

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia  
das Radiações, Minerais e Materiais

# Portfólio de Projetos Processo Seletivo 2017

Setembro de 2017

Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais

| Área de Concentração                                     | Linha de Pesquisa                                            |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Ciência e Tecnologia dos Materiais – CTMA                | – Nanotecnologia                                             |
|                                                          | – Novos Materiais                                            |
| Ciência e Tecnologia das Radiações – CTRA                | – Metrologia das Radiações                                   |
|                                                          | – Radiações Ionizantes na Saúde e Biologia                   |
| Ciência e Tecnologia dos Minerais e Meio Ambiente – CTMI | – Geoquímica e Geologia em Recursos Minerais e Meio Ambiente |
|                                                          | – Metalurgia Extrativa e Meio Ambiente                       |
|                                                          | – Técnicas Nucleares na Indústria e Meio Ambiente            |
| Ciência e Tecnologia de Reatores Nucleares - CTRN        | – Tecnologia de Reatores Nucleares                           |
|                                                          | – Integridade Estrutural                                     |

| Área       | Linha                                                       | Docente                            | Tema                                                                                                                                                 | ME | DR |
|------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| CTMA       | Nanotecnologia                                              | Adelina Pinheiro Santos            | MA01 - Estudos básicos e aplicações tecnológicas de nanotubos de carbono e grafenos quimicamente processados                                         | 1  | 2  |
| CTMA       | Nanotecnologia                                              | Clascídia Aparecida Furtado        | MA02 - Manipulação química de nanotubos de carbono e grafenos para aplicações em nanotecnologias                                                     | 1  | 0  |
| CTMA       | Nanotecnologia                                              | Edésia Martins Barros de Sousa     | MA03 - Materiais Nanoestruturados Multifuncionais para Bioaplicações                                                                                 | 3  | 2  |
| CTMA       | Nanotecnologia                                              | José Domingos Ardisson             | MA04 - Síntese e propriedades de materiais nanoestruturados/ Espectroscopia Mössbauer                                                                | 2  | 0  |
| CTMA       | Nanotecnologia                                              | Maximiliano Delany Martins         | MA05 - Investigação de nanoestruturas utilizando microscopia de varredura de sonda de alta resolução (AFM, MFM, STM)                                 | 1  | 2  |
| CTMA       | Nanotecnologia                                              | Maximiliano Delany Martins         | MA06 - Tratamento de superfície nanoestruturado aplicado a titânio                                                                                   | 1  | 1  |
| CTMA       | Nanotecnologia                                              | Waldemar Augusto de Almeida Macedo | MA07 - Nanoestruturas magnéticas de interesse para spintrônica e aplicações médicas                                                                  | 2  | 2  |
| CTMA       | Materiais Avançados                                         | Luiz Oliveira de Faria             | MA08 - Investigação da fotoluminescência radio-induzida em polímeros alifáticos-aromáticos em fantasmas 3D.                                          | 0  | 1  |
| CTMA /CTMI | Materiais Avançados ou Metalurgia Extrativa e Meio Ambiente | Fernando Soares Lameiras           | MA09 - Recuperação do óxido de ferro da lama residual proveniente do beneficiamento do itabirito                                                     | 1  | 0  |
| CTMI       | Geoquímica e Geologia em Recursos Minerais e Meio Ambiente  | Alexandre de Oliveira Chaves       | MI01 - Grafatização natural em Goiás: estudos conjugados de geoquímica, geocronologia U-Th-Pb, termobarometria, espectroscopia Raman e isótopos de C | 1  | 1  |
| CTMI       | Metalurgia Extrativa e Meio Ambiente                        | Francisco Javier Rios              | MI02 – (1) Estudo depósitos de urânio + sulfetos de Fm Moeda (MG), (2) Mineralização de Terras Raras (+ U e Th) dos Granitos Rondonianos (RO)        | 1  | 1  |
| CTMI       | Metalurgia Extrativa e Meio Ambiente                        | Carlos Antônio de Moraes           | MI03 - Desenvolvimento de processos hidrometalúrgicos para purificação de licores e recuperação de metais                                            | 2  | 0  |
| CTMI       | Técnicas Nucleares na Indústria e Meio Ambiente             | Alberto Avellar Barreto            | MI04 - Avaliação da qualidade do ar e seus impactos ambientais                                                                                       | 1  | 0  |
| CTMI       | Técnicas Nucleares na Indústria e Meio Ambiente             | Clédola Cássia Oliveira de Tello   | MI05 - Estudo e desenvolvimento de processos e materiais para tratamento e deposição de rejeitos radioativos e perigosos                             | 1  | 2  |

| Área | Linha                                           | Docente                           | Tema                                                                                                                 | ME | DR |
|------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| CTMI | Técnicas Nucleares na Indústria e Meio Ambiente | Rubens Martins Moreira            | MI06 - Isótopos Estáveis e Radioativos na Avaliação e Prevenção de Impactos Ambientais                               | 1  | 0  |
| CTMI | Técnicas Nucleares na Indústria e Meio Ambiente | Rubens Martins Moreira            | MI07 - Isótopos Naturais em Estudos de Processos Ambientais                                                          | 0  | 3  |
| CTMI | Técnicas Nucleares na Indústria e Meio Ambiente | Stela Dalva Santos Cota           | MI08 - Avaliação da segurança radiológica ambiental de depósitos de rejeitos por meio de abordagens probabilísticas  | 1  | 0  |
| CTMI | Técnicas Nucleares na Indústria e Meio Ambiente | Stela Dalva Santos Cota           | MI09 - Isótopos ambientais e sua aplicação em estudos climáticos e hidrológicos                                      | 0  | 1  |
| CTMI | Técnicas Nucleares na Indústria e Meio Ambiente | Stela Dalva Santos Cota           | MI10 - Uso de isótopos ambientais na avaliação de conexões hidráulicas entre formações hidrogeológicas               | 1  | 0  |
| CTMI | Técnicas Nucleares na Indústria e Meio Ambiente | Vanusa Maria Delage Feliciano     | MI11 - Distribuição espacial dos teores de metais e radionuclídeos em solos de subbacias do Planalto Poços de Caldas | 1  | 0  |
| CTRA | Metrologia das Radiações                        | Luiz Claudio Meira Belo           | RA01 - Estudo de propriedades dosimétricas de cerâmicas de aluminas translúcidas                                     | 1  | 0  |
| CTRA | Metrologia das Radiações                        | Marco Aurélio de Sousa Lacerda    | RA02 - Caracterização de sistema de dosimetria TL para uso em monitoração pessoal de campos de radiação neutrônica   | 1  | 0  |
| CTRA | Metrologia das Radiações                        | Marco Aurélio de Sousa Lacerda    | RA03 - Uso de ferramentas computacionais na otimização de sistemas dosimétricos                                      | 2  | 1  |
| CTRA | Metrologia das Radiações                        | Maria do Socorro Nogueira Tavares | RA04 - Estabelecimento de níveis de referência em mamografia digital e tomossíntese de mama                          | 0  | 2  |
| CTRA | Metrologia das Radiações                        | Teógenes Augusto da Silva         | RA05 - Aperfeiçoamento da base metrológica para calibração de dosímetros em campos de radiação beta.                 | 1  | 0  |
| CTRA | Radiações Ionizantes na Saúde e Biologia        | Antero Silva Ribeiro de Andrade   | RA06 - Desenvolvimento de radiofármacos baseados em aptâmeros                                                        | 1  | 1  |
| CTRA | Radiações Ionizantes na Saúde e Biologia        | Maria José Neves                  | RA07 - Geração de radicais livres por drogas anticancerígenas e poluentes metálicos                                  | 1  | 0  |
| CTRA | Tecnologia de Reatores Nucleares                | Alexandre Soares Leal             | RA08 - Upgrade Operacional do Reator TRIGA do CDTN para P&D em Medicina Nuclear                                      | 1  | 1  |

| Área | Linha                                    | Docente                             | Tema                                                                                                                                                   | ME | DR |
|------|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| CTRA | Radiações Ionizantes na Saúde e Biologia | Marcelo Henrique Mamede Lewer       | RA09 - Desenvolvimento de metodologias radioativas para o diagnóstico e tratamento do câncer: estudos pré-clínicos e dosimetria interna                | 1  | 1  |
| CTRN | Integridade Estrutural                   | Emerson Giovani Rabello             | RN01 - Avaliação da corrosão sob tensão de soldas dissimilares entre tubulações de aços carbono e inox.                                                | 1  | 0  |
| CTRN | Integridade Estrutural                   | Silvério Ferreira da Silva Júnior   | RN02 - Caracterização de juntas soldadas pela análise do ruído magnético Barkhausen                                                                    | 1  | 0  |
| CTRN | Integridade Estrutural                   | Silvério Ferreira da Silva Júnior   | RN03 - Estudo sobre o uso de diferentes métodos de ensaios não destrutivos para a caracterização de combustíveis nucleares                             | 1  | 0  |
| CTRN | Tecnologia de Reatores Nucleares         | Amir Zacarias Mesquita              | RN04 - Desenvolvimento de um Sistema para Medida da Potência de Reatores Nucleares de Pesquisa pelo Monitoramento da Radiação de Cerenkov              | 1  | 0  |
| CTRN | Tecnologia de Reatores Nucleares         | Amir Zacarias Mesquita              | RN05 - Investigação e Simulação das Condições que Causam Anomalia na Deformação do Fluxo Térmico (AOA) em Reatores Nucleares à Água Pressurizada (PWR) | 0  | 1  |
| CTRN | Tecnologia de Reatores Nucleares         | Amir Zacarias Mesquita              | RN06 - Montagem de Circuito para Simulação da Visualização da Refrigeração de Emergência do Núcleo de Reatores Nucleares a Água Leve                   | 1  | 0  |
| CTRN | Tecnologia de Reatores Nucleares         | Amir Zacarias Mesquita              | RN07 - Uso de técnicas de engenharia de confiabilidade na avaliação de risco e segurança de instalações nucleares e radiativas                         | 1  | 0  |
| CTRN | Tecnologia de Reatores Nucleares         | André Augusto Campagnole dos Santos | RN08 - Desenvolvimento de metodologias numéricas e experimentais para o projeto de novos elementos combustíveis nucleares para reatores PWR            | 2  | 2  |
| CTRN | Tecnologia de Reatores Nucleares         | André Augusto Campagnole dos Santos | RN09 - Determinação de modelo numérico com validação experimental para a análise de acidente em embalagens para transporte de material físsil          | 0  | 1  |

#### Nota

As colunas ME e DR indicam o número de vagas disponíveis em cada tema no nível de mestrado e doutorado, respectivamente.

