



LIVRO DE RESUMOS

2018

13 | 14

dezembro 2018

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS
INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

XXIV Seminário Anual - PIBIC
XV Seminário Anual - PROBIC
VIII Seminário Anual - PIBITI



A invenção que mudou a história da humanidade

(Homenageado de 2018)

ALEXANDER
ALEXANDER
GRAHAM BELL

(1847-1922)

o inventor do telefone

Alexander Graham Bell

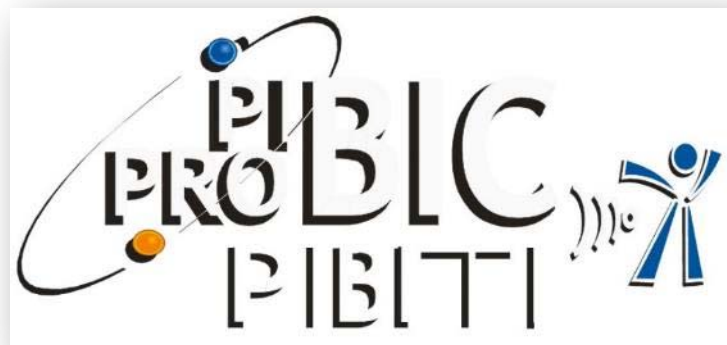


Livro Resumo

2018

Programa Institucional de Bolsas
Iniciação Científica e Tecnológica

- 24º Seminário Anual PIBIC
- 15º Seminário Anual PROBIC
- 8º Seminário Anual PIBITI



13 e 14 de dezembro de 2018



COMITÊ

Comitê Institucional

Martha M. F. Vieira – **IPEN** - **Coordenadora**

Antonio Carlos Mol – **IEN**

Mercia Liane de Oliveira – **CRCN-NE**

Eliane Eugenia dos Santos – **CRCN-CO**

Heliana A. F. do Nascimento - **LAPOC**

Ilza Dalmázio – **CDTN**

Danielle Monegalha / Thomas Riedel – **IRD**

Claudia Giovedi – **CTMSP**

Comitê Local - IPEN

Martha Marques Ferreira Vieira - **Coordenadora**

Cecília Chaves Guedes e Silva

Dolores Ribeiro R. Lazar

Larissa Otubo

Martha Simões Ribeiro

Mitiko Saiki

Nilce Ortiz

Renato Semmler

Comissão Organizadora - IPEN

Calil Mohamed Farra Filho

Elsa Papp Pereira da Silva

Ilze Cristina Puglia

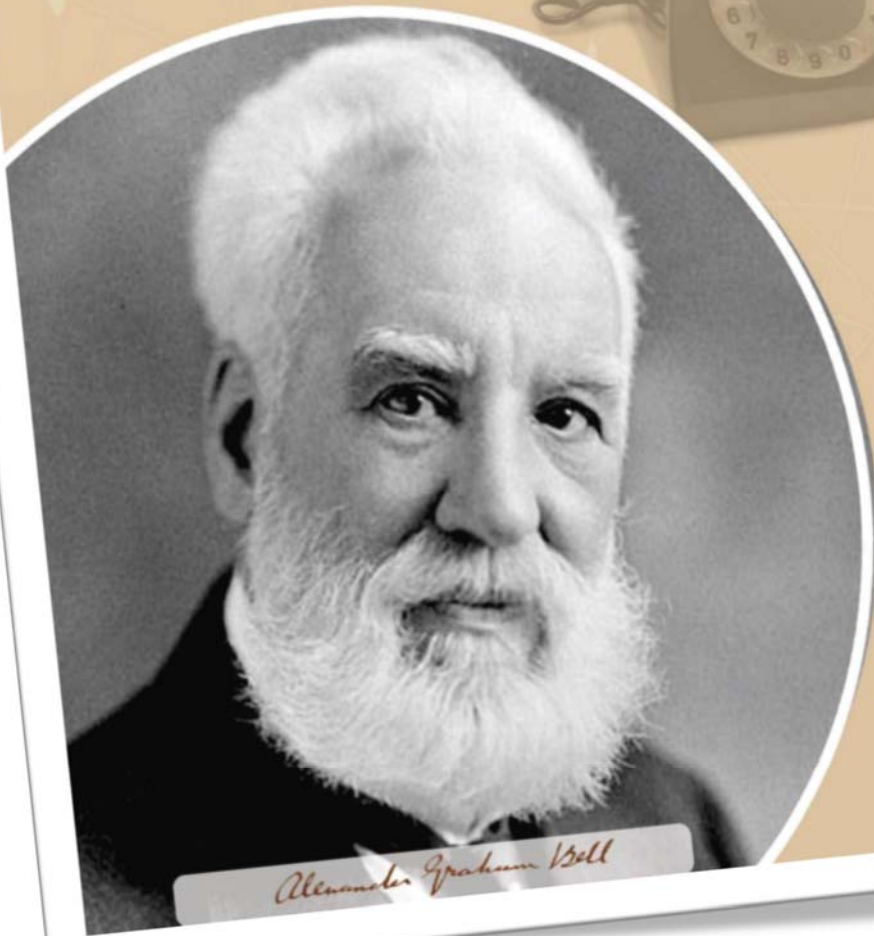
ÍNDICE

(RESUMOS)

Os Resumos estão separados por Institutos		Página
	Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear	7
	Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste	42
	Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste	63
	Instituto de Engenharia Nuclear	68
	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares	105
	Instituto de Radioproteção e Dosimetria	170
	Laboratório de Poços de Caldas	213
	Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo	226
	Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos	235



PALAVRA DA COORDENADORA



Alexander Graham Bell

A invenção que mudou a história da humanidade
(Homenageado de 2018)

ALEXANDER
ALEXANDER
GRAHAM BELL

(1847-1922)

o inventor do telefone

PALAVRA DA COORDENADORA

A iniciação científica é o principal mecanismo de formação de futuros pesquisadores, professores e tecnologistas. Nessa etapa, o aluno de graduação tem a oportunidade de conviver num ambiente científico e tecnológico e desenvolver atividades de pesquisa e desenvolvimento sob a orientação de profissionais altamente qualificados. Ele pode aprofundar uma área de interesse que talvez a grade curricular não consiga suprir.



A CNEN participa atualmente de dois Programas do CNPq voltados a alunos de graduação: o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC, desde 2003 e o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – PIBITI, a partir de 2010. Além de participar desses programas, a CNEN promove o Programa de Bolsas de Iniciação Científica – PROBIC, com recursos próprios.

O acompanhamento dos bolsistas egressos dos Programas PIBIC/PROBIC e que ingressaram na pós-graduação comprova que a participação em Programas de Iniciação Científica se revela um diferencial no desenrolar da vida acadêmica desses alunos. Além disso, o processo de avaliação desses bolsistas, por meio dos Seminários Anuais, é uma ferramenta muito importante, uma vez que o formato adotado, que inclui a apresentação oral dos trabalhos e a elaboração de resumos estendidos para publicação no Livro de Resumos, contribui de forma incontestável na formação desses estudantes, e cumpre um dos objetivos primordiais desses Programas que é fomentar o ingresso na pós-graduação.

