estrutura atual em 1988, com a área de Concentração de Instalações Nucleares, e as Linhas de Pesquisa: Reatores Nucleares e Controle Ambiental.

EVOLUÇÃO DO CURSO

Um dos principais desafios para o curso é a concretização do propósito de oferecer formação profissional multidisciplinar aos seus alunos, o que implica em uma metodologia de trabalho que deve ser desenvolvida perpassando todos os componentes curriculares, enfatizada em unidades programáticas e atividades acadêmicas. Implica, também, na sensibilização do professor e do próprio aluno quanto à mudança do conceito de profissional, hoje requerido pela sociedade moderna: um egresso que esteja preparado para solucionar problemas de forma cooperativa e integrado a equipes.

A tendência, cada vez maior, de integração dos conhecimentos das áreas da Engenharia Nuclear conduziu à concepção de um Projeto Pedagógico que é periodicamente avaliado pelos professores do Programa. O currículo do programa de Pós-graduação em Engenharia Nuclear, em nível de mestrado, se constitui de disciplinas de avançado conteúdo e possui as seguintes características:

a) formação básica, constituída de disciplinas obrigatórias que fornecem ao aluno os fundamentos teóricos, que permitirão seu futuro autoaperfeiçoamento profissional nas áreas de conhecimento abrangidas pelo curso;

b) campo colateral de estudos, constituído de disciplinas obrigatórias, consubstanciado por uma linha de pesquisa onde serão realizados a pesquisa e o trabalho de dissertação, cujo objetivo é, apesar de manter o foco na dissertação, permitir que o aluno amplie sua cultura técnico-científica, evitando uma excessiva especialização;

c) um campo principal de especialização, constituído de disciplinas escolhidas pelo aluno e sob a coordenação do professor orientador, consubstanciado pela pesquisa e pelo trabalho de dissertação.

Para execução dos trabalhos de pesquisa, o Programa conta atualmente com os seguintes laboratórios:

1- Laboratório de Espectrometria Alfa e Gama Destina-se às medidas de par-

74

1o ao 3º Quadrimestre de 2010



tículas alfa e de radiação gama, e análises de amostras ambientais e/ou com material radioativo nas atividades de ensino e pesquisa;

2 - Laboratório de Medida de Atividade Alfa e Beta Total Destina-se às medidas de partículas alfa e beta, e levantamentos de atividades de amostras alfa e beta

- emissores nas atividades de ensino e de pesquisa;
- 3- Laboratório de Aferição de Monitores de Radiação Gama Permite aferir monitores de radiação gama utilizando fontes radioativas calibradas, em apoio às atividades de ensino e pesquisa;
 - 4- Laboratório de Aerossol Permite classificar a granulometria presente no ar, bem como a sua caracterização em função da inalação realizada pelo homem, e realizar avaliações de contaminação interna ocupacional e/ou de público nas atividades de ensino e de pesquisa;
 - 5- Laboratório de Controle de Qualidade em Radiodiagnóstico Permite quantificar, estimando a dose oriunda de exames com aparelhos de raio-x convencional, tomografia computadorizada, fluoroscopia e mamografia, tanto no operador, quanto no paciente e monitorar a dose nas áreas livres nas unidades de saúde do Exército. O Laboratório permite também avaliar os vários parâmetros dos equipamentos de raios-x que afetam a qualidade da imagem, assim como o do sistema de processamento, e realizar o controle de qualidade em processadores de filmes radiográficos;
 - 6- Laboratório de Sensoriamento Remoto Permite pesquisar e desenvolver pequenos robôs autônomos ou remotamente comandados, que permitam o estudo e acesso às áreas sujeitas à contaminação química, biológica ou nuclear nas atividades de ensino e de pesquisa. Envolve o projeto tanto de veículos não tripulados quanto de sensores dedicados às aplicações em meio ambiente;
 - 7- Laboratório de Computação Permite desenvolver e analisar sistemas de transporte das radiações, sistemas de gerenciamento de combustível e sistemas de escoamento de fluido com transferência de calor nas atividades de ensino e de pesquisa;
 - 8- Laboratório de Controle Ambiental e de Irradiação de Alimentos Permite a análise de determinação de umidade, resíduo mineral fixo, lipídeos, fibras, pigmentos e carotenóides totais nos alimentos tratados por irradiação, bem como a análise de amostras ambientais líquidas e sólidas.