## Área: Ciência e Tecnologia dos Materiais – CTMA

### Linha: Nanotecnologia

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| <b>Docente:</b> Adelina Pinheiro Santos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |              |
| <b>Tema:</b> MA01 - Estudos básicos e aplicações tecnológicas de nanotubos de carbono e grafenos quimicamente processados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |              |
| <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |              |
| <p>Os materiais de carbono – como os conhecidos grafite e diamante, ou, mais recentemente, fulerenos, nanotubos e grafenos – possuem propriedades mecânicas, térmicas, elétricas, químicas e ópticas singulares, as quais os tornam atrativos para uma extensa gama de aplicações tecnológicas. No panorama da chamada revolução nanotecnológica, motivada desde seu início na década de 90 pelas limitações iminentes da eletrônica baseada no silício, o carbono vem se firmando ao longo do tempo como um candidato promissor para a confecção das futuras gerações de sistemas nanoeletrônicos, nano-ópticos e nanomecânicos. Além da nanoeletrônica, os conhecimentos acumulados nas duas últimas décadas abriram uma gama de outras aplicações, especialmente para os nanotubos de carbono e grafenos. Dentre as muitas aplicações, destacamos seu uso como aditivo para a confecção de compósitos de alto desempenho, como eletrodos para baterias e supercapacitores, suporte para catalisadores, filmes condutores transparentes e telas planas. Mais recentemente, com o advento da Nanomedicina, diversas bioaplicações foram propostas como carregadores de moléculas biológicas, plataforma para crescimento de tecidos vivos, biossensores e sensores para diagnóstico de doenças. Todavia, a transferência para a indústria eletrônica e outras ainda não é possível devido a uma defasagem nos avanços relacionados à síntese controlada e à manipulação química destes nanomateriais. Neste contexto, o foco central deste tema de pesquisa é o processamento químico de nanotubos de carbono e grafenos de forma a torná-los compatíveis com diferentes meios químicos e matrizes viabilizando, assim, suas aplicações tecnológicas. A ênfase nos próximos 04 anos será dada aos seguintes tópicos: i) estudos de dispersão de nanotubos de carbono e grafeno em líquidos; ii) incorporação de nanocarbonos em matrizes refratárias (colaboração com a empresa Magnesita Refratários); iii) aplicação de nanomateriais na aglomeração a frio de minério (acordo de cooperação assinado entre Vale S.A.-CDTN-Fundep); iv) produção de grafites e grafenos (acordo de cooperação assinado entre Codemig-UFMG-CDTN-Fundep); v) funcionalização de nanotubos de carbono biocompatíveis e estáveis em fluidos biológicos de alta força iônica (financiamento do INCT e SisNANO). Palavras-chave: Nanotubos de carbono, grafenos, refratários contendo carbono, dispersão, funcionalização, polietilenoglicol-PEG.</p> |             |              |
| <b>Vagas:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Mestrado: 1 | Doutorado: 2 |
| <b>Docente:</b> Clascídia Aparecida Furtado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |              |
| <b>Tema:</b> MA02 - Manipulação química de nanotubos de carbono e grafenos para aplicações em nanotecnologias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |              |
| <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |              |
| <p>Os materiais de carbono – como os conhecidos grafite e diamante, ou, mais recentemente, fulerenos, nanotubos e grafenos – possuem propriedades mecânicas, térmicas, elétricas, químicas e ópticas singulares, as quais os tornam atrativos para uma extensa gama de aplicações tecnológicas. No panorama da chamada revolução nanotecnológica, motivada desde seu início na década de 90 pelas limitações iminentes da eletrônica baseada no silício, o carbono vem se firmando ao longo do tempo como um candidato promissor para a confecção das futuras gerações de sistemas nanoeletrônicos, nano-ópticos e nanomecânicos. Além da nanoeletrônica, os conhecimentos acumulados nas duas últimas décadas abriram uma gama de outras aplicações, especialmente para os nanotubos de carbono e grafenos. Dentre as muitas aplicações, destacamos seu uso como aditivo para a confecção de compósitos de alto desempenho, como eletrodos para baterias e supercapacitores, suporte para catalisadores, filmes condutores transparentes e telas planas. Mais recentemente, com o advento da Nanomedicina, diversas bioaplicações foram propostas como carregadores de moléculas biológicas, plataforma para crescimento de tecidos vivos, biossensores e sensores para diagnóstico de doenças. Todavia, a transferência para a indústria eletrônica e outras ainda não é possível devido a uma defasagem nos avanços relacionados à síntese controlada e à manipulação química destes</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |              |

nanomateriais. Neste contexto, o foco central deste tema de pesquisa é o processamento químico de nanotubos de carbono e grafenos de forma a torná-los compatíveis com diferentes meios químicos e matrizes viabilizando, assim, suas aplicações tecnológicas.

A ênfase nos próximos 04 anos será dada aos seguintes tópicos:

- i) estudos de dispersão de nanotubos de carbono e grafeno em líquidos (financiamenento do INCT e SisNANO);
- ii) aplicação de nanomateriais na aglomeração a frio de minério (acordo de cooperação assinado entre Vale S.A.-CDTN-Fundep);
- iii) funcionalização de nanotubos de carbono e grafenos para bioaplicações (financiamento do INCT e SisNANO).

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 0 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Edésia Martins Barros de Sousa

**Tema:** MA03 - Materiais Nanoestruturados Multifuncionais para Bioaplicações

#### Descrição

Sistemas nanoestruturados têm sido amplamente explorados em pesquisas biomédicas com grande otimismo para o diagnóstico e terapia do câncer como carreadores de fármacos antineoplásicos, bem como diversas outras classes de doenças, permitindo o emprego mais seletivo das nanopartículas no organismo e podendo aumentar a sensibilidade de tratamento devido a esta proximidade. Nanomateriais possuem propriedades únicas que permitem a acumulação espontânea em tecidos tumorais, tornando-os bons agentes para atuarem como veículos de entrega para liberação controlada de fármacos ou como carreadores estáveis para fármacos e contraste de imagem.

i) Embora nos últimos anos os nanotubos de nitreto de boro vêm sendo explorados na literatura tanto do ponto de vista de síntese e caracterização, bem como de aplicação, é um material relativamente novo e a sua potencialidade é ainda muito pouco explorada. No Brasil, o grupo sob minha coordenação é pioneiro (e talvez o único) na síntese desse material, com o desenvolvimento de rota de síntese própria com pedido de patente registrado, que proporciona características especiais de luminescência nestes nanotubos, o que credencia este material a ser aplicado em diversos campos da tecnologia.

ii) Apesar de muitos trabalhos na literatura tratarem sobre a síntese e caracterização experimental da sílica mesoporosa funcionalizada, incluindo vários sob minha autoria, a sílica mesoporosa com estrutura cúbica, SBA-16, não tem sido estudada extensivamente como uma plataforma para bioaplicação. Até recentemente, nenhum estudo da literatura apresentou uma descrição da funcionalização do SBA-16 com grupos direcionadores, e inexpressiva investigação das interações químicas entre a superfície dos materiais mesoporosos e grupos funcionais para esse sistema. Sua importância destacada frente às outras estruturas de sílica se deve à forma arredondada das nanopartículas e a estrutura de poros cúbica que estão ligados entre si, favorecem a difusão de moléculas no interior da nanopartícula, o que indica um forte potencial para o uso deste material em aplicações biológicas.

Portanto, o principal objetivo deste estudo é explorar a síntese destes sistemas com manipulação química que possibilite o controle do tamanho das nanopartículas e sua funcionalização química superficial, avaliando a potencialidade deles em bioaplicações. Para tanto, questões básicas ainda devem ser resolvidas, conforme propõe este estudo.

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 3 | Doutorado: 2 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** José Domingos Ardisson

**Tema:** MA04 - Síntese e propriedades de materiais nanoestruturados / Espectroscopia Mössbauer

#### Descrição

Tema 01 – Investigação das propriedades estruturais e magnéticas de filmes finos a base de ligas Heusler do tipo X<sub>2</sub>YZ (X=Co, Ni, Y=Fe(57Fe), Z= Al, Si, Sn). Nosso desafio aqui é investigar as propriedades estruturais, magnéticas, ópticas- eletrônicas e de magneto-transporte em nanoestruturas ternárias multifuncionais baseadas em filmes e multicamadas de ligas Heusler do tipo X<sub>2</sub>YZ. A investigação dos filme/multicamadas a base ligas Heusler do tipo X<sub>2</sub>YZ abre uma nova linha de pesquisa em nanocompostos ternários multifuncionais magnéticos, semicondutores, com características magneto-elétricas, com grande potencial de aplicação em spintrônicas, sistemas termoeletrônicas, células solares e etc. Além disso, os elementos XYZ que formam a liga podem ser substituídos por elementos de atividade radiativa reduzida de interesse para o desenvolvimento de tecnologias relacionadas com a

fissão ou fusão e nuclear. Neste estudo serão crescidos e caracterizados por técnicas múltiplas filmes de ligas Heusler do tipo X<sub>2</sub>YZ (X=Co, Ni, Y=Fe(57Fe), Z= Al, Sn e Si) e multicamadas de X<sub>2</sub>YZ /Cu/ X<sub>2</sub>YZ.

Tema 02 - Síntese e caracterização de ligas/compostos híbridos multifuncionais nanoestruturados a base de terras raras e metais de transição/óxidos de ferro magnéticos. Os objetivos deste trabalho são a obtenção e a caracterização de ligas/compósitos magnéticos híbridos e multifuncionais a base de terras raras e metais de transição/óxidos de ferro visando principalmente aplicações biológicas e eletro-eletrônica. Os materiais resultantes serão caracterizados por técnicas múltiplas, como difração de raios-X (DRX), espectroscopia de Mössbauer (EM), microscopia de transmissão (MET), magnetometria de amostra vibrante (VSM).

III – VIABILIDADE E ADERÊNCIA – os temas propostos estão em consonância com os projetos da CNEN/CDTN: 20UX0005011 - P&D em Aplicações na Indústria, Agricultura e Meio Ambiente - PA 0614.10 - Nanociência, Superfícies e Interfaces – Tarefa - 01 - Síntese e propriedades de materiais nanoestruturados: filmes finos e ultrafinos, multicamadas e nanopartículas, 03 - Espectroscopia Mössbauer. Na PGCDTN estão inseridos no projeto de Física Nuclear do Estado Sólido (interações hiperfinas), linhas de pesquisa de materiais avançados e nanotecnologia têm como objetivo a investigação através de técnicas nucleares, principalmente por espectroscopia Mössbauer, das correlações entre as propriedades estruturais, magnéticas .

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 2 | Doutorado: 0 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Maximiliano Delany Martins

**Tema:** MA05 - Investigação de nanoestruturas utilizando microscopia de varredura de sonda de alta resolução (AFM, MFM, STM)

#### Descrição

Os materiais nanoestruturados têm atraído grande interesse de pesquisa nos últimos anos. Devido a suas características de escala de comprimento extremamente pequena e baixa dimensionalidade, em geral esses materiais apresentam propriedades novas em relação a seus homólogos macroscópicos. As propriedades elétricas, eletrônicas e magnéticas podem ser significativamente alteradas em relação ao comportamento macroscópico quando as escalas de tamanho se tornam suficientemente pequenas, com tamanhos comparáveis ou menores do que certos tamanhos característicos como o livre caminho médio do portador e a espessura da parede de domínio magnética. Como exemplo, nos materiais ferromagnéticos, pequenas alterações na forma, no tamanho e na composição do material alteram o equilíbrio de energia. Dependendo de qual termo da energia prevalece (de troca, magnetostática, magnetocristalina, etc.) ocorrerá, ou não, a divisão em domínios, a formação de vórtices magnéticas, ou mesmo configurações mais exóticas como espirais de spin ou skyrmions. Portanto, em princípio, as propriedades magnéticas de nanoestruturas poderiam ser modificadas (ou ajustadas) alterando a forma, o tamanho e a composição da nanoestrutura. Nesse contexto, propomos investigar as propriedades elétricas, eletrônicas e magnéticas (e suas correlações) de sistemas nanoestruturados preparados por diferentes estratégias: (i) top-down (de cima para baixo), como exemplo, arranjos regulares de nanoestruturas obtidas litografia; e (ii) bottom-up (de baixo para cima), como exemplo ilhas e pontos quânticos auto-organizados obtidos por crescimento epitaxial. Como principal ferramenta de estudo experimental vamos utilizar técnicas de microscopia de varredura por sonda de alta resolução (AFM, MFM,STM). Finalmente, os resultados experimentais serão confrontados com resultados de cálculos de simulação numérica e de estrutura eletrônica de modo a melhor entender as correlações de estrutura e magnetismo nos sistemas estudados. Este projeto conta com apoio da FAPEMIG (Edital Universal 2015) e CNPq (Bolsa de Produtividade em Pesquisa).