Neste ano temos, além dos bolsistas da CNEN, a participação de estudantes do CTMSP – Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo e do UNITPAC – Centro Universitário Tocantinense Presidente Antonio Carlos, do Tocantins.

Nesta edição do Seminário Anual foram inscritos 120 trabalhos (resumos publicados) e 80 bolsistas participam do evento, com apresentação oral.

Agradeço aos Coordenadores e integrantes dos Comitês Locais PIBIC/PROBIC/PIBITI e à Comissão Organizadora, que contribuíram decisivamente para a realização e o sucesso deste evento.

Agradeço também aos bolsistas e orientadores pela dedicação e empenho na condução de seus trabalhos.

Martha Marques Ferreira Vieira

Coordenadora dos Programas de Iniciação Científica e Tecnológica da CNEN

INTRODUÇÃO



Criado em 1988, o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) foi o primeiro programa institucional estruturado para a iniciação científica nacional. Ele foi criado tendo os seguintes objetivos:

- Despertar vocação científica e incentivar novos talentos potenciais entre estudantes de graduação.
- Contribuir para reduzir o tempo médio de titulação de mestres e doutores.
- Propiciar à instituição um instrumento de formulação de política de iniciação à pesquisa para alunos de graduação.
- Estimular uma maior articulação entre a graduação e a pós-graduação.
- Contribuir para a formação de recursos humanos para a pesquisa.
- Contribuir de forma decisiva para reduzir o tempo médio de permanência dos alunos na pós-graduação.
- Estimular pesquisadores produtivos a envolverem alunos de graduação nas atividades científica, tecnológica e artística-cultural.
- Proporcionar ao bolsista, orientado por pesquisador qualificado, a aprendizagem de técnicas e métodos de pesquisa, bem como estimular o desenvolvimento do pensar cientificamente e da criatividade, decorrentes das condições proporcionadas pelo contato direto com os problemas de pesquisa.

O Programa PIBIC no IPEN teve início em 1994 e, institucionalmente, como CNEN, a partir de 2003. Após todos esses anos de participação, pode-se observar a efetividade do Programa, pela concretização de vários dos objetivos expostos acima. Os alunos que passam pelos Programas de Iniciação Científica e ingressam em Programas de Pós-graduação, por exemplo, são alunos que se destacam tanto pelo desempenho nas atividades de laboratório quanto pela desenvoltura ao participar de eventos nos quais há apresentações orais e de pôsteres, contribuindo para o sucesso na conclusão dos trabalhos de mestrado e doutorado.

O Programa PROBIC – Programa de Bolsas de Iniciação Científica da CNEN representa a contrapartida da instituição e foi implantado em agosto de 2013, com uma quota inicial de 30 bolsas, e que hoje contempla 60 bolsistas.

A distribuição das bolsas entre as unidades vinculadas à CNEN, que participam dos Programas PIBIC e PROBIC, no período agosto de 2017 a julho de 2018 é mostrada na tabela a seguir.

Unidade	Bolsas CNPq/PIBIC + CNEN/PROBIC
CDTN	40
CRCN-CO	3
CRCN-NE	14
IEN	24
IPEN	85
IRD	25
LAPOC	4

A partir de agosto de 2010, a CNEN passou a participar também do Programa PIBITI - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, que tem por objetivo estimular os jovens do ensino superior nas atividades, metodologias, conhecimentos e práticas próprias ao desenvolvimento tecnológico e processos de inovação. No período 2016/2018 a CNEN foi contemplada com 11 bolsas PIBITI.

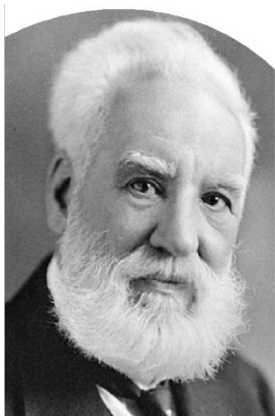
Os Seminários de Avaliação dos Programas de Iniciação Científica e Tecnológica da CNEN já se consolidaram como um evento marcante para os bolsistas que estão ingressando na carreira científica. Nos Seminários contamos com a participação, além dos bolsistas do IPEN (São Paulo), de bolsistas vindos de Minas Gerais (CDTN e LAPOC), Rio de Janeiro (IEN e IRD) e Recife (CRCN-NE). Os alunos do CRCN-CO (Goiânia) participam do Livro de Resumos. Participam ainda bolsistas do CTMSP – Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo e da UNITPAC - Centro Universitário Tocantinense Presidente Antonio Carlos.

Neste ano temos como cientista homenageado o professor Alexander Graham Bell, inventor do telefone, que ao longo do tempo deixou de ser apenas um elemento para a comunicação, mas trouxe importantes transformações culturais. A palestra de abertura será proferida pelo Prof. Benilton de Sá Carvalho, da UNICAMP, que possui experiência em boas práticas de comunicação da ciência aberta e no gerenciamento e análise de grandes bases de dados.

Comitê Institucional

PIBIC – PROBIC – PIBITI

HOMENAGEADO



Alexander Graham Bell

(1847-1922)

inventor do telefone

“Se andarmos apenas por caminhos já traçados, chegaremos apenas aonde os outros chegaram.”

O inventor do telefone, Alexander Graham Bell, nasceu em Edinburgh, Escócia. Seu pai, Alexander Melville Bell (1819-1905), também inventor, havia criado um sistema de educação para surdos. Em 1873, Bell se tornou professor de fisiologia vocal na Universidade de Boston, onde começou a fazer experimentos com acústica e desenvolveu alguns conceitos para transmitir a fala eletricamente. Essa ideia acabou levando à invenção do telefone. A primeira conversa totalmente compreensível ao telefone ocorreu quando Bell, em uma sala, chamou seu assistente, Thomas Watson, em outra: "Venha cá, Watson, preciso de você". Watson ouviu o chamado por meio de um receptor conectado ao transmissor que Bell projetara.

Embora Elisha Gray (1835-1901) tenha construído o primeiro receptor com um diafragma eletromagnético em 1874, ele não conseguiu chegar ao projeto de um transmissor funcional antes de Bell. Bell trabalhou exaustivamente, experimentando vários tipos de mecanismos, enquanto Gray desanimou e parou no meio do caminho. Incrivelmente, ambos solicitaram a patente de seus projetos no escritório de patentes de Nova York no mesmo dia: em 14 de fevereiro de 1876. Bell venceu Gray por apenas duas horas. Depois, Gray chegou a contestar a patente de Bell, mas a Suprema Corte americana decidiu em favor deste último.