Durante a realização dos trabalhos de ensino e de pesquisa são também utilizadas as instalações do Centro Tecnológico do Exército (CTEx), em Guaratiba e da CNEN. Em particular, podem ser usados pelos alunos e professores os seguintes laboratórios externos:

Do CTEx:

- Laboratório de Irradiação de Alimentos;
- Laboratório de Neutrônica.

Da CNEN:

- Cíclotron (IEN Instituto de Engenharia Nuclear);
- Reator Argonauta (IEN - Instituto de Engenharia Nuclear);
- Laboratório de Metrologia (IRD Instituto de Radioproteção e Dosimetria).

Com o objetivo de modernizar e aumentar a infraestrutura dos laboratórios

foram submetidos e aprovados os seguintes Projetos:

- (i) Projeto "Modernização da Infraestrutura do Laboratório de Controle Ambiental e de Irradiação e de Alimentos" (FAPERJ);
- (ii) Projeto "Desenvolvimento Tecnológico de uma Câmara de Ionização Experimental para Detecção de Radiação Gama e Raios-x" (FAPERJ).
- Em 2008, com recursos obtidos através de Emenda Parlamentar do Congresso Nacional, foram adquiridos equipamentos que deram início à modernização do Laboratório de Instrumentação Nuclear.
- De forma geral, as pesquisas desenvolvidas atualmente no Programa de Engenharia Nuclear da SE/7 abrangem linhas de pesquisa em Reatores Nucleares e Controle Ambiental. Em Reatores Nucleares, a ênfase das pesquisas é na área de cálculo neutrônico e simulação computacional. Concomitantemente, a linha de pesquisa de Controle Ambiental tem focado nesses últimos três anos tanto atividades de proteção radiológica quanto de irradiação de alimentos. Quanto à proteção radiológica, os esforços são centrados na presença de radionuclídeos naturais e seus efeitos na construção civil, no uso industrial de produtos do parque minerioindustrial brasileiro e nos métodos de aplicação em medicina. Está sendo abordado, ainda, o desenvolvimento conceitual de novas tecnologias voltadas para a utilização dos efeitos benéficos da radiação.
- Já nas pesquisas da irradiação de alimentos, o foco é conhecer a composição química e o valor nutricional dos alimentos e, em especial, a busca da eliminação de microrganismos e toxinas através da irradiação, tornando o alimento mais seguro ao consumo e prolongando sua vida útil em condições de conservação e refrigeração adversas.
- Diversos projetos foram enviados e outorgados recentemente, em diversas agências de fomento, com os seguintes objetivos:
 - (i) ampliar a produção intelectual dos doutores com a participação de discentes, incluídos os da graduação, colimando objetivos de projetos que atendam à estratégia de melhoria da produção intelectual;
 - (ii) integrar projetos com a disponibilidade de docentes do núcleo básico, ampliando as condições de execução, pelo intercâmbio com as demais Seções de Ensino do IME e com outras Instituições de Ensino Superior (IES) e Instituições de Pesquisa; e
 - (iii) priorizar a consolidação do conhecimento em tecnologias sensíveis de uso

prático, indispensáveis ao desenvolvimento nacional em função das tendências levantadas no cenário internacional e das necessidades sociais atuais. Objetivou-se assim, adequar a formação de recursos humanos às modificações implantadas com as demandas sociais direta e indireta em suas aplicações de tecnologias nucleares e afins.

- Na captação de recursos em outras fontes de fomento, a SE/7- IME tem os seguintes projetos outorgados:
- (i) Projeto "Modernização da Infra-Estrutura do Laboratório de Controle Ambiental e de Irradiação e de Alimentos", junto à FAPERJ, no valor de R\$19.873,91;
- (ii) Projeto ADT1 "Desenvolvimento Tecnológico de uma Câmara de Ionização Experimental para Detecção de Radiação Gama e Raios-x", junto à FAPERJ, no valor de R\$42.000,00;