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 2 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Maximiliano Delany Martins

**Tema:** MA06 - Tratamento de superfície nanoestruturado aplicado a titânio

#### Descrição

O grupo do Laboratório de Nanoscopia (LabNano) do CDTN vem desenvolvendo projeto de pesquisa sobre a modificação da superfície do titânio e, em especial, da preparação de uma camada superficial de titânia nanoporosa através do processo de anodização. Recentemente, foi concluído um estudo sobre a preparação da titânia nanoporosa sobre titânio através da oxidação anódica. Foram testadas algumas condições e, no conjunto de

parâmetros testados, determinou-se uma rota reprodutível para a preparação de uma camada de titânia nanoporosa com propriedades estruturais bem controladas (como o diâmetro médio dos poros e espessura da camada de TiO<sub>2</sub> nanoporoso). Análises feitas em MEV mostraram nanoporos organizados e bem definidos, com morfologia bastante semelhante às imagens encontradas na literatura.

Uma superfície nanoestruturada melhora significativamente a adesão de osteoblastos, o que é um pré-requisito crucial para funções celulares subsequentes, como síntese de proteínas da matriz extracelular e formação de depósitos minerais. Além dos benefícios da camada nanoestruturada, estudos realizados sobre revestimentos em dispositivos biocompatíveis, principalmente os de titânio, também demonstram que uma superfície revestida com compostos de fosfato de cálcio, Ca/P, atua benéficamente no processo de osseointegração. Estes compostos, por possuírem estrutura química similar à fase mineral dos ossos, tendem a se ligar facilmente aos tecidos ósseos adjacentes. O foco deste projeto é determinar uma rota de preparação que tenha como resultado uma camada superficial bioativa de titânia nanoporosa com a incorporação de compostos de fosfato de cálcio (Ca/P). Este projeto conta com suporte do SIBRATEC Centros de Inovação em Nanotecnologia - Rede de Inovação em Nanomateriais e Nanocompósitos (R\$ 260mil, duração 24 meses).

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 1 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Waldemar Augusto de Almeida Macedo

**Tema:** MA07 - Nanoestruturas magnéticas de interesse para spintrônica e aplicações médicas

#### Descrição

Nesta linha de pesquisa do LFA/CDTN são investigadas a síntese e as correlações estrutura - magnetismo de nanoestruturas em camadas em matérias base para dispositivos spintrônicos, tanto na forma de filmes epitaxiais como multicamadas policristalinas. Em multicamadas, temos investigado o acoplamento magnético e efeitos de interface em sistemas baseados em fases antiferromagnéticas de alta temperatura de Néel (TN), e nosso interesse maior deverá se concentrar em nanoestruturas baseadas em Mn<sub>2</sub>Au, um novo material antiferromagnético de TN em torno de 1500 K. Será dada continuidade aos estudos envolvendo o acoplamento magnético em sistemas com Mn<sub>2</sub>Au, em colaboração com D. Givord, focando o desenvolvimento de sistemas para dispositivos para a spintronica baseada em antiferromagnetos, área nova e promissora em materiais magnéticos. Investigaremos também o crescimento e as propriedades estruturais e magnéticas de sistemas epitaxiais como Mn<sub>2</sub>Au/Pd(111) e o crescimento e acoplamento magnético de filmes ultrafinos de Fe e FeCo depositados sobre tal sistema.

Serão também investigadas novas nanoestruturas magnéticas para aplicações médicas (projeto Magnamed, recém aprovado pela Comissão Européia, dentro da chamada H2020-MSCA-RISE-2016). Aqui, iremos explorar, em uma ampla colaboração internacional envolvendo grupos acadêmicos e de empresas, a fabricação e a aplicação de novas nanoestruturas magnéticas (MNS) com configurações únicas de spins, para diagnósticos inovadores e técnicas terapêuticas. O desafio deste projeto é produzir MNS com dimensões nanométricas adequados para aplicações médicas. Várias técnicas de litografia vão ser usadas para fabricar MNS em uma ampla gama de tamanhos (40-4000 nm). Depois de funcionalizadas, as MNS serão exploradas em (i) diagnóstico, usando sensores de magnetoresistência gigante (GMR) para a detecção de biomarcadores tumorais, e (ii) terapia, eficácia de aniquilação de células tumorais, pela ação magneto-mecânica. MAGNAMED é um projeto intersetorial e interdisciplinar, envolvendo física, química, ciência dos materiais e medicina. Resultados deste projeto poderão ter um impacto a médio prazo sobre a estratégia européia para a detecção precoce do câncer e um impacto de longo prazo sobre o desenvolvimento de técnicas terapêuticas novas e inovadoras.

No CDTN, participam do projeto Magnamed o Laboratório de Física Aplicada e o Laboratório de Materiais Nanoestruturados para Bioaplicações.

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 2 | Doutorado: 2 |
|---------------|-------------|--------------|

### Linha: Materiais Avançados

**Docente:** Luiz Oliveira de Faria

**Tema:** MA08 - Investigação da fotoluminescência radio-induzida em polímeros alifáticos-aromáticos em fantasmas 3D.

| Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |           |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|
| <p>Em uma investigação recente realizada no CDTN, dentro das atividades do Grupo de Pesquisa “Novos Materiais para Sensores de Radiação”, foi descoberto o primeiro polímero alifático-aromático biodegradável com propriedades fotoluminescentes já relatado, o poli(Butileno-co-tereftalato) [PBAT]. Este polímero, originalmente sem propriedades fotoluminescentes, se torna fotoluminescente quando irradiado com altas doses de radiação gama. O sinal PL obtido possui comprimento de onda sempre maior que o de excitação, é proporcional à dose de radiação aplicada e pode ser processado inúmeras vezes ao longo de anos, apresentando sempre o mesmo valor. Estas três características são similares às características de materiais não-poliméricos que apresentam radiofotoluminescência (RPL), como por exemplo os vidros fosfatados ativados com prata. Neste contexto, o fenômeno descrito acima foi identificado como “RPL em polímeros”. Uma possível explicação para o fenômeno, formulada a partir de dados de espectrometria no Infravermelho e medidas de “crosslinking”, é que, durante a irradiação gama, ocorre cisão das cadeias com subsequente formação de aminas aromáticas, através da ligação entre os hidrocarbonos aromáticos e grupos NH<sub>2</sub>. Estas aminas aromáticas são conhecidas por apresentarem excelentes propriedades fotoluminescentes. Desta forma, excitando-se os filmes já irradiados com fótons de comprimento de onda variando entre 380 e 420 nm, é possível observar forte emissão fotoluminescente entre 480 e 520 nm, com intensidades que variam proporcionalmente à dose gama utilizada. No presente trabalho pretende-se investigar a fotoluminescência induzida por radiação gama no PBAT aplicada à medidas de distribuição de dose de radiação em fantasmas humanos, a partir da mudança de cor do sistema. Neste sentido será realizado um estudo profundo da variação da cor radio-induzida em função da espessura dos filmes de PBAT, com o objetivo de aumentar a eficiência de detecção da radiação a 10 Gy. Também serão investigados outros polímeros alifáticos-aromáticos, como por exemplo o PBTL, quanto à resposta fotoluminescente, além de outros polímeros com elevada quantidade de anéis aromáticos no interior de seus monômeros. Num segundo estágio da investigação, serão produzidos pequenos fantasmas fotoluminescentes experimentais, feitos de PBAT e/ou algum outro polímero fotoluminescente misturados a um plastificante, do tipo DINCH ou DOPE, e caracterizar a distribuição 3D da dose no seu interior.</p> |           |              |
| Vagas:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Mestrado: | Doutorado: 1 |

**Área: Ciência e Tecnologia dos Materiais – CTMA ou Ciência e Tecnologia dos Minerais e Meio Ambiente- CTMI**

**Linha: Materiais Avançados ou Metalurgia Extrativa e Meio Ambiente**

| <b>Docente:</b> Fernando Soares Lameiras                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tema:</b> MA09 - Recuperação do óxido de ferro da lama residual proveniente do beneficiamento do itabirito                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>A lama proveniente do beneficiamento do itabirito para produção de concentrado de minério de ferro contém um teor de cerca de 50% de ferro. Devido à sua baixa granulometria, o óxido de ferro nela contido não pode ser extraído com a tecnologia atual (no caso, a flotação). Atualmente ela é direcionada para barragens de rejeitos. Após o rompimento da barragem em Mariana – MG, as mineradoras estão incentivando a comunidade científica a executar projetos focados na recuperação do ferro contido nesta lama.</p> <p>Este projeto visa a testar a viabilidade técnica de extração do óxido de ferro contido na lama residual do beneficiamento do itabirito por meio da adição de fundentes e aquecimento ao ar. O fundente a ser utilizado será o carbonato de cálcio, conhecido comercialmente como barrilha. Ele será misturado à lama previamente seca em diferentes proporções. A mistura lama/barrilha, colocada num vasilhame cilíndrico de aço inox, será aquecida ao forno até se obter a fusão do quartzo. Observa-se que o material vítreo assim obtido tende a subir por causa da diferença de densidade em relação aos óxidos de ferro. A goethita, um óxido de ferro hidratado presente na lama, devido ao aquecimento, se transforma em hematita. Nessa transformação ela libera o fósforo adsorvido (um sério contaminante no concentrado de minério de ferro) que se dissolve na fase vítrea. Outros contaminantes presentes, como o alumínio, também se dissolvem na fase vítrea. Após resfriamento, a fase vítrea, que se encontra na parte superior do vasilhame cilíndrico é removida, restando uma fase rica em</p> |

hematita na parte inferior. Os fatores a serem estudados serão: teor de barrilha, umidade da lama, temperatura e taxa de aquecimento. As respostas serão: teores de ferro, silício, fósforo, alumínio e sódio no concentrado e no material vítreo obtido por meio de difração de raios X, fluorescência de raios X, espectroscopia na região do infravermelho e EDS. Serão utilizadas técnicas de planejamento fatorial para execução dos ensaios com significado estatístico (realização de réplicas).

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 0 |
|---------------|-------------|--------------|

## **Área: Ciência e Tecnologia dos Minerais e Meio Ambiente- CTMI**

### **Linha: Geoquímica e Geologia em Recursos Minerais e Meio Ambiente**

**Docente:** Alexandre de Oliveira Chaves

**Tema:** MI01 - Grafitização natural em Goiás: estudos conjugados de geoquímica, geocronologia U-Th-Pb, termobarometria, espectroscopia raman e isótopos de C

#### **Descrição**

Nas últimas duas décadas, o carbono grafitico tem se tornado foco de pesquisas por causa das macromoléculas dele derivadas conhecidas como fullerenos, nanotubos de carbono e grafeno. Estas macromoléculas apresentam várias aplicações nanotecnológicas. A grafita geralmente provém de matéria orgânica (derivada de atividade biológica) que havia sido depositada junto a sedimentos, quando estes posteriormente sofrem transformações a elevadas temperaturas e pressões durante processos metamórficos ao longo do tempo geológico. Durante o processo de grafitização, a matéria orgânica passa progressiva e irreversivelmente por macro e nanoestruturas intermediárias até atingir a estrutura estável da grafita. No Brasil, a grafita de alta cristalinidade extraída na mineração encontra-se normalmente associada a rochas metassedimentares pré-cambrianas de alto grau metamórfico, como xistos e gnaisses paraderivados. A caracterização geológica detalhada dos processos de metamorfismo e conexas grafitização, ocorridos durante o Paleoproterozoico, e dos seus produtos guardados em xistos, paragneisses e metagranitoides de Goiás (GO), constitui o objetivo geral do presente projeto. Para a execução deste projeto serão realizados estudos conjugados de litoquímica, química mineral, geocronologia U-Th-Pb em monazitas associadas à grafita, termobarometria, espectroscopia Raman, microscopia eletrônica de transmissão e isótopos de C e Sm-Nd. A correta caracterização da origem e do grau de cristalinidade da grafita da área a ser estudada neste projeto permitirá aos cientistas dos materiais definir de maneira adequada o seu melhor uso em nanotecnologia. Os resultados serão interpretados à luz do contexto geodinâmico paleoproterozoico regional, com vistas a fornecer subsídios para a prospecção de grafita de alta cristalinidade (com aplicações tecnológicas) no território nacional. Os recursos para a execução do projeto serão oriundos de projeto de pesquisa do CNPq.