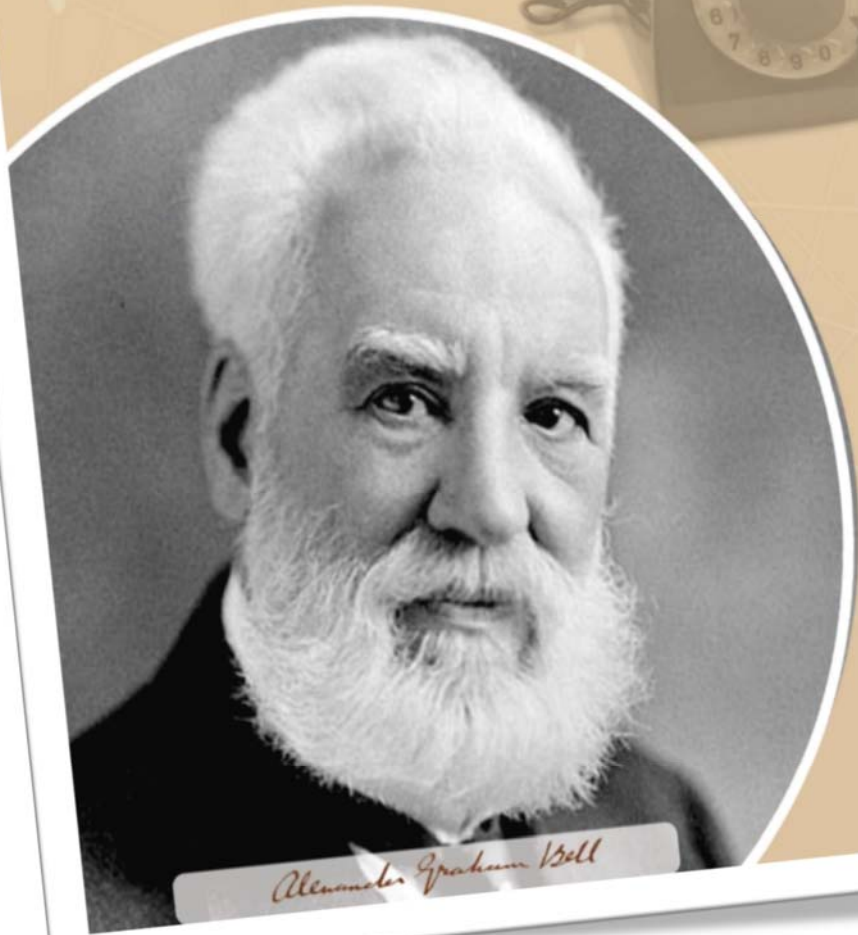
Em 1877, Bell fundou a Companhia Telefônica Bell, que, mais tarde, tornou-se a American Telephone & Telegraph (AT&T), a maior companhia telefônica do mundo. A Telefônica Bell abriu a primeira linha transcontinental, de Nova York a São Francisco, em 1915. Além da invenção do telefone, que deu a Bell muito dinheiro e fama, ele também inventou o fofone e o audiômetro, além das gravações fonográficas em chapas ou cilindros revestidos com cera. Graham Bell se aposentou, mas continuou ativo como coordenador do Instituto Smithsonian, em Washington.

Bell teve 18 patentes concedidas em seu nome e outras doze que compartilhou com seus colaboradores. Estas incluem 14 para o telefone e o telégrafo, quatro para o *photophone*, uma para o fonógrafo, cinco para veículos aéreos, quatro para hidroaviões, e duas para uma pilha de selênio.

Quando morreu, em sua casa de Baddeck, no Canadá (na condição de cidadão dos EUA), todos os telefones dos Estados Unidos, em sinal de luto, foram silenciados por um minuto, numa última homenagem ao homem que havia dado ao mundo um dos mais eficientes meios de comunicação.

CDTN

Centro de Desenvolvimento da
Tecnologia Nuclear



Alexander Graham Bell

A invenção que mudou a história da humanidade
(Homenageado de 2018)

ALEXANDER
ALEXANDER
GRAHAM BELL

(1847-1922)

o inventor do telefone

Propriedades de translucência e luminescência em cerâmicas de alumina

Anna Luiza Fraga da Silveira e Luiz Claudio Meira Belo

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

Neste trabalho fizemos uso de detectores TLD para o estudo de translucência e termoluminescência. O processo de medição pôde ser feito utilizando-se leitores comerciais, como o leitor RISØ TL/OSL DA-20, com bastante praticidade. [1]

OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho foram realizar a calibração do irradiador do leitor RISØ TL/OSL DA-20 e estudar a influência da taxa de aquecimento na resposta termoluminescente dos dosímetros utilizados.

METODOLOGIA

Estudo de interferência no posicionamento do dosímetro

O estudo sobre a interferência no posicionamento do dosímetro no ato da leitura da sua curva de brilho foi realizado utilizando 5 dosímetros de alumina cerâmica. Estes dosímetros foram colocados em uma determinada posição na leitora RISØ, irradiados com Beta por 5 segundos e lidos nesta mesma posição. Para efeitos de comparação, realizamos um ensaio similar a este com os mesmos dosímetros. Desta vez, irradiando de um lado e lendo do lado inverso ao da dose recebida.

Calibração do irradiador $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ da Leitora RISØ TL/OSL DA-20

A calibração do irradiador $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ acoplada ao leitor RISØ foi executada em duas etapas, utilizando 10 dosímetros de Fluoreto de Lítio (LiF). Na primeira etapa os dosímetros foram irradiados e lidos na leitora RISØ. A unidade

de irradiação relativa foi o tempo em segundos. O tempo de irradiação foi padronizado em cinco segundos. Na segunda etapa, os dosímetros foram levados ao Laboratório de Calibração de Dosímetros LCD/CDTN, e irradiados com fonte $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ no irradiador padrão secundário (PTB) BSS-2 com uma distância da fonte de 11 cm, a dose foi padronizada em 5 mGy. Todas as leituras deste ensaio foram feitas no próprio leitor RISØ e os dados foram registrados. A análise de dados foi feita por meio da integral da curva de emissão termoluminescente, utilizando o programa do próprio leitor.

Análise da influência da taxa de aquecimento de um dosímetro na resposta de sua leitura:

O processo da leitura de um dosímetro no leitor RISØ se baseia no seu aquecimento, pois é a partir desse aquecimento que ocorre a luminescência do material. [2]

A fim de se estudar influência da taxa de aquecimento na resposta da luminescência, foi submetido um dosímetro cerâmico de alumina, e um dosímetro monocristalino de alumina, neste ensaio. Inicialmente, irradiamos esses dosímetros com uma dose constante correspondente a 5 segundos de radiação Beta. Para efetuar a leitura utilizamos diferentes taxas de aquecimento.

RESULTADOS

Estudo de interferência no posicionamento do dosímetro

Através de análise estatística, obtivemos que as duas avaliações (Mesmo lado e Lado inverso) seguem uma distribuição normal. Isso quer dizer que podemos estudá-las probabilisticamente.

Utilizamos o teste de equivalência para determinar se as médias para medidas de produtos ou medidas de processo são suficientemente próximas para serem consideradas equivalentes. Com isso, foi obtido por esta análise que o lado em que se realiza a leitura termoluminescente tem influência nas medições de dose dos dosímetros e esse posicionamento interfere em cerca de 35% do resultado da leitura feita.