76

1o ao 3º Quadrimestre de 2010



- (iii) Projeto ADT1 "Desenvolvimento de Tecnologia de Radiação Não-Ionizante em Armas Não Letais com Aplicação em Pulso Eletromagnético", junto à FAPERJ, no valor de R\$27.000,00;
- (iv) Projeto ADT1 "Desenvolvimento Tecnológico de um Veículo Aéreo Não Tripulado para Segurança e Sensoriamento Remoto", junto à FAPERJ, no valor de R\$35.000,00;
- (v) Projeto ADT1 "Desenvolvimento Tecnológico de Sistema de Detecção para as Áreas Nuclear e de Saúde", junto à FAPERJ, no valor de R\$48.000,00;
- (vi) Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, PIBIC-CNPq/IME (Edital 2007/2008), com o projeto "Emprego da Irradiação Ionizante Gama para Manutenção da Qualidade Nutricional e Funcional de Espécies Frutíferas Nativas dos Cerrados como Forma Alternativa de Combate à Hipovitaminose-A";
- (vii) Projeto "Desenvolvimento Tecnológico para Realização de Pesquisas Estratégicas de Defesa em Segurança Pública", no Edital 06/2007 da FAPERJ, no valor de R\$395.000,00 (em cooperação com a SE/5 - Seção de Engenharia Química do IME);
- (viii) Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, PIBIC-CNPq/ IME (Edital 2009/2010), com o projeto "Avaliação das Condições de Proteção Radiológica dos Serviços de Radiologia intra-oral do Exército";
- (ix) Projetos de interação UERJ/IME "Estudo da Dose de Fótons em Profundidade em um Simulador de Mama Utilizando o Método de Monte Carlo" e "Avaliação dos Efeitos de Interface e de Diferentes Materiais na Distribuição da Dose no Meio Biológico", no Edital MCT/CNPq No 14/2009 - Universal.

- (x) Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, PIBIC-CNPq/IME (Edital 2009/2010), com o projeto "Identificação de Toxinas por Espectrometria de Massa e Aplicação da Radiação Ionizante Gama";
- (xi) Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, PIBIC-CNPq/IME (Edital 2009/2010), com o projeto "Inativação de Aminas Biogênicas por Radiação Gama".

O Programa tem procurado inovar os temas desenvolvidos nas dissertações de mestrado. Pode-se citar a utilização do método de Monte Carlo na simulação computacional voltada para reatores nucleares e proteção radiológica, o desenvolvimento de parcerias com o Centro Brasileiro de Pesquisa Físicas (CBPF) no estudo de antineutrinos, o avanço no estudo da utilização de frutos tropicais irradiados no combate à hipovitaminose A, entre outros trabalhos inovadores.

PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

O Programa vem, desde 2006, quando de visita de Comissão da CAPES, seguindo as recomendações no sentido de trabalhar a evolução do número de publicações anuais, item de grande importância para o Comitê Avaliador e para a CAPES de maneira geral. Por outro lado, os professores do Programa ressaltaram a relação direta entre o número de discentes e a quantidade de publicações, sendo que ocorre um contingenciamento na captação de discentes, determinada pelo Escalão Superior do Exército, ao qual o IME é subordinado, tendo sido fixadas apenas 10 vagas anuais para civis e 2 vagas para militares. Constata-se que a aprovação



pela CAPES do programa de recuperação e a decisão institucional de reforçar sua área de Pós-graduação, no contexto integrado de suas atividades, teve as seguintes repercussões: (i) minimizou os aspectos negativos oriundos de avaliações anteriores; (ii) ampliou a demanda de alunos; (iii) ampliou a disponibilidade de recursos via PROAP CAPES; e (iv) ampliou a disponibilidade de recursos via órgãos de fomento. Em consequência, as medidas adotadas têm proporcionado uma produção científico-tecnológica adequada aos propósitos da formação de recursos humanos em nível mestrado, com objetivo centralizado nas demandas nacionais prioritárias, tais como: (i) participação efetiva de professores de tempo integral em áreas afins do próprio IME no programa de Engenharia Nuclear, permitindo a integração mais ampla com a Engenharia das Radiações e Gestão Ambiental; (ii) captação de me-

lhores alunos motivados pela disponibilidade de bolsas de estudo (total de doze), e pelo enfoque prático com problemas atuais; (iii) ampliação da cooperação com outras seções de ensino do IME e com outras instituições de ensino e pesquisa, quer pela orientação conjunta de dissertações de mestrado e teses de doutorado de alunos daquelas instituições, quer por pesquisas em conjunto em projetos induzidos; (iv) concentração de linhas de pesquisa em áreas de interesse comum ao IME e ao setor produtivo; e (v) integração com o CTEEx, como CAMPUS AVANÇADO para pesquisas do Programa de Engenharia Nuclear.