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 1 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Francisco Javier Rios

**Tema:** MI02 – (1) Estudo depósitos de urânio + sulfetos de Fm Moeda (MG); (2) Mineralização de Terras Raras (+ U e Th) dos Granitos Rondonianos (RO)

#### **Descrição**

**TEMA 1. Objetivo:** Será estudada a Proveniência e hidrotermalismo associados com os depósitos de urânio + sulfetos de Fm Moeda, Sinclinal do Gandarela e Serra das Gaivotas, localizados no Quadrilátero Ferrífero de MG.

**Justificativa:** O trabalho é a continuidade da pesquisa sobre caracterização de minerais uraníferos que esta sendo desenvolvido na Fm Moeda (com previsão de finalização para Fevereiro de 2016).

**Recursos Disponíveis:** A pesquisa deverá ser apoiada com recursos de dois projetos em andamento (FAPEMIG e CNPq).

**TEMA 2. Objetivo:** Serão estudadas as mineralizações de Terras Raras (+ U e Th) associadas aos granitos greisenizados do tipo Rondoniano, localizados na área tipo do Maciço de Santa Barbara, Itapoã do Oeste, Rondônia.

**Justificativa:** A pesquisa procurará estabelecer quais são os tipos e metagênese das terras raras (+ U e Th) associados com a granitogênese Rondoniana, utilizando com referência os corpos que aforam na área tipo do Maciço de Santa Bárbara.

|                                                                                                                                                             |             |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| Recursos Disponíveis: A pesquisa deverá ser desenvolvida com recursos do CNPq e da Empresa CSN, detentora dos direitos de lavra do Maciço de Santa Bárbara. |             |              |
| <b>Vagas:</b>                                                                                                                                               | Mestrado: 1 | Doutorado: 1 |

### **Linha: Metalurgia Extrativa e Meio Ambiente**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| <b>Docente:</b> Carlos Antônio de Moraes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |              |
| <b>Tema:</b> MI03 - Desenvolvimento de processos hidrometalúrgicos para purificação de licores e recuperação de metais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |              |
| <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |              |
| <p>O principal foco do tema é o desenvolvimento de processos para a recuperação U, Th, Fe e Terras raras de licores gerados a partir de resíduos industriais e concentrados minerais, através de técnicas hidrometalúrgicas, como extração por solventes, lixiviação e precipitação química. Os metais tório, urânio e ferro geralmente presentes em licores de terras raras apresentam importância estratégica com diversas aplicações industriais. O urânio e o tório são aplicados em reatores nucleares para geração de energia, os elementos terras raras (ETR) apresentam inúmeras aplicações tais como na óptica e em ímãs permanentes e estão em crescente evidência mundial, e o ferro é um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre e apresenta uma vasta aplicação como, por exemplo, na construção civil e na indústria automobilística.</p> <p>A partir dos resultados obtidos espera-se alcançar o desenvolvimento de tecnologias e inovação de processos de extração metalúrgica para separação dos metais tório e urânio, ferro e terras raras a fim de obtê-los individualmente. A recuperação destes elementos do licor de terras raras se dará através do desenvolvimento de um processo específico onde serão contempladas as etapas hidrometalúrgicas de extração líquido-líquido visando à obtenção dos seus respectivos óxidos de elevada pureza. Os resultados obtidos serão amplamente divulgados em revistas especializadas e em apresentações em congressos.</p> <p>Os recursos necessários para o desenvolvimento dos trabalhos estão contemplados em dois projetos de pesquisa aprovados em órgão de fomento: (i) Chamada MCTI/CNPq/CT-Mineral Nº 76/2013 - Desenvolvimento de tecnologias para aproveitamento de fontes secundárias de terras raras, caracterização microquímica / mineralógica e aplicações na cadeia produtiva; (ii) PPM X - Apoio ao Pesquisador Mineiro (2016) - Desenvolvimento de processo para a separação de urânio, tório e terras raras a partir de licores gerados na lixiviação de resíduos industriais estocados em caldas, MG.</p> <p>O Serviço de Tecnologia Mineral do CDTN dispõe de infraestrutura laboratorial com laboratórios de extração por solventes e químicos, estrutura analítica, possui grande variedade de extratantes e recursos de projetos de órgãos de fomento necessários para o desenvolvimento do trabalho.</p> |             |              |
| <b>Vagas:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Mestrado: 2 | Doutorado: 0 |

### **Linha: Técnicas Nucleares na Indústria e Meio Ambiente**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <b>Docente:</b> Alberto Avellar Barreto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |
| <b>Tema:</b> MI04 - Avaliação da qualidade do ar e seus impactos ambientais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |  |
| <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
| <p>Diversas questões sobre as condições de qualidade do ar, principalmente em regiões próximas a grandes centros urbanos e áreas industrializadas, têm sido objeto de preocupação da sociedade e seus órgãos gerenciadores. Os impactos associados às emissões de uma determinada instalação existente ou a ser implantada, além da interação entre os diversos efluentes liberados por um conjunto de instalações requerem estudos detalhados para que se obtenha um diagnóstico confiável. Neste cenário propõe-se a realização de dois estudos ligados às questões de licenciamento ambiental e nuclear ou que utilizam técnicas nucleares visando o aprimoramento do conhecimento e a compreensão de problemas ambientais de interesse da sociedade, são eles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Avaliação do impacto radiológico ambiental das efluentes atmosféricos de radionuclídeos de instalações radioativas e nucleares;</li> <li>•Utilização de técnicas nucleares e de modelagem computacional para avaliação do impacto das emissões atmosféricas em uma área da RMBH.</li> </ul> |  |  |

Para tanto, são disponibilizadas ferramentas de modelagem computacional, tais como aplicativos da área de dispersão atmosférica e geoprocessamento, além de uma infraestrutura computacional compatível com a necessidade destes estudos. Cita-se também a possibilidade de utilização de equipamentos de monitoramento em campo de diversos parâmetros ambientais.

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 0 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Clédola Cássia Oliveira de Tello

**Tema:** MI05 - Estudo e desenvolvimento de processos e materiais para tratamento e deposição de rejeitos radioativos e perigosos

#### Descrição

Diante do acelerado processo de industrialização observado no Brasil, acompanhado pela expansão demográfica decorrente deste processo, tem havido um aumento considerável na produção de todas as formas de rejeito, principalmente os de origem industrial. Em contrapartida, o gerenciamento e o desenvolvimento de processos de tratamento e reaproveitamento destes rejeitos não acompanha o ritmo de sua geração, causando danos ao homem e ao meio ambiente devido a seu manuseio, transporte e armazenamento inadequados.

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é responsável por fiscalizar e controlar a atividade nuclear e o uso dos radionuclídeos no território nacional, incluindo o recebimento e a guarda segura dos rejeitos radioativos gerados. Da mesma forma, o IBAMA é responsável pela área dos rejeitos industriais, principalmente os perigosos. Particularmente, os rejeitos perigosos, incluindo os radioativos, devem ser gerenciados de modo a garantir a segurança do meio ambiente e das gerações presente e futura.

Este Projeto envolve as atividades de PD&I para a seleção de materiais e o desenvolvimento de processos para o tratamento de rejeitos radioativos e industriais, buscando o armazenamento seguro dos primeiros e a utilização dos produtos gerados pelos últimos. A implantação do Repositório Nacional trará a solução para o armazenamento dos rejeitos radioativos, garantindo a sustentabilidade do setor nuclear e atendendo a aspectos legais, técnicos, sociais, econômicos e ambientais. Sendo um empreendimento ímpar necessita de pesquisas específicas, para alcançar o desempenho pretendido no médio e longo prazo. Pesquisas que contribuirão para a tomada de decisão em diversas áreas, como no controle do inventário, na seleção dos materiais e processos a serem utilizados no repositório, na definição dos modelos de migração de radionuclídeos a serem adotados para a análise de segurança, no desenvolvimento de programas de aceitação da energia nuclear.

Os principais resultados são: orientações de doutorado, mestrado e iniciação científica; dissertações e teses; publicações em periódicos e congressos científicos; formação de pessoal; estabelecimento de processos de tratamento de rejeitos dentro de normas e padrões nacionais e internacionais; estabelecimento de protocolos de avaliação de processos, materiais e produtos para utilização de resíduos como matéria-prima; patentes; atendimento à indústria nuclear e não nuclear. A infraestrutura disponível é a do SEGRE.

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 2 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Rubens Martins Moreira

**Tema:** MI06 - Isótopos Estáveis e Radioativos na Avaliação e Prevenção de Impactos Ambientais

#### Descrição

Justificativa:

Desde a implantação do reator Triga (1960) o IPR, depois CDTN, iniciaram a utilização de traçadores radioativos em aplicações de estudos e diagnósticos de processos industriais e ambientais. O grupo responsável por esta linha nunca sofreu descontinuidade no tempo e prestou relevantes serviços que externalizaram os trabalhos da Instituição. Com os radiotraçadores produzidos pelo Triga foram realizados trabalhos para companhias como Petrobrás, Portobrás, CVRD, Cemig, Copasa, Bunge, Mannesmann, Acesita, Samarco, INB, Belgo e diversas outras. Posteriormente os radiotraçadores foram introduzidos em estudos de processos ambientais de interesse socioeconômico relevante: sedimentologia e erosão, hidrologia e hidrogeologia. A aplicação combinada das várias técnicas e espécies de traçadores pode proporcionar um efeito de sinergia na abordagem avaliação de riscos e na prevenção de acidentes como o de grandes proporções que ocorreu no rompimento da barragem de rejeitos de minério em Bento Rodrigues

Objetivo Geral:

Pretende-se desenvolver e otimizar uma metodologia de avaliação e prevenção de riscos de rompimento de barragens, de rejeitos ou de acumulação de águas com base informações que podem ser obtidas das assinaturas isotópicas das águas de chuva e das águas a montante e a jusante de barragens, juntamente com as técnicas de medição de velocidade de águas subterrâneas em poços ou piezômetros a jusante perfilando variações verticais na concentração de radiotraçadores ou fluorescentes injetados ad hoc.

Resultados esperados

Deteção, localização e quantificação de fugas em barragens muito antes que coloquem em risco a integridade da estrutura. Disponibilização de um método para evitar acidentes de grandes proporções (na própria região do recente acidente existem outras barragens sob risco; no Estado de Minas Gerais são centenas, estando algumas dela em estado de risco).