Calibração do irradiador $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ da Leitora RISØ TL/OSL DA-20

A calibração do irradiador $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ do leitor RISØ foi feita calculando-se a média da leitura do grupo de 10 dosímetros (LiF) com os respectivos desvios-padrões. Este procedimento foi adotado no irradiador BSS-2 (referência metrológica) e no irradiador da leitora RISØ. Considerando o valor médio das áreas das curvas de brilho, tanto dos dosímetros irradiados em feixe beta no LCD quanto dos dosímetros irradiados no leitor RISØ e considerando que as relações entre dose e tempo são lineares. Com isso, podemos calcular diretamente o valor da dose por segundo de radiação beta no irradiador da leitora RISØ por meio de regra de três simples. Após essa relação, chegou-se à conclusão de que um dosímetro irradiado no leitor RISØ recebe uma dose de $(14,0 \pm 1,2)$ mGy/s.

Análise da influência da taxa de aquecimento de um dosímetro na resposta de sua leitura:

Os dosímetros cerâmicos e monocristalinos foram irradiados com mesma dose de radiação Beta e no momento da leitura, eles foram submetidos a diferentes taxas de aquecimento.

Foi observado que para taxas de aquecimento mais baixas obtém-se um sinal mais efetivo no momento da leitura.

CONCLUSÕES

Foi possível estabelecer uma metodologia para a calibração do irradiador de fonte $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$ no leitor RISØ. A taxa de dose foi estimada em 14 mGy/s e a incerteza foi estimada pelo desvio-padrão em 1,2 mGy/s. Com este procedimento foi possível rastrear a dose absorvida a padrões internacionais, utilizando o irradiador secundário BSS-2 do LCD/CDTN.

Utilizando detectores cerâmicos de óxido de alumina opacos, foi possível evidenciar fatores geométricos de posicionamento relacionados à irradiação com a fonte $^{90}\text{Y}/^{90}\text{Sr}$. A diferença entre a irradiação e a leitura na mesma face e a irradiação e leitura a faces opostas foi de aproximadamente 35%, demonstrando a necessidade de se definir as faces dos dosímetros no momento da leitura. Foi verificado que a taxa de aquecimento para a leitura interfere na resposta apresentada pelos dosímetros. Os mesmos se mostraram mais sensíveis para taxas de aquecimento mais baixas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Guide to “The Risø TL/OSL Reader”. Disponível em: < <https://www.usu.edu/geo/luminlab/Reader.pdf> >. Acesso em março de 2018.

[2] Bos, A.J.J., 2006. Theory of thermoluminescence . S45-56

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Fundação de Amparo à Pesquisa de MG – FAPEMIG.

Triagem e caracterização de agentes radiosensibilizadores baseados em novas bases de schiff

Bárbara Guedes Louzada e Raquel Gouvêa dos Santos
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

Na radioterapia, os efeitos biológicos causados no organismo estão relacionados com a propriedade de provocar ionização da matéria com a qual interage, isto é, devido à produção de íons e, disposição da energia, podendo danificar diretamente moléculas importantes como o DNA. Indiretamente, pode ocorrer também a produção de radicais livres, moléculas quimicamente reativas que apresentam elétrons desemparelhados, decorrentes da interação da radiação com os tecidos e da radiólise das moléculas de água presentes no organismo, que induz quebras cromossômicas e aberrações de diversos tipos [1].

Alguns medicamentos na sua forma pró-fármaco são utilizados na terapia contra o câncer. Os pró-fármacos derivados das tiossemicarbazonas, conhecidas como bases de Schiff sintéticas, por exemplo, são compostos inibidores da enzima ribonucleotídeo-reductase (RR), enzima que existe em todas as células vivas e apresenta a função de catalisar o passo limitante na síntese dos desoxiribonucleotídeos necessários para síntese do DNA, sendo seus inibidores extremamente efetivos em bloquear a biossíntese de DNA, por conta dos baixos níveis intracelulares dos deoxiribonucleotídeos[2]. Assim, as tiossemicarbazonas possuem relevante interesse científico devido as suas importantes propriedades químicas e biológicas, apresentando um amplo perfil farmacológico e por suas atividades citotóxicas frente a células leucêmicas e de tumores sólidos.

Ao mesmo tempo em que esses novos compostos que vêm sendo estudados e apresentam grande potencial terapêutico, a radioterapia ainda continua sendo o tratamento primário para tumores. A grande limitação

dessa abordagem é que diversos tumores apresentam uma resistência inerente à radiação, fato que diminui a eficácia do tratamento. Estratégias atualmente utilizadas têm como objetivo aumentar a eficiência desse tipo de abordagem, tendo como alvo, moléculas e processos que estão diretamente relacionados e são determinantes na radiosensibilidade celular. Uma estratégia padrão abordada atualmente, é a terapia combinada da radiação com a quimioterapia que é utilizada visando a obter índices maiores de cura e menor toxicidade para os tecidos. Dessa forma, nesse trabalho, foi avaliada a sensibilidade de derivados da tiossemicarbazona, HBL106, HBL114 e HBL120, estes compostos foram sintetizados pelo grupo da colaboradora Dra. Heloisa Beraldo (UFMG), combinado à radioterapia, sobre a linhagem tumoral de glioblastoma(U87).

OBJETIVO

Avaliação da atividade antitumoral de novos compostos baseados em base de Schiff derivados de tiossemicarbazonas (HBL106, HBL114 e HBL120), avaliação da atividade antitumoral da radiação ionizante. Por último, avaliar a atividade antitumoral dos diferentes compostos em combinação com radiação ionizante sobre diferentes linhagens tumorais;

METODOLOGIA

Para chegar a melhores conclusões sobre essa combinação de terapias, foi feito o ensaio de MTT que é um ensaio largamente utilizado para medir os efeitos citotóxicos *in vitro* de fármacos em linhagens celulares

(viabilidade celular), e o ensaio de clonogênico que é um método de escolha para determinar a morte celular após tratamento com radiação, mas também pode ser usado para determinar a eficácia de outros agentes citotóxicos.

Para ambos ensaios foram avaliados os grupos:

1. Monoterapia com base de Schiff HBL106, HBL114, HBL120
2. Monoterapia apenas com irradiação (1Gy, 2Gy, 3Gy)
3. Terapia combinadas: a) Drogas + radiação ionizante (1, 2 e 3Gy)

RESULTADOS

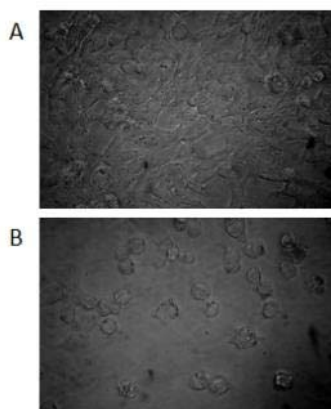


Figura 1. A) Linhagem U87 sem nenhum tipo de tratamento. B) Linhagem U87 após o tratamento com HBL106(1µM) e irradiação (3Gy). As células foram pré-tratadas 24h antes a exposição à radiação, e as imagens foram tiradas após 48hs após o tratamento com a droga.