No decorrer dos últimos dois anos ocorreram os seguintes intercâmbios institucionais:

- Pesquisas desenvolvidas em parceria com a "University of Florida", entre o Professor Dr. Alan Martin Jacobs e o Professor Dr. Ronaldo Glicério Cabral sobre os temas: (i) Análise do Método do Albedo aplicado à blindagem das radiações nêutron, gama e nêutron gama acoplados; (ii) Análise de sistemas de detecção de minas terrestres através da reflexão de raios-x; (iii) Análise de criticalidade Aplicando o Método do Albedo;
- Utilização do reator Argonauta na disciplina prática de Laboratório Nuclear II, no Instituto de Engenharia Nuclear -IEN;
- Utilização do aparelho de Raio-X do Laboratório de Ciências Radiológicas da UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro - na disciplina prática de Laboratório Nuclear III;
- Pesquisas em cooperação com o Hospital Central do Exército - HCE, orientadas pela professora Dra Nadya Maria Prado Damasceno Ferreira, em estudos para implantação de um programa de melhoria da qualidade em diagnósticos nos Serviços de Radiologia e de Medicina Nuclear;
- Estudos do Professor Dr. Cláudio Luiz de Oliveira, em cooperação com a Agência Brasileira-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares - ABACC, a fim de avaliar a composição isotópica de combustível nuclear irradiado;
- Estudos em parceria e utilização do irradiador de alimentos do CTEX, dentro do contexto do Plano Básico de Ciência e Tecnologia PBCT do Exército Brasileiro;
- Interação com a EMBRAPA Agroindústria de Alimentos, orientadas pela Professora Dra Keila dos Santos Cople Lima, utilizando os Laboratórios de Cromatografia e de Micotoxinas para treinamento, realização de análises e

estágio de alunos;

- Interação com o IMA/UFRJ - Instituto de Macromoléculas da UFRJ , orientadas pela Professora Dra Keila dos Santos Cople Lima em análises de Ressonância Magnética Nuclear;
- Interação com o IQ/UFRJ Instituto de Química da UFRJ, orientadas pela Professora Dra Keila dos Santos Cople Lima, em estudos e avaliações conjuntos e na utilização do cromatógrafo a gás do IQ/UFRJ;
- Interação com o IEN Instituto de Engenharia Nuclear da CNEN através da utilização da unidade de Produção de Radioisótopos para aulas sobre Processo de Produção, Processo de Garantia e Medição da Qualidade e Pureza, Processo de Fracionamento e Alocotagem e Expedição para o Estágio Avançado de Proteção Radiológica;
- Interação com o IRD Instituto de Radioproteção e Dosimetria da CNEN para o módulo BIOFÍSICA DAS RADIAÇÕES, do Estágio Avançado de Proteção Radiológica, com a utilização dos Laboratórios de Radiobiologia de Medidas in Vivo, de Bioanálises, de Dosimetria Termoluminescente, de Dosimetria Fotográfica e de Aerossóis;
- Interação com o IRD Instituto de Radioproteção e Dosimetria da CNEN para o módulo FÍSICA MÉDICA, do Estágio Avançado de Proteção Radiológica, com a realização de procedimentos para controle da qualidade de procedimentos e equipamentos em radioterapia, radiodiagnóstico e medicina nuclear, avaliação da qualidade da imagem e avaliação das doses nos profissionais ocupacionalmente expostos;
- Interação com o CTEX para o módulo Resposta a Situações de Emergência Radiológica e Nuclear, do Estágio Avançado de Proteção Radiológica, no exercício prático de detecção, na descrição de equipamentos de proteção individual (EPI), no exercício prático de uso de EPI (Equipamentos de Proteção Individual), nas instruções sobre proteção Nuclear e sobre ações de resposta a situações de emergência e, ainda, no exercício prático de ações de resposta a situações de emergência;
- Interação com o INCA Instituto Nacional do Câncer Unidade Praça da Cruz Vermelha para o módulo RADIOTERAPIA, do Estágio Avançado de Proteção Radiológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castelliano, L.; *Um Breve Histórico do IME - Instituto Militar de Engenharia*. www.ime.eb.br/arquivos/Noticia/historicoIME.pdf, acessada em janeiro de **2010**.

Schmiedecke, W. C.; Porto, P.A.; *PRONUCLEAR (1976-1986) e a Formação de Recursos Humanos para a Área de Energia Nuclear no Brasil; International Journal for the History of Science*. **2008**, 4.



1º ao 3º Quadrimestre de 2010

79

[topo da página](#)