Recursos disponíveis

Laboratórios de espectrometria de massas, de cintilação líquida, laboratório de H-3 ambiental e Rn-222, sistemas detectores de radiação e de amostragens de campo, reator nuclear, análise por ativação, software e hardware para geoprocessamento. Além dos recursos previstos no edital aprovado da Finep, quatro projetos nessa linha de pesquisa foram aprovados por agências de fomento: dois pela Fapemig (Recuperação da bacia do Rio Pandeiros e Recuperação de Bacia do Rio Doce) e dois pela IAEA (Traçadores em mineração e Águas subterrâneas em centrais nucleares).

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 0 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Rubens Martins Moreira

**Tema:** MI07 - Isótopos Naturais em Estudos de Processos Ambientais

#### Descrição

Justificativa:

Desde a implantação do reator Triga (1960) o IPR, depois CDTN, iniciaram a utilização de traçadores radioativos em aplicações de estudos e diagnósticos de processos industriais e ambientais de interesse socioeconômico relevante: sedimentologia e erosão, hidrologia e hidrogeologia. A evolução das técnicas e normas de segurança, impulsionou o uso de radionuclídeos naturais e não-radioativos e mais recentemente aplicações de isótopos estáveis com a disponibilização dos espectrômetros de massa. O CDTN tem se esforçado para dominar e empregar estas metodologias ainda pouco conhecidas em nosso país, o que demanda considerável domínio dos conhecimentos subjacentes aos processos físicos e químicos que estes traçadores informam e o desenvolvimento de novas utilizações em processos ambientais específicos do meio ambiente de nosso país. Por último, assiste-se atualmente no Centro o desenvolvimento de metodologias de uso de radionuclídeos radiogênicos e cosmogênicos aplicadas aos estudos ambientais.

Objetivo Geral:

Domínio e capacitação da metodologia analítica (espectrometria de massa, análises radiométricas), desenvolvimento das técnicas de processamento e avaliação dos resultados e a aplicação em estudos de processos ambientais antropogênicos ou naturais.

Resultados

Desenvolvimento de metodologias analíticas e de controle de qualidade, interpretação de processos ambientais, proporcionando diagnósticos, avaliação de impactos e apoio a programas de remediação. Produção de relatórios técnicos e publicações. Integração com grupos de pesquisa nacionais e internacionais.

Recursos disponíveis

Laboratórios de espectrometria de massas, de cintilação líquida, laboratório de H-3 ambiental e Rn-222, sistemas detectores de radiação e de amostragens de campo, reator nuclear, análise por ativação e cromatografia, software e hardware para geoprocessamento. Além dos recursos previstos no edital aprovado da Finep, quatro projetos do SEMAM nessa linha de pesquisa foram aprovados por agências de fomento: dois pela Fapemig (Perdas de água na bacia do Rio Pandeiros e Recuperação de Bacia do Rio Doce) e dois pela IAEA (Traçadores em mineração, Águas subterrâneas em áreas de centrais nucleares).

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 0 | Doutorado: 3 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Stela Dalva Santos Cota

**Tema:** MI08 - Avaliação da segurança radiológica ambiental de depósitos de rejeitos por meio de abordagens probabilísticas

#### Descrição

A disposição inadequada dos resíduos gerados pelos processos de extração e beneficiamento de minérios contendo elevadas concentrações de U, Th e seus produtos de decaimento pode levar à contaminação dos solos e águas subterrâneas e, conseqüentemente, à necessidade de remediação de grandes áreas. Na área de engenharia nuclear, os modelos matemáticos que descrevem os mecanismos de transporte de radionuclídeos em sistemas ambientais são largamente utilizados em estudos de avaliação de segurança radiológica de depósitos de rejeitos radioativos, instalações nucleares e radiativas, bem como de instalações não-nucleares que manipulam materiais com urânio e tório associados. Esses estudos são parte integrante dos processos de licenciamento ambiental e nuclear dos empreendimentos. Usualmente, as abordagens matemáticas utilizadas têm se limitado principalmente à aplicação de modelos determinísticos. Entretanto, as melhores práticas internacionais recomendam que as incertezas associadas às previsões feitas pelos modelos sejam quantificadas, o que implica na utilização de métodos estocásticos que incorporem a variabilidade natural de sistemas ambientais. A quantificação das incertezas implica na obtenção de resultados associados a faixas de confiabilidade, garantindo, assim, que os riscos relacionados à disposição de rejeitos, dentro de um determinado nível de confiança, sejam inferiores aos limites aceitáveis, maximizando a segurança radiológica do homem e do meio ambiente. O projeto proposto irá avaliar diferentes modelos que incluam abordagens probabilísticas para a estimativa de dose efetiva total no ser humano, considerando diversos cenários de exposição, em uma área piloto da Instalação Minero-Industrial de Urânio de Caldas, MG. Além da produção científica associada ao projeto, busca-se a consolidação de um grupo de pesquisa que atue na avaliação de segurança radiológica por meio da utilização de modelos determinísticos e estocásticos é importante para subsidiar organizações privadas e governamentais no gerenciamento de áreas contaminadas por radionuclídeos. O financiamento desse projeto foi solicitado à FAPEMIG através do Edital Universal 2017.

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 0 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Stela Dalva Santos Cota

**Tema:** MI09 - Isótopos ambientais e sua aplicação em estudos climáticos e hidrológicos

#### **Descrição**

Traçadores nucleares convencionais, tais como O-18, H-2, H-3, C-14 e C-13, têm sido importantes ferramentas em estudos hidrológicos e hidrogeológicos. Modelagens matemáticas na hidrologia permitem a descrição e predição do comportamento da água nos fluxos hidrológicos a partir da consideração dos processos dinâmicos e termodinâmicos atuantes na atmosfera e hidrosfera terrestres. Isto é especialmente importante em áreas tropicais, onde as complexidades da circulação atmosférica e a intensidade sazonal limitam a capacidade de prever mudanças nos padrões de precipitação e de disponibilidade de água. Esse tema de pesquisa tem como objetivo a definição de modelos conceituais de circulação hídrica baseados na análise dos isótopos naturais em precipitação e corpos hídricos (águas de superfície e subterrânea). A definição dessas assinaturas isotópicas pode atuar como importantes ferramentas na interpretação e simulação dos ciclos hidrológicos terrestres. Um bom conhecimento do comportamento da circulação da água através de modelos climáticos e hidrológicos regionais pode, por sua vez, nortear políticas públicas de recursos hídricos para avaliar sua disponibilidade em cenários naturais e de impactos antropogênicos. Para desenvolvimento dos trabalhos, o CDTN dispõe da seguinte infraestrutura: o Núcleo de Técnicas Nucleares aplicadas ao Meio Ambiente, composto pelo Laboratório de Aplicações de Modelagem Ambiental e Geotecnologias (LAMAG), o Laboratório de Razões Isotópicas para análises de O-18, H-2 e C-13 e a Estação Meteorológica (EMET). Complementarmente, o Núcleo participa da Global Network of Isotopes in Precipitation (GNIP).

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 0 | Doutorado: 1 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Stela Dalva Santos Cota

**Tema:** MI10 - Uso de isótopos ambientais na avaliação de conexões hidráulicas entre formações hidrogeológicas

#### **Descrição**

No estado de Minas Gerais, o Quadrilátero Ferrífero (QF) se notabiliza pelas suas enormes reservas de ferro, ouro e manganês, historicamente conhecidas e exploradas. Outro recurso mineral de grande importância em suas formações geológicas são as águas subterrâneas. Essa abundância ocorre devido à perfeita combinação entre clima, litologias e condições

geomorfológicas, sendo os itabiritos a litologia que possui as melhores potencialidades aquíferas, responsável por armazenar e conduzir elevados volumes de águas. Esses aquíferos comumente estão situados nos flancos das serras, possuindo grande importância nas recargas aquíferas, e são “selados” em sua base por filitos, pertencentes à formação Batatal (aquitado). Até o momento, assume-se para efeitos práticos que a drenança através desses filitos não é significativa para o modelo conceitual de circulação hídrica. Entretanto, tendo em vista o grande fraturamento reconhecido no QF, essa premissa vem sendo questionada, em especial por causa da sua potencial relação com a segurança hídrica da cidade de Belo Horizonte. O objetivo geral da pesquisa é verificar se técnicas envolvendo isótopos ambientais são capazes de fornecer subsídios suficientes para caracterizar e quantificar o grau de conexão entre os aquíferos, contribuindo para a elaboração de modelos conceituais de fluxo hídrico subterrâneo da região. Espera-se que com o resultado desse trabalho as instituições de pesquisa brasileiras possam ser incentivadas a aprimorar as técnicas de avaliações de conexões aquíferas em camadas mergulhantes utilizando os isótopos ambientais como identificadores do comportamento dos seus aquíferos. Os dados necessários para realização dos estudos serão obtidos das seguintes fontes: CPRM, USGS, AIEA/GNIP, sondagens de empresas locais, poços tubulares, Projeto Manuelzão e HidroWeb. A pesquisa conta com as infraestruturas do Laboratório de Geoprocessamento e do Laboratório de Razões Isotópicas, assim com a Estação Meteorológica, todos do CDTN.

|                                                                                                                                   |             |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b>                                                                                                                     | Mestrado: 1 | Doutorado: 0 |
| <b>Docente:</b> Vanusa Maria Delage Feliciano                                                                                     |             |              |
| <b>Tema:</b> MI11 - Distribuição espacial dos teores de metais e radionuclídeos em solos de subbacias do Planalto Poços de Caldas |             |              |
| <b>Descrição</b>                                                                                                                  |             |              |
| Avaliação de impacto ambiental radiológico e determinação dos níveis de radiação natural.                                         |             |              |
| <b>Vagas:</b>                                                                                                                     | Mestrado: 1 | Doutorado: 0 |