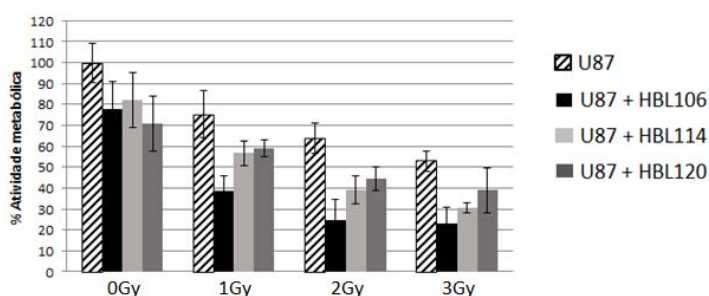


Gráfico 1. Efeito da radiação na linhagem U87. Resultados de dois experimentos em triplicada.

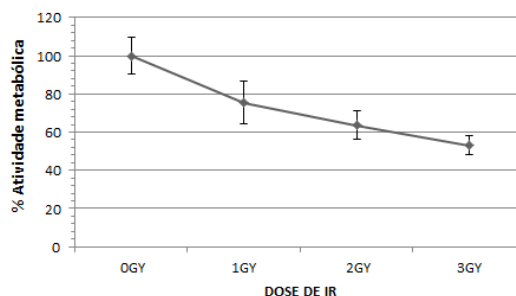


Gráfico 2. Efeito das diferentes terapias. A concentração escolhida

CONCLUSÕES

Podemos concluir que os derivados da tios-semicarbazonas em estudo, demonstraram uma ação antitumoral tanto pelos ensaios *in vitro* quanto pela microscopia que foi possível perceber indícios de morte celular. Além disso, a linhagem de tumoral de glioblastoma U87, demonstrou relativamente sensibilidade a radiação, chegando a diminuir cerca 50% da sua sobrevivência quando exposta a 3Gy. Por outro lado, essa linhagem demonstrou maior sensibilidade na terapia combinada, sendo mais expressiva quando tratadas com o composto HBL106.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Okuno, E. Física para ciências biológicas e biomédicas, Editora Harbra, 2013.
- [2] Finch, R. A.; Liu, M. C.; Cory, A. H.; Cory, J. G.; Sartorelli, A. C., Adv. Enzyme Regul., 39, 12,1999

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CDTN, CNPq, FAPEMIG.

Produção de radioisótopos de índio por ativação neutrônica no reator triga mark ipr1: avaliação e caracterização dos isótopos produzidos e dosimetria

Beatriz Cancelier Ribeiro e Maria Ângela de Barros Correia Menezes
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN.

INTRODUÇÃO

Estudos recentes mostram que o ^{114m}In , com meia vida de 50d e energia de 190keV, pode ser utilizado como radiofármaco para a terapia, pois sua partícula beta de alta energia é chamativa para tumores maiores [1]. Além da formação do ^{114m}In a partir da ativação neutrônica, os nuclídeos ^{115m}In (meia vida 4.5h e energia 336.2 keV) e ^{116m}In (meia vida 54min e energia 127.2keV) também podem ser produzidos. Os nuclídeos citados emitem partículas beta (β^-), fótons gama (γ) e elétrons Auger (e^-). Os elétrons Auger se encontram em estudo pela sua alta possibilidade de causar danos ao DNA e posterior morte celular, sendo mais apropriados para tumores de menor volume pelo seu pequeno alcance em seu decaimento [2]. As energias que esses nuclídeos liberam podem ser de grande importância para área de terapia radionuclídica, desta forma devem ser melhor estudadas. Sendo assim, a caracterização dos índios radioativos apresentados foi realizada.

OBJETIVO

Este trabalho teve o foco principal a produção de radioisótopos de índio por ativação neutrônica no reator Triga Mark IPR1, do CDTN. Foi avaliado e identificado o melhor protocolo para produção de alta atividade específica bem como caracterizados os isótopos gerados e sua dosimetria.

METODOLOGIA

Para realização da ativação neutrônica foi utilizado amostra de índio padrão líquida $\text{In}(\text{NO}_3)_3$ (Sigma-Aldrich 207398-97-8) com 38% de índio. As amostras foram

empregadas em pequenos tubos de polipropileno em diferentes volumes e posteriormente secas a 70°C em uma capela de exaustão e em seguida as diferentes massas de índio padrão (variando de 100 a 1000 μg) foram submetidas a ativação neutrônica no reator Triga Mark IPR-R1 sob fluxo de nêutrons de $6,6 \times 10^{11} \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ [3] por 8h de irradiação.

A identificação dos isótopos induzidos pela irradiação, bem como o rendimento da ativação, foi realizada por espectrometria gama em detector de Germânio Hiper Puro (HPGe), marca Canberra, GC2520, eficiência nominal de 25%. O controle de qualidade radioquímico foi realizado utilizando como fase estacionária sílica gel com front de 10 cm e fase móvel EDTA 0,2M e pH 5,0; citrato de sódio 0,1M e pH 5,0; acetato de sódio 10%. Após a migração a radioatividade foi avaliada em um detector de NaI com eficiência de 100%. Os dosímetros termoluminescentes (TLD) de Al_2O_3 foram usados para determinar a dose dos complexos de índio. Os TLD's foram expostos às amostras irradiadas por diferentes tempos.

RESULTADOS

Com o HPGe conseguiu-se realizar uma qualificação e quantificação de quais nuclídeos foram produzidos nas amostras ativadas. Foi possível quantificar através do cálculo de decaimento radioativo a quantidade de Bq (becquerel) produzidos ao final da ativação e percebeu-se que o ^{116m}In foi o de maior proporção produzido: 99,99651%, seguido pelo ^{115m}In com produção de 0,0026% e o ^{114m}In com uma produção de 0,00089%. Após três dias da ativação, observou-se que o pico do ^{116m}In e ^{115m}In desapareceram e o

pico do nuclídeo ^{114m}In passou a ter a maior porcentagem entre os índios existentes, equivalendo a 100%.

Para a atividade específica, os cálculos foram realizados de acordo com a atividade no final da irradiação para cada nuclídeo gerado, e nos mostrou que a alíquota de 100 μg obteve um número maior de atividade específica (^{116m}In : $9,85 \times 10^8 \text{Bq/mg}$, ^{115m}In : $1,55 \times 10^3 \text{Bq/mg}$, ^{114m}In : $5,13 \times 10^1 \text{Bq/mg}$) provinda de seus átomos excitados.

As cromatografias com os índios nativos e ativados apresentaram o mesmo fator de retenção (R_f) sendo com EDTA 0,9, citrato de sódio 0,4 e acetato de sódio 0; esse último, o índio não migrou, ficando no local de origem. Estes dados mostram que após a ativação o radio-índio apresentava-se com a mesma característica química que o índio natural.