## Área: Ciência e Tecnologia das Radiações- CTRA

### Linha: Metrologia das Radiações

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Docente:</b> Luiz Claudio Meira Belo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Tema:</b> RA01 - Estudo de propriedades dosimétricas de cerâmicas de aluminas translúcidas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Os detectores de radiação baseados em monocristais com deficiência aniônica do tipo $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :C, (alumina) tornaram-se especialmente importantes para a dosimetria de estado sólido devido à sua alta sensibilidade e versatilidade para aplicações em termoluminescência e luminescência opticamente estimulada. Detectores comerciais de $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :C monocristalinos (TLD500), produzidos em atmosfera altamente redutora e em presença de carbono, têm uma elevada concentração de vacâncias de oxigênio, que são responsáveis pela elevada sensibilidade à radiação ionizante apresentada por este material. Detectores cerâmicos de alumina produzidos no CDTN por meio do processo sol-gel, seguido de calcinação, prensagem e sinterização [1] apresentaram alta sensibilidade às radiações ionizantes, chegando a ser 24 vezes mais sensíveis que o detector comercial LiF:Mg,Ti (TLD100) e apresentar cerca de 52% da sensibilidade do detector $\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :C comercial [2]. Embora a alumina monocristalina (comercial) e da alumina cerâmica desenvolvida no CDTN apresentem a mesma fórmula molecular, suas características físicas e dosimétricas são distintas no que se refere à transparência. O material monocristalino apresenta elevada translucência e a cerâmica é quase opaca. A produção de cerâmicas de alumina translúcidas é um processo conhecido na literatura [3] e pode ser de grande interesse o desenvolvimento de estudos visando associar técnicas de sinterização em atmosfera redutora seguida de resinterização em condições de alto vácuo. O objetivo principal deste estudo é aumentar a translucência do detector cerâmico, buscando manter ou aprimorar as características dosimétricas deste material. Para tanto será necessário estudar as propriedades dosimétricas, térmicas e ópticas destes detectores por meio de técnicas de termoluminescência, luminescência opticamente estimulada, difração de raios x, espectrofotometria, fluorimetria e demais técnicas que se fizerem necessárias durante o desenvolvimento do trabalho. |
| Referências:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| <p>[1] Ferreira, H.R. and Santos, A., (2015). Radiation Protection Dosimetry 163(2):166-72.</p> <p>[2] Meira-Belo, L. C. et al., ISSD 2014, disponível em <a href="http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/110/45110584.pdf">http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/110/45110584.pdf</a>. Acesso em 01/09/2016.</p> <p>[3] Genova, L. A., 1993, Dissertação de mestrado. Disponível em: <a href="http://pelicano.ipen.br/posg30/textocompleto/luis%20antonio%20genova_m.pdf">http://pelicano.ipen.br/posg30/textocompleto/luis%20antonio%20genova_m.pdf</a> Acesso em 01/09/2016.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |              |
| <b>Vagas:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Mestrado: 1 | Doutorado: 0 |
| <b>Docente:</b> Marco Aurélio de Sousa Lacerda                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |              |
| <b>Tema:</b> RA02 - Caracterização de sistema de dosimetria TL para uso em monitoração pessoal de campos de radiação neutrônica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             |              |
| <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |              |
| <p>A exposição a campos de radiação neutrônica afeta inúmeras pessoas como: trabalhadores da área de mineração e prospecção de petróleo e gás natural; trabalhadores de instalações radiativas e nucleares (exemplo: reator nuclear e ciclotron do CDTN, aceleradores de elétrons usados em esterilização de materiais médicos e beneficiamento de pedras preciosas, etc); pacientes e trabalhadores de hospitais que utilizam aceleradores lineares em procedimentos radioterápicos; passageiros e tripulação em aviões comerciais, etc. O aumento no número de ciclotrons no Brasil, impulsionado pela quebra do monopólio da união no comércio e produção de radioisótopos de meia-vida curta, contribui, também, para o aumento do número de pessoas expostas a campos de radiação neutrônica.</p> <p>A monitoração individual de nêutrons é consideravelmente menos estabelecida que a monitoração individual de fótons devido, principalmente, à impossibilidade de se encontrar um detector com resposta adequada para todo o espectro energético normalmente encontrado nos ambientes de trabalho com fontes neutrônicas.</p> <p>A alta dependência energética dos dosímetros para as energias comumente encontradas nas instalações radiativas e nucleares introduzem grandes desafios para a execução das medidas com bom nível de exatidão. A calibração "in loco" do dosímetro é muitas vezes recomendada. Neste caso, a leitura do mesmo é comparada com a melhor estimativa da dose determinada através de medidas com monitores de área, espectrômetros (como o espectrômetro de Bonner) e / ou simulações computacionais.</p> <p>O objetivo do projeto é caracterizar o sistema dosimétrico recém-adquirido pelo CDTN/CNEN para uso na monitoração ambiental e pessoal de campos de radiação neutrônica. Uma vez caracterizado esse sistema, o mesmo poderá ser utilizado no mapeamento dos campos de radiação e quantificar as doses ocupacionais e públicas decorrentes da presença de nêutrons nas áreas vizinhas ao Reator e ao Ciclotron do CDTN, fornecendo dados importantes para otimização da proteção radiológica do trabalhador e indivíduo do público e contribuindo para o estabelecimento dos níveis de restrições de doses.</p> |             |              |
| <b>Vagas:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Mestrado: 1 | Doutorado:   |
| <b>Docente:</b> Marco Aurélio de Sousa Lacerda                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |              |
| <b>Tema:</b> RA03 - Uso de ferramentas computacionais na otimização de sistemas dosimétricos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |              |
| <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |             |              |
| <p>O uso de sistemas dosimétricos confiáveis é imprescindível para avaliação da exposição de: (a) pacientes submetidos a procedimentos de radiodiagnóstico (ex: mamografia, radiologia convencional e intervencionista, tomografia computadorizada (TC), tomografia por emissão de pósitrons acoplada à tomografia computadorizada (PET/CT), etc); (b) pacientes submetidos a procedimentos radioterápicos (ex: radioterapia convencional 2-D, radioterapia conformacional 3-D, radioterapia com intensidade modulada (IMRT), radioterapia guiada por imagem (IGRT), radioterapia estereotáxica, braquiterapia, etc); (c) indivíduos ocupacionalmente expostos (IOEs), ou seja, trabalhadores expostos nas diversas aplicações das radiações ionizantes (ex: profissionais da radiologia intervencionista, dos centros de medicina nuclear e de produção de radiofármacos, de instalações radiativas e nucleares diversas, etc) e; (d) indivíduos do público, em geral, ou seja, indivíduos não submetidos à exposição médica ou ocupacional.</p> <p>O emprego de ferramentas computacionais tem permitido avanços significativos na otimização dos sistemas dosimétricos, uma vez que além de facilitar e acelerar as análises, torna possível simular e avaliar a influência dos diferentes parâmetros separadamente. São inúmeras as aplicações dessas ferramentas em dosimetria.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |              |

O objetivo desse projeto de pesquisa é utilizar / implementar ferramentas computacionais na otimização de sistemas dosimétricos utilizados pelo Laboratório de Calibração de Dosímetros (LCD) do CDTN, visando a melhoria da confiabilidade metrológica nas seguintes áreas / aplicações: (a) proteção do paciente em radioterapia; (b) proteção dos trabalhadores e indivíduos do público da área de radiologia intervencionista e medicina nuclear e; (c) espectrometria de nêutrons. Para isso, serão caracterizados e modelados os sistemas dosimétricos do LCD/CDTN. Simulações computacionais com o código de monte Carlo (MCNP e GEANT) serão realizadas para validar as medidas experimentais utilizando esses sistemas.

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 2 | Doutorado: 1 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Maria do Socorro Nogueira Tavares

**Tema:** RA04 - Estabelecimento de níveis de referência em mamografia digital e tomossínteses de mama

#### Descrição

Os requisitos de qualidade da imagem e as doses de referência no Brasil são estabelecidos pela norma técnica contida na Portaria nº 453 do Ministério da Saúde publicada no ano de 1998 (BRASIL, 1998, 2005), e estes já não refletem as atuais condições técnicas das instalações radiológicas brasileiras. Considerando a perspectiva de digitalização do parque tecnológico nos próximos anos, mantendo os equipamentos de mamografia analógicos, e a evidência de falta de otimização na maioria dos sistemas mamógrafo-CR (NOGUEIRA, 2013), surge-se a necessidade de se avaliar a situação destas instalações com base no risco-benefício, para subsidiar os órgãos reguladores com o conhecimento científico e tecnológico necessário para se regular o uso desta tecnologia, protegendo e promovendo a saúde pública no Brasil. A avaliação da dose glandular média nos sistemas DR e em uma variedade de combinações de marcas e modelos de mamógrafo e sistemas CR permitirá o estabelecimento de níveis de referência para a mamografia digital tal como é recomendado por distintos organismos internacionais. A inclusão da tomossíntese de mama (TDM) nos programas de rastreamento populacional ou como exames rotineiros têm sido analisados em uma série de investigações que tiveram como objetivos comparar a sensibilidade e a especificidades da TDM somente e TDM como prova adicional ou complementar da mamografia convencional (2D). Os distintos fabricantes apresentam diferenças significativas nos equipamentos, desde o modo de aquisição da (ângulo de tomossíntese, nº de projeções e algoritmos de reconstrução) aos protocolos recomendados para realizar os exames (tomo +2D em uma única projeção, tomo em uma projeção e 2D na outra, 2D e tomo só em casos de suspeita, etc). É portanto muito relevante o desenvolvimento de procedimentos de tomossínteses de mama para o controle de qualidade, medida de doses e avaliação da qualidade da imagem, tantos no controle de qualidade do equipamento como também a medida da dose em pacientes, objetivando o cálculo de risco neste tipo de procedimento como também o estabelecimento de níveis de referência, que não há em nível nacional e nem internacional, são objetivos desta pesquisa, em procedimento de mamografia digital e tomossíntese de mama. Estão disponíveis no LARAM/CDTN a infraestrutura, equipamentos e algumas técnicas já estabelecidas, como também parcerias com clínicas de tomossínteses.

|               |           |              |
|---------------|-----------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: | Doutorado: 2 |
|---------------|-----------|--------------|

**Docente:** Teogenes Augusto da Silva

**Tema:** RA05 - Aperfeiçoamento da base metrológica para calibração de dosímetros em campos de radiação beta.

#### Descrição

No campo da metrologia de radiação beta, um Sistema Padrão Secundário Beta (BSS2) foi instalado e devidamente caracterizado e foi estudada as características de uma câmara de extrapolação PTW modelo 23392 para usá-la como padrão primário de dose absorvida. Três grandezas são relevantes na dosimetria de radiação beta: a dose absorvida no tecido na profundidade de 0,07 mm de tecido,  $DT(0,07)$ , O equivalente de dose direcional a 0,07 mm,  $H'(0,07)$  e o equivalente de dose pessoal,  $Hp(0,07)$  e  $Hp(3)$ . É função de um laboratório de metrologia estabelecer a rastreabilidade das medições destas grandezas, calibrando e estudando o desempenho de dosímetro que serão usados para fins de proteção radiológica. O objetivo deste projeto é aperfeiçoar o procedimento de calibração e de testes de desempenho em campos de radiação beta no Sistema Padrão Secundário, BSS2, por meio de três objetivos específicos:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• dar continuidade à caracterização da câmara de extrapolação PTW 23392 como padrão primário de medição dose absorvida;</li> <li>• finalizar a caracterização dos campos padrões de radiação beta</li> <li>• Realizar ensaios de desempenho de dosímetros em termos do equivalente de campos de radiação beta.</li> </ul> |             |              |
| <b>Vagas:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Mestrado: 1 | Doutorado: 0 |