Estudos de dosimetria demonstraram que a dose absorvida pela exposição ao radio-índio foi tempo e concentração dependente (tab. 1).

TABELA 1. Dosimetria dos Complexos de Índios ativados.

Radio-índio (concentração mM)	Tempo de exposição	Dose (mGy)
0,001	4h	0,13
	24h	0,19
	48h	0,27
0,0055	24h	0,34
	48h	0,57

CONCLUSÕES

Por meio da ativação neurônica do índio natural foi possível produzir diferentes isótopos de índio com suas respectivas energias, sendo o majoritário após ativação o ^{116m}In , e após três dias de decaimento o ^{114m}In acaba se tornando o principal nuclídeo da amostra. Revelou-se que a maior atividade foi da alíquota de 100 μg ; esse resultado não era previsto já que essa é a menor concentração, porém parâmetros como

geometria, amostras com pequenas quantidades e autoblidagem podem ter interferido nesse resultado, desta maneira a continuidade do projeto com o intuito de se investigar melhor uma forma de se aumentar a atividade específica gerada.

As cromatografias com os índios nativos ativados mostraram o mesmos valores de R_f para cada fase móvel. Com a dosimetria foi possível se obter as doses absorvidas devido a exposição ao radio-índio para possíveis estudos em células posteriormente, tendo como decorrência o aumento da taxa de dose com o tempo de exposição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] TOLMACHEV, Vladimir *et al.* ^{114m}In , a Candidate for Radionuclide Therapy: Low-energy Cyclotron Production and Labeling of DTPA-D-Phe1-octreotide. Nuclear Medicine & Biology, Vol. 27, pp. 183–188, 2000.

[2] STEPANEK, Jiri *et al.*, (1996) Auger-Electron Spectra of Radionuclides for Therapy and Diagnostics, Acta Oncologica, 35:7, 863-868, DOI: 10.3109/02841869609104038.

[3] Zangirolami, D. M. Fluxo Neutrônico a 100kw nos Terminais de Irradiação do Reator TRIGA IPR-R1. Dissertação (Mestrado em Ciências e Técnicas Nucleares), Curso de Ciências e Técnicas Nucleares, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

PIBITI/CNPq.

Validação de metodologia analítica para análise de solventes residuais em ¹¹C PK11195 por GC-FID

Daleska Pereira Ramos e Juliana Batista da Silva
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

Radiofármacos são preparações farmacêuticas com finalidade diagnóstica ou terapêutica que quando prontos para consumo contém um ou mais radionuclídeos. [1] O radiofármaco [¹¹C]PK11195 (Figura 1), de nomenclatura [1-(2-clorofenil)-N-metil-N-(1-metilpropil)-3-isoquinolina], destaca-se dentre os radiofármacos que se destinam a investigação de doenças cerebrais como esclerose múltipla e doença de Parkinson, através da sua utilização para diagnóstico por imagem com tomografia por emissão de pósitrons (PET). [2]

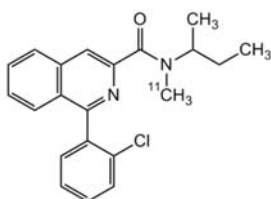


Figura 1- Fórmula estrutural da molécula de [¹¹C]PK11195

No processo de produção desse radiofármaco são utilizados alguns solventes orgânicos, como a acetona, o etanol, a acetonitrila e o DMSO; que ao final do processo podem estar presentes com teor superior aos limites estabelecidos pela ANVISA que são 0,4 %, 10%, 0,4% e 0,5% respectivamente, o que pode causar toxicidade ao paciente. Por isso, estas impurezas devem ser avaliadas por meio de procedimentos adequados antes da liberação do produto acabado.

Diante da ausência de monografia farmacopéica para a análise de solventes residuais no radiofármaco [¹¹C]PK11195, foi necessário o desenvolvimento de um procedimento

analítico. Uma vez determinado, o método deve ser validado a fim de garantir a reprodutibilidade, rastreabilidade e confiabilidade do mesmo. A validação analítica é a avaliação sistemática de um método por meio de ensaios experimentais de modo a confirmar e fornecer evidências objetivas de que os requisitos específicos para seu uso pretendido são atendidos [4].

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi validar o método analítico desenvolvido na UPPR para a análise de solventes residuais em [¹¹C]PK11195 seguindo as normas estabelecidas pelo INMETRO [3] e pela ANVISA [4].

METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no instrumento de cromatografia gasosa da marca Perkin Elmer, modelo Clarus 680 GC. Utilizou-se amostra do radiofármaco [¹¹C]PK11195, produzido na UPPR/CDTN. Para avaliação da seletividade preparou-se duas curvas analíticas: uma curva com adição de analito na matriz da amostra e a outra curva sem a adição de analito e através dos testes F (Snedecor) e do teste t (Student) verificou-se a homogeneidade das variâncias e a comparação de médias afim de avaliar o efeito da matriz.

Os dados obtidos na seletividade também foram utilizados para confirmação da linearidade, da homocedasticidade dos dados, obtenção dos coeficientes de correlação e análise gráfica dos resíduos.

Os limites de detecção e quantificação foram calculados com base na curva analítica e a confirmação destes foi realizada com base na análise de sete réplicas.

A precisão foi analisada em termos de repetibilidade e precisão Intermediária e os dados obtidos na repetibilidade serviram de base para os estudos da exatidão.

A robustez foi avaliada através de um planejamento fatorial fracionário a fim de ordenar a influência da variação de alguns fatores na resolução etanol-acetonitrila.

RESULTADOS

Os resultados obtidos através da seletividade levaram à conclusão de que há efeito de matriz e que os estudos de linearidade, precisão e recuperação desses solventes seriam realizados na presença de da mesma.

A investigação da linearidade garantiu a homocedasticidade dos resíduos. As curvas analíticas da resposta de cada solvente em função da concentração obtiveram coeficientes de correlação linear superior à 0,990 e os gráficos de resíduos demonstraram mais uma vez que o modelo linear era adequado.

Os resultados para o LD e LQ foram conclusivos uma vez que os solventes foram detectados de maneira eficaz pelo método e confirmados pela repetibilidade.

A avaliação da repetibilidade indicou desvios inferiores à 10% e a precisão intermediária não indicou diferença estatística entre resultados dos analistas. A exatidão indicou recuperação de 90% à 110%.

A robustez indicou que o tipo de injeção (manual ou automática) e o tempo na temperatura inicial são os mais significativos para a resolução etanol-acetonitrila.

CONCLUSÕES

Os resultados dos parâmetros avaliados foram satisfatórios indicando que o método desenvolvido assegura a qualidade dos resultados. O próximo passo é o estudo de estabilidade do radiofármaco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]BRASIL ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC N° 64, 18 /12/ 2017.

[2]ALBA, M. V. F. Desenvolvimento Do Processo De Síntese E Dos Ensaio De Controle De Qualidade Do Radiofármaco [11C]-(R)-Pk11195 . Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

[3]DOQ-CGCRE-008. Orientação sobre validação de Métodos analíticos.INMETRO, Rev.: NOV/2017.