## **Linha: Radiações Ionizantes na Saúde e Biologia**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| <b>Docente:</b> Antero Silva Ribeiro de Andrade                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |              |
| <b>Tema:</b> RA06 - Desenvolvimento de radiofármacos baseados em aptâmeros                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             |              |
| <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |              |
| <p>Apesar da variedade de radiofármacos utilizados para a imagiologia de infecções e inflamação na prática de medicina nuclear, a avaliação de longo prazo demonstrou que a maioria destes não distingue infecção de inflamação. Nenhuma técnica de imagem que avalie, especificamente e com precisão, a presença microrganismos patogênicos em diferentes localizações anatômicas no corpo humano está disponível atualmente para auxiliar na tomada de decisões clínicas.</p> <p>Aptâmeros de ácidos nucleicos são oligonucleotídeos que apresentam alta afinidade e especificidade para seus alvos moleculares. A metodologia SELEX (do inglês “Systematic Evolution of Ligands by Exponential Enrichment”) permite, através de ciclos de enriquecimento e amplificação, gerar aptâmeros para qualquer classe de moléculas orgânicas e mesmo para células integras. Aptâmeros podem ser marcados com diferentes radioisótopos (tais como <sup>99m</sup>Tc, <sup>18</sup>F, <sup>68</sup>Ga, <sup>125</sup>I e <sup>188</sup>Re) e vem se apresentando como uma classe de moléculas promissora para o desenvolvimento de radiofármacos. São moléculas que apresentam propriedades quase ideais para aplicação como radiofármacos de diagnóstico, como: alta especificidade por seus alvos moleculares, ausência de imunogenicidade e toxicidade, rápida eliminação do sangue devido a seu baixo peso molecular e hidrofobicidade, alta penetração nos tecidos e permitir altas relações alvo background em curtos intervalos de tempo. Aptâmeros podem ainda ser estocados por longo tempo e transportados à temperatura ambiente. Esse projeto visa a obtenção e avaliação de aptâmeros específicos para identificação de agentes infecciosos como bactérias, fungos ou vírus. Os aptâmeros selecionados serão marcados com <sup>99m</sup>Tc e avaliados para o diagnóstico de infecções através da cintilografia. Aptâmeros radiomarcados específicos para agentes infecciosos poderiam dar uma contribuição significativa para o diagnóstico de infecções, permitindo determinar o foco primário da infecção, o grau de disseminação ou se o local de determinada cirurgia ou prótese está envolvido. Através deste projeto pretende-se implantar uma plataforma tecnológica para o desenvolvimento de novos radiofármacos, gerando moléculas que possam superar as limitações dos radiofármacos em uso, com impactos diretos na pesquisa clínica.</p> <p>Recursos de órgão de fomento:</p> <p>FAPEMIG - Programa Pesquisador Mineiro VIII – Projeto: Desenvolvimento de radiofármacos baseados em aptâmeros (TEC - PPM-00129-14). Valor total: R\$ 48000,00.</p> |             |              |
| <b>Vagas:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Mestrado: 1 | Doutorado: 1 |
| <b>Docente:</b> Maria José Neves                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |              |
| <b>Tema:</b> RA07 - Geração de radicais livres por drogas anticancerígenas e poluentes metálicos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |              |
| <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |              |
| Efeito da radiação ionizante em células tratadas com diferentes drogas ou nanopartículas na resposta biológica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |              |
| <b>Vagas:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Mestrado: 1 | Doutorado: 0 |
| <b>Docente:</b> Alexandre Soares Leal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |              |
| <b>Tema:</b> RA08 - Upgrade Operacional do Reator TRIGA do CDTN para P&D em Medicina Nuclear                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |              |
| <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |              |
| <p>1) Problema abordado no projeto</p> <p>O que se pretende neste trabalho é desenvolvimento de modelo teórico e experimental de expansão do Reator TRIGA IPR-R1 do CDTN para suporte as atividades de P &amp; D em Radiomoléculas Marcadas em Sistemas Nanoestruturados incluindo a irradiação das amostras em dispositivo especial in vitro para investigação da técnica BNCT</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |              |

2) Importância do tema para a área de conhecimento

A ampliação da capacidade de operação do Reator TRIGA do CDTN representa importante contribuição para inovação na área de materiais nanoestruturados, em particular às pesquisas ligadas a P & D na radiofarmácia de novas drogas ou novas formas de tratamento com drogas existentes, uma das áreas definidas como estratégica pela CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). O modelo teórico ampliado do Reator TRIGA do CDTN permitirá também a ampliação do seu uso para outras aplicações inéditas (como neutrongrafia, análise de amostras volumosas e, no futuro, até a modulação de feixes de nêutrons para estudos BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) in-vivo.

3) Possíveis Impactos

Um dos grandes desafios para a área de aplicações nucleares é manter a viabilidade de realizar P & D em área estratégicas com equipamentos antigos como é o caso do Reator TRIGA do CDTN. Após o término deste projeto esperamos tornar possível a realização de novas aplicações no reator. Esperamos também ampliar a oferta de prestação de serviços do CDTN e elevar as competências do laboratório de medidas nucleares ligado ao reator. Este projeto reforça e amplia a rede de colaboração CDTN com outras instituições parceiras (IPEN/SP, UFMG, JSI (Eslovênia) nas áreas de neutrônica, medidas nucleares e ciências dos materiais

4) Recursos e Infraestrutura

As condições para realização do trabalho estão disponíveis

OBSERVAÇÃO:

\* Este trabalho é continuidade dos projetos:

FAPEMIG 0177 PPM /2013-2015, CNPq DT /310303 2013 -2017

\* Oferece-se uma vaga de mestrado OU doutorado de acordo com o perfil do candidato que se apresente

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 1 |
|---------------|-------------|--------------|

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| <b>Docente:</b> Marcelo Henrique Mamede Lewer |
|-----------------------------------------------|

|                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tema:</b> RA09 - Desenvolvimento de metodologias radioativas para o tratamento e diagnóstico de câncer: Estudos pré-clínicos e dosimetria interna |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Descrição**

O Câncer é uma doença que se caracteriza pelo crescimento desordenado de células com características (patótipo) que se diferenciam das células normais que as circunviziam. Após o diagnóstico desta enfermidade, há a necessidade de definir um estratégia terapêutica adequada e eficaz, levando em consideração o estágio da doença no paciente.

Uma das modalidades terapêuticas para o câncer é a utilização de radiação ionizante através da radioterapia (externa e interna) e da Medicina Nuclear (utilizando emissores beta menos). O desenvolvimento e a utilização de metodologias radioativas para o tratamento e para o diagnóstico do câncer, vêm sendo avaliado por vários pesquisadores. Essas metodologias necessitam de uma série de ensaios para sua implementação clínica: ensaios in vitro, ensaios pré-clínicos e de caracterização dosimétrica por meio de modelos de Monte Carlo.

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 1 |
|---------------|-------------|--------------|

## Área: Ciência e Tecnologia de Reatores Nucleares – CTRN

### Linha: Integridade Estrutural

|                                         |
|-----------------------------------------|
| <b>Docente:</b> Emerson Giovani Rabello |
|-----------------------------------------|

|                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tema:</b> RN01 - Avaliação da corrosão sob tensão de soldas dissimilares entre tubulações de aços carbono e inox. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Descrição**

Os processos de soldagem, principalmente em soldas de metais dissimilares, podem levar a tensões residuais próximas do limite de escoamento dos materiais. As trincas por corrosão sob tensão (CST) são na sua maioria originárias de tensões residuais geradas durante os processos de soldagem.

O interesse na susceptibilidade à corrosão sob tensão de soldas dissimilares entre os aços inoxidáveis e aços carbono, utilizando ligas de níquel como metal de adição, extensamente aplicadas em plantas de indústrias químicas, de alimentos, de petróleo e gás, papel e

celulose, e em componentes de reatores nucleares, tem dado atenção no controle dos aspectos metalúrgicos, ambientais e mecânicos para o aparecimento de trincas em serviço. Neste trabalho pretende-se estudar o comportamento frente à CST de soldas dissimilares entre tubulações de aço inoxidável austenítico ASTM A-312 TP316L e aço carbono ASTM A-106 GrB com adição de eletrodos de ligas de níquel (82 e 182), nas condições como soldado, após uma solda de recobrimento e após tratamentos térmicos para alívio de tensões. Deverá ser utilizado o ensaio de taxa de deformação lenta – SSRT (Slow Strain Rate Test), que é um dos métodos mais recentes desenvolvidos para avaliar o processo de CST em laboratório e o ensaio de polarização anódica potenciodinâmica que servirá para analisar o início da formação de pites na solda dissimilar, nas diversas condições, já que os pites podem ser um fator intensificador da CST.

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: 0 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** Silvério Ferreira da Silva Júnior

**Tema:** RN02 - Caracterização de juntas soldadas pela análise do ruído magnético Barkhausen

#### Descrição

O tema se refere ao uso da análise do ruído magnético Barkhausen (RMB) como método de ensaios não destrutivos para a avaliação de juntas soldadas, considerando aspectos da microestrutura e a presença de tensões residuais. Pela simplicidade do uso em trabalhos de campo, esse método possibilita verificar variações ocorridas na microestrutura devido aos processos de soldagem, o padrão de tensões residuais gerado nesses processos e a efetividade de tratamentos térmicos pós-soldagem.

O estudo será realizado em aços carbono utilizados em componentes estruturais, sendo esperado determinar as variações ocorridas no padrão do RMB em juntas soldadas de materiais ferromagnéticos, a associação dos padrões do RMB obtidos com as tensões presentes nas juntas e a efetividade do uso desse método de ensaio para a avaliação de tratamentos térmicos pós-soldagem.

Os materiais para a produção das juntas se encontram disponíveis no Laboratório de Ensaios Não Destrutivos do CDTN. Os resultados esperados são: aumento do conhecimento do emprego da análise do RMB para a avaliação de componentes estruturais, a elaboração de dois trabalhos para eventos e de um artigo para revista especializada.

|               |             |            |
|---------------|-------------|------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: |
|---------------|-------------|------------|

**Docente:** Silvério Ferreira da Silva Júnior

**Tema:** RN03 - Estudo sobre o uso de diferentes métodos de ensaios não destrutivos para a caracterização de combustíveis nucleares

#### Descrição

O tema se refere ao uso do método de ensaios por correntes parasitas para a avaliação de descontinuidades em tubos de materiais não ferromagnéticos usados na fabricação de trocadores de calor. Será realizado um estudo para a avaliação de descontinuidades com diferentes características, como geometria, dimensões e orientações, usando-se sensores com diferentes características. Esse estudo possibilitará um aumento no conhecimento já existente no Laboratório de Ensaios Não Destrutivos do CDTN sobre esse método de ensaio e a preparação de uma estrutura para treinamento especializado de pessoas para a interpretação dos resultados obtidos com esse tipo de ensaio na avaliação de componentes como trocadores de calor.

O estudo será realizado, a princípio, em materiais como titânio, cobre-níquel e aço inoxidável austenítico.

Esses materiais se encontram disponíveis no Laboratório de Ensaios Não Destrutivos do CDTN. Os resultados esperados são: aumento do conhecimento do método de correntes parasitas para a avaliação de componentes estruturais, a elaboração de dois trabalhos para eventos e de um artigo para revista especializada.

|               |             |            |
|---------------|-------------|------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: |
|---------------|-------------|------------|

### Linha: Tecnologia de Reatores Nucleares

**Docente:** Amir Zacarias Mesquita

**Tema:** RN04 - Desenvolvimento de um Sistema para Medida da Potência de Reatores Nucleares de Pesquisa pelo Monitoramento da Radiação de Cherenkov

#### Descrição

De modo geral, os reatores nucleares de pesquisa estão situados em piscinas abertas, tendo-se acesso visual ao núcleo e, conseqüentemente, à luminosidade produzida pela radiação de Cerenkov. Nestes reatores, a potência térmica liberada é monitorada por canais que medem o fluxo de nêutrons, que é proporcional a potência. Entre outros processos utilizados na medida da potência podem-se citar: acompanhamento da temperatura do núcleo, balanço térmico no trocador de calor, monitoramento do nível de N-14 na água do primário, etc.

A radiação de Cherenkov (ou efeito) ocorre quando uma partícula carregada eletricamente (elétron ou beta) atravessa um meio isolante (água) a uma velocidade superior à da luz neste meio, ela emite radiação eletromagnética na faixa visível (azul). A esta radiação recebeu este nome em homenagem ao cientista Pavel Cerenkov, vencedor do Prêmio Nobel de Física/1958, que estudou o efeito.

Neste projeto pretende-se desenvolver um método inovador. O monitoramento da intensidade da luminosidade da radiação de Cerenkov, que surge em torno do núcleo. Pela experiência adquirida por este pesquisador, durante suas atividades de Operador Sênior do reator de Pesquisa TRIGA do CDTN, pode-se afirmar que a luminosidade é proporcional a potência liberada até níveis de 250 kW. Após este valor a luminosidade satura. Atualmente, 250 kW é o valor na qual se encontra configurado a instrumentação, as proteções e o núcleo do TRIGA.