[4]BRASIL. Resolução RDC N° 166, 24 de julho de 2017: Dispõe sobre validação de métodos analíticos.Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/CNEN

Metodologia de geração de malha de uma grade espaçadora utilizando o software aberto GMSH

Guilherme Augusto Moura Vidal e João Roberto Loureiro de Mattos
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

Neste trabalho foi utilizado o software aberto *GMSH* para gerar a geometria e diferentes malhas de uma grade espaçadora. A geometria foi baseada na grade do *Karoutas et al. [2]*, sendo que a metodologia foi baseada em Campagnole dos Santos [1] para realizar um corte e algumas simplificações por falta de informações disponíveis na bibliografia.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo criar uma metodologia para desenvolver diferentes geometrias e malhas de grades espaçadoras por meio de um software livre de geração de malhas *GMSH*.

METODOLOGIA

O desenvolvimento da geometria dividiu-se em quatro partes, sendo dividido para obter uma melhor visualização do desenho e identificar possíveis erros durante o desenho das geometrias, principalmente das aletas que possuem geometria mais complexa. A primeira etapa consistiu na geração das varetas de combustível, a segunda na criação da grade, a terceira das aletas e a quarta etapa foi de união dos três primeiros componentes previamente criados, formando assim a geometria completa.

Antes de começar o desenho da geometria no *GMSH* foram feitos cálculos e considerações. Baseadas nos cálculos e de acordo com as medidas da grade (*Karoutas et al. [2]*) e da geometria feita por Campagnole dos Santos [1] no software *ANSYS*, para determinar e parametrizar as coordenadas dos pontos necessários para gerar o desenho completo. Após determinação e parametrização dos pontos necessários para gerar a

geometria foi realizada a primeira parte, que consistiu na criação das varetas combustível. Esta que foi desenhada, primeiramente em 2D, no plano X-Y e posteriormente extrudada ao longo do eixo Z. Para isso, utilizou-se a coordenada (0, 0, 0) como ponto inicial de referência para os demais pontos que constituem o desenho. Por sua geometria não sofrer variações ao longo do plano Z, foi utilizado o recurso de extrusão para gerar seu comprimento ao longo do eixo Z.

A segunda etapa foi a criação da grade, que teve uma simplificação em seu desenho comparado com a de *Karoutas et al. [2]*, que foi a remoção das molas ao longo da grade. Portanto, ela também foi realizada no plano X-Y, mas com sua altura inicial em Z de 100, sendo posteriormente extrudadas ao longo do eixo Z até 140.

A terceira parte do processo consistiu na criação das aletas, que ao contrário das etapas anteriores não pode ser gerada 2D para depois ser extrudada. As aletas foram geradas utilizando pontos nos três eixos (X, Y e Z), não podendo ser feita em apenas um plano devido a sua inclinação, por tanto não possuem simetria ao longo do eixo Z. A aleta foi construída a partir do final da altura da grade espaçadora e fazem parte da mesma. Por ser mais complexa foi necessário encontrar as equações de retas dadas pela inclinação da aleta e sua espessura, para descobrir a posição em X, Y e Z dos pontos necessários para gerar sua geometria. Também foi utilizado de geometria analítica para descobrir o ponto a ser utilizado como o centro do raio de curvatura da aleta, que é uma elipse. cujo centro é o encontro do segmento de reta (dado pela equação da inclinação) com o eixo central Z, equivalente com o eixo de cada vareta. Após a criação da primeira aleta, foram criadas mais sete, alterando seu

posicionamento e rotacionando-a de acordo com sua posição na grade espaçadora. O último passo da geometria foi a junção dos processos anteriores, unindo as varetas combustíveis, com a grade espaçadora e as oito aletas, que pode ser observada na Figura 1, formando a geometria completa. Verificando-se possíveis erros ou avisos que ocorreram durante a criação da geometria completa, assim corrigindo-os no arquivo com o auxílio da interface gráfica, para identificar os pontos e faces que foram alterados e/ou criados com valores diferentes de quando criados individualmente.

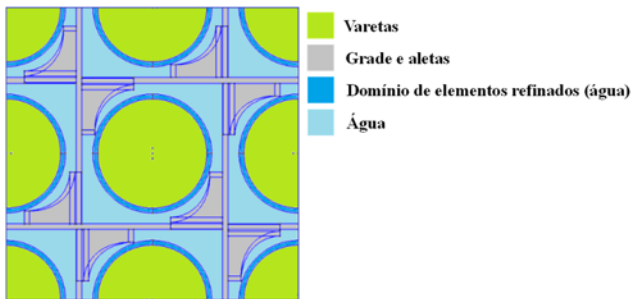


Figura 1. Vista Superior da Geometria Completa no Plano X-Y

Após a geometria ficar completa e sem nenhum erro, foi gerada a malha.

RESULTADOS

As malhas geradas podem ser visualizadas na Figura 2. É possível ver o refinamento das malhas. O refinamento foi mais acentuado das malhas 2 para 3. Esse refinamento configura um importante passo na verificação das malhas e sua avaliação.

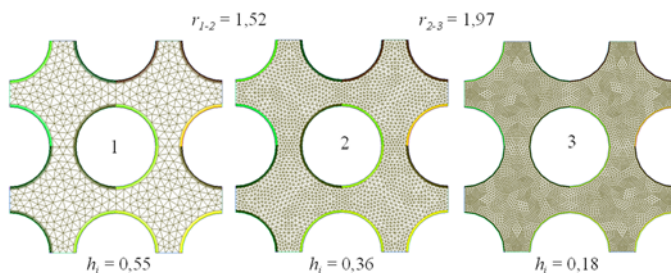


Figura 2. Vista das Malhas Completa nos Planos X-Y no Domínio do Fluido

As malhas geradas possuem os elementos refinados próximos à parede das varetas e foi possível variar a espessura, número e grau de crescimento desses elementos.

CONCLUSÕES

A geração da geometria parametrizada da grade espaçadora de Karoutas et al. [2] facilitará na criação de novas e diferentes geometrias com posicionamentos diferentes das aletas, para posteriores simulações para comparação de resultados.

A geração da malha mostrou que o software GMSH consegue gerar malhas refinadas com parâmetros similares a malhas geradas por software pagos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Campagnole dos Santos, A.A., “Investigação Numérica e Experimental do Escoamento de Água em Feixe de Varetas Representativo de Elementos Combustíveis Nucleares de Reatores do Tipo PWR”, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, Novembro de 2012.

[2] Karoutas et al., “3-D Flow Analyses for Design of Nuclear Fuel Spacer”, Proceedings of the 7th International Meeting on Nuclear Thermal-hydraulics NURETH-7, New York, USA, pp. 3153-3174 (1995).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Desenvolvimento e implantação de testes de controle de qualidade para tomógrafo pet para pequenos animais usando simulador QRM-MICROPET-HOTROD

Guilherme Cavalcante de Albuquerque Souza e Andréa Vidal Ferreira
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

No Brasil, existem 429 Serviços de Medicina Nuclear licenciados. Tal fato leva ao aumento do consumo de radiofármacos e à necessidade de desenvolvimento de novos produtos. A UPPR/CDTN realiza pesquisa de novos radiofármacos do tipo PET (*Positron Emission Tomography*). Nestas pesquisas, a UPPR utiliza um tomógrafo PET para pequenos animais.

Na prática laboratorial, a adoção de programas de garantia da qualidade é indispensável para correta interpretação de imagens moleculares - que dependem de parâmetros intrínsecos do tomógrafo PET, dentre elas a resolução espacial (RE) [1]. A RE mede a capacidade do equipamento reproduzir a imagem do objeto, mostrando claramente as variações na distribuição de radioatividade, e depende dos seguintes fatores: tamanho do detector R_i , alcance dos pósitrons R_p , não-colinearidade R_a , ruído K_r devido ao método de reconstrução e erro na localização do detector R_l . A fórmula analítica da RE é [1, 2]:

$$RE = K_r \sqrt{R_i^2 + R_p^2 + R_a^2 + R_l^2} \quad (1)$$

A RE de um tomógrafo PET é caracterizada como a largura à meia altura (FWHM) de um perfil que atravessa a imagem de uma fonte pontual ou linear.

OBJETIVO

Determinar a RE do tomógrafo PET para pequenos animais da UPPR/CDTN.

METODOLOGIA

Foram utilizados o tomógrafo PET da UPPR (plataforma Triumph™ LabPET Solo 4, Gamma Medica/GE Healthcare) e o simulador comercial QMR *Micro-PET Hot-Rod Phantom* (Fig. 1). O interior do simulador contém três discos, sendo um deles preenchível e com canais dispostos em seis grupos (G1 a G6) com diâmetros de (0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5 e 2,0) mm respectivamente.



FIGURA.1. Simulador montado (A) e desmontado (B) e canais preenchíveis (C).

O simulador foi preenchido com ^{18}F -FDG e posicionado no centro do FOV do PET. A aquisição e reconstrução de imagens foram executadas utilizando software LabPET 1.12.1, com as condições apresentadas na Tabela 1.

TABELA. 1. Condições Experimentais.

Parâmetro	Valor
Tempo de aquisição	1 hora
Atividade Inicial	60 MBq
Tipo de aquisição	Espacial
Nº de posições de cama	1
Campo de Visão (FOV)	46 mm
Método	MLEM-3D
Número de iterações	20
Alta resolução	Não

As imagens reconstruídas foram tratadas com o software PMOD®. Foram gerados

gráficos com o perfil de linha da intensidade do sinal PET ao longo dos canais preenchíveis. Os gráficos foram tratados com o software PeakFit® para a obtenção dos FWHM dos picos de interesse.

RESULTADOS

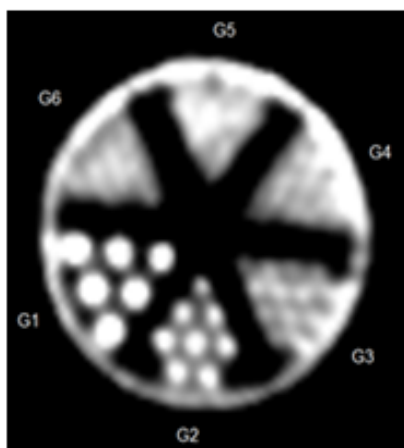


Figura 2. Plano Axial de Imagem PET do simulador.

Uma inspeção visual da Figura 2 revela que o sistema consegue resolver somente as informações dos grupos G1, G2 e G3. A partir do Grupo G4 não é possível distinguir os canais preenchíveis do simulador. A Figura 3 apresenta a análise do perfil de linha do Grupo G1.

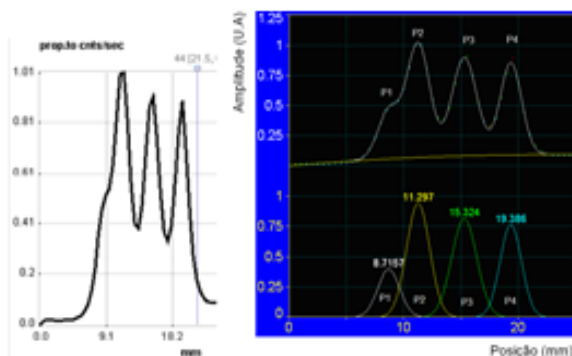


FIGURA. 3. Esquerda: *Line profile*. Direita: Deconvolução do perfil de linha; Superior: Curva ajustada; Inferior: Gaussianas usadas no ajuste.

A Figura 2 apresenta uma imagem PET.

Os resultados dos FWHMs obtidos após as análises dos grupos G1, G2 e G3 indicam

que, de acordo com a metodologia adotada, os valores do parâmetro FWHM estão entre 2,0 e 3,0 mm. Consequentemente, pode-se afirmar que a RE do tomógrafo PET da UPPR está neste intervalo.

CONCLUSÕES

O tomógrafo PET do CDTN produz imagens de alta qualidade e possui resolução espacial compatível com os valores reportados na literatura. O presente estudo é um passo inicial para avaliar a resolução espacial do equipamento em questão e a próxima etapa é utilizar uma fonte pontual de ^{22}Na conforme recomendado na publicação NEMA NU 4-2008 [3].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G.B. Saha, *Basics of PET Imaging: Physics, Chemistry, and Regulations*, © Springer Science + Business Media, LLC, (2010).
- [2] T. J. Dahle Performance Evaluation of a Small-Animal PET/CT System, pp 28-29, (2014).
- [3] NEMA, National Electrical Manufacturers Association. "Performance Measurements of Small Animal PET". Rosslyn VA; Standards Publication NU 4-(2008).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CDTN/CNEN, FAPEMIG e ao PIBIC/CNPq.

Estudo da ação anti-inflamatória do ácido rosmarínico no modelo de implante de esponjas usando a tomografia por emissão de pósitrons (PET) com o 18F-FDG para avaliação do status inflamatório

Isabela Conceição Duarte Dornelas e Carlos Malamut
Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

O processo inflamatório é uma resposta adaptativa que se inicia após uma lesão no organismo. A inflamação tem início nos macrófagos reconhecendo o agente nocivo, e tem no final um reparo tecidual, por macrófagos residentes (Medzhitov, 2008; Wu et al., 2013). A não resolução do processo inflamatório é crucial para o desenvolvimento de doenças neurológicas, câncer e cardiovasculares (Murakami e Hirano, 2012).

O ácido rosmarínico (AR) é extraído da planta alecrim (*Rosmarinus officinalis*), com efeito antioxidante, anti-inflamatório e anti-angiogênico demonstrado em pesquisas. Apesar desses estudos existentes, muitos estão voltados para a ação anti-tumoral do AR. Dessa forma, é necessário investigar os mecanismos de ação do