Este projeto atende as recomendações da IAEA quanto à segurança dos reatores. O objetivo é a diversificação de canais de monitoramento da potência térmica liberada pelas fissões. Se implantado no reator do CDTN, este ficará com um sistema inovador e seguro para monitoramento de sua potência. Dará mais redundância e diversificação nesta medida e não irá interferir em sua operação.

Acredita-se que este processo de medida terá uma resposta mais rápida do que os processos tradicionais. Pode-se prever a publicação de artigos em revistas e anais de congressos, assim como registro de uma patente de invenção. Os recursos para execução do trabalho poderão vir de três projetos de pesquisa em análise no CNPq (2) e na FAPEMIG (1). Mesmo não sendo aprovados os projetos submetidos, vários componentes eletrônicos encontram-se disponíveis no Lab. de Termohidráulica do SETRE/CDTN. Ressalta-se que são componentes de baixo custo, como: dispositivo detector de luminosidade (fotodiodo, transistor ou resistor) e um sistema de aquisição de dados.

|               |             |            |
|---------------|-------------|------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: |
|---------------|-------------|------------|

|                                        |
|----------------------------------------|
| <b>Docente:</b> Amir Zacarias Mesquita |
|----------------------------------------|

|                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tema:</b> RN05 - Investigação e Simulação das Condições que Causam Anomalia na Deformação do Fluxo Térmico (AOA) em Reatores Nucleares à Água Pressurizada (PWR) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                  |
|------------------|
| <b>Descrição</b> |
|------------------|

Um fenômeno importante que ocorre no núcleo dos reatores PWR e de grande interesse dos operadores deste tipo reator é a anomalia na deformação do fluxo térmico ao longo da vareta combustível, denominada: "Axial Offset Anomaly (AOA)". A AOA é uma significativa diminuição local do fluxo de nêutrons, em relação aos valores de projeto. A AOA é resultado da incorporação de boro nos produtos de corrosão depositados nas partes superiores dos elementos combustíveis ("crud"). O evento causa uma depressão do fluxo de nêutrons na parte superior do núcleo, levando a uma dificuldade operacional para a central nuclear com prejuízos no fornecimento de energia. Este fenômeno tem ocorrido com cada vez maior frequência e intensidade nos últimos anos.

Neste projeto pretende reproduzir, em escala reduzida, as condições existentes no núcleo dos reatores PWR, ou sejam: pressão, temperatura, fluxo de calor, química e velocidade da água, aplicada a uma seção de teste do mesmo material de revestimento dos combustíveis de Angra 2 e 3 (zircaloy). Serão utilizadas varetas simuladores de combustível nuclear alimentados por corrente elétrica. Espera-se que ocorrerá a formação de "crud" nas partes superiores do simulador de combustível e conseqüentemente, o surgimento do efeito. Com o procedimento pretende-se descobrir o mecanismo que causa o AOA. Pretende-se encontrar um modelo que será utilizado para prevenir ou mitigar esta anomalia que causa a degradação da performance do núcleo.

A Eletrobrás/Eletronuclear, um contato com este pesquisador, manifestou interesse por este estudo. Pode-se prever a publicação de artigos em revistas e anais de congressos, assim como registro de uma patente de invenção. Os recursos para execução do trabalho poderão vir de três projetos de pesquisa em análise no CNPq (2) e na FAPEMIG (1). Mesmo não sendo aprovados os projetos submetidos aos órgãos de fomento, o Lab. de Termohidráulica do SETRE/CDTN, possui vários circuitos ociosos e que poderão ser adaptados para a

montagem do sistema de testes. Encontram-se disponíveis também no laboratório: sistemas e “softwares” de aquisição de dados, fontes de tensão, termopares, medidor de vazão, indicadores de temperatura, computador, etc.

|               |           |              |
|---------------|-----------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: | Doutorado: 1 |
|---------------|-----------|--------------|

**Docente:** Amir Zacarias Mesquita

**Tema:** RN06 - Montagem de Circuito para Simulação da Visualização da Refrigeração de Emergência do Núcleo de Reatores Nucleares a Água Leve

#### Descrição

Nos anos 80 foi construído no Lab. de Termohidráulica do CDTN um dispositivo com finalidade didática para ilustrar o remolhamento de um canal do núcleo e de um elemento combustível nuclear, após a perda total do refrigerante. O dispositivo encontra-se desativado desde aquela época e faltam alguns componentes. Pretende-se com este projeto reativar e modernizar o circuito aproveitando sua infraestrutura e, principalmente sua seção de teste cuja origem é alemã, da época do Acordo Brasil-Alemanha.

A montagem experimental terá o propósito de simular e ilustrar o acidente de perda de refrigerante com duas possibilidades. O acidente de perda total do refrigerante, onde toda a água foi drenada do núcleo, ficando seco o revestimento das varetas combustíveis, sendo então injetada água para o remolhamento dos elementos combustíveis. A outra situação será a perda de vazão do refrigerante, quando ocorre falta de alimentação elétrica das bombas do primário. Nos dois casos é necessário retirar o calor residual dos combustíveis. Este tipo de evento tem recebido bastante destaque nos últimos anos devido ao acidente ocorrido nos reatores da central de Fukushima no Japão.

Além de ser um dispositivo didático que ilustrará a refrigeração de emergência, o sistema permitirá a variação e o controle das variáveis de processo como: temperatura e vazão da água de injeção e, principalmente, o fluxo de calor e as temperaturas de parede do simulador de elemento combustível. Acima da seção de testes será montado um dispositivo separador de vapor, para coleta e medida da água arrastada pelo vapor. Os dados serão coletados por um sistema de aquisição de dados, a ser desenvolvido, e analisados, de modo que se possam levantar correlações entre as variáveis, contribuindo para a melhoria de modelos termohidráulicos de análise de acidentes.

Pode-se prever a publicação de artigos em revistas e anais de congressos, assim como registro de uma patente de invenção. Os recursos para execução do trabalho poderão vir de três projetos de pesquisa em análise no CNPq (2) e na FAPEMIG (1). Mesmo não sendo aprovados os projetos submetidos aos órgãos de fomento, vários componentes encontram-se disponíveis no Lab. de Termohidráulica do SETRE/CDTN, como: sistema e “software” de aquisição de dados, fontes de tensão, termopares, medidor de vazão, indicadores de temperatura, computador, etc.

|               |             |            |
|---------------|-------------|------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: |
|---------------|-------------|------------|

**Docente:** Amir Zacarias Mesquita

**Tema:** RN07 - Uso de técnicas de engenharia de confiabilidade na avaliação de risco e segurança de instalações nucleares e radiativas

#### Descrição

Segurança, confiabilidade e disponibilidade são critérios fundamentais no projeto, construção e operação de centrais nucleares. As técnicas de gerenciamento de riscos são ferramentas imprescindíveis para que esses critérios sejam atendidos, contribuindo para a garantia da segurança e redução de custos e de impactos ambientais. A partir dos dados de operação de uma determinada central nuclear e de instalações nucleares similares, pode-se avaliar o risco de acidentes por meio da estimativa da probabilidade de falha de equipamentos e das suas consequências para a central, trabalhadores, meio ambiente e público em geral. Com informações dos riscos, é possível determinar aqueles que sejam mais graves e propor as respectivas medidas para eliminação, controle ou mitigação.

Avaliações determinísticas e probabilísticas de riscos fazem parte das exigências de licenciamento dos órgãos reguladores ambiental e nuclear. Na avaliação e gerenciamento dos riscos, são utilizadas técnicas, metodologias e softwares, que auxiliam na identificação, análise e priorização de riscos. Dentre os métodos utilizados, podem ser citados a Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos, Árvores de Falhas, Árvores de Eventos, Análise Probabilística de Segurança, Inspeção Baseada em Risco e Manutenção Centrada em Confiabilidade. A ReliaSoft® Corporation é uma das empresas que desenvolvem pacotes de softwares de Engenharia de Confiabilidade, onde esses métodos estão implementados. O

objetivo deste projeto é mostrar a viabilidade de utilização de um conjunto destes softwares na implementação de análise de segurança, risco e confiabilidade em instalações nucleares e radiativas. Estes softwares foram adquiridos no CDTN através do projeto FINEP PNB0809 "Ações de P, D & I e capacitação voltadas para a retomada do PNB", Subprojeto "P&D em Atividades Regulatórias (PDARS)" - (Convênio 01.10.0575.00).

Acredita-se que este projeto venha contribuir para a consolidação da área de gerenciamento de risco e avaliação probabilística de risco no CDTN, tanto nas suas aplicações voltadas para as centrais nucleares e reatores de pesquisa, quanto das instalações nucleares e radiativas. A utilização destes "softwares" facilita a identificação, análise, avaliação e priorização dos riscos que afetam a segurança da instalação, a saúde dos trabalhadores e público em geral, os bens materiais e o meio ambiente, sendo parte importante nos processos de licenciamento nuclear e ambiental destas instalações.

|               |             |            |
|---------------|-------------|------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 1 | Doutorado: |
|---------------|-------------|------------|

**Docente:** André Augusto Campagnole dos Santos

**Tema:** RN08 - Desenvolvimento de metodologias numéricas e experimentais para o projeto de novos elementos combustíveis nucleares para reatores PWR

#### Descrição

Neste projeto pretende-se dar continuidade ao trabalho desenvolvido no laboratório de termo-hidráulica para estudo e determinação de metodologias para o desenvolvimento de novos elementos combustíveis nucleares. Foram desenvolvidos ao longo dos últimos dez anos diversas metodologias experimentais e numéricas para o estudo de diferentes componentes do elemento combustível como o bocal inferior e a grade espaçadora. Nesta nova etapa estudaremos o uso da metodologia desenvolvida no projeto de melhoria de elementos combustíveis. Serão estudados componentes tanto do ponto de vista termo-hidráulico como neutrônico empregando metodologias acopladas. Os estudos propostos apresentam grande potencial acadêmico e tecnológico, podendo gerar patentes e registros de softwares, além de publicações científicas de alto impacto. O projeto ainda conta com financiamento de projetos de pesquisa da FAPEMIG e FINEP.

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 2 | Doutorado: 2 |
|---------------|-------------|--------------|

**Docente:** André Augusto Campagnole dos Santos

**Tema:** RN09 - Determinação de modelo numérico com validação experimental para a análise de acidente em embalagens para transporte de material físsil

#### Descrição

Os embalados usados para transportar material físsil em vias públicas devem ser licenciados pela CNEN. Um dos requisitos para um embalado é que ele não apresente vazamentos em casos de acidentes. O mais severo acidente é caracterizado por uma queda seguida de um incêndio de 30 minutos, situação que poderia ocorrer durante o transporte. O objetivo deste estudo é a determinação de um modelo numérico acurado para a análise de acidentes em embalagens para transporte de material físsil com o intuito de subsidiar as análises de licenciamento e projetos de embalados. O estudo focara na análise da embalagem desenvolvida pelo CDTN em parceria com a Agência Internacional de Energia Atômica. Modelos complexos para análise de impacto e incêndio, com acoplamento termo-estrutural e análise de blindagem pós-acidente, serão validados utilizando dados experimentais existentes e novos estudos que serão realizados. O projeto tem grande potencial tecnológico assim como acadêmico. As bases dos modelos numéricos poderão gerar publicações em revistas de grande impacto na área e a aplicação dos modelos pode levar ao projeto de novos conceitos de embalados, gerando patentes, além de subsidiar importante atividade prioritária da CNEN.

|               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| <b>Vagas:</b> | Mestrado: 0 | Doutorado: 1 |
|---------------|-------------|--------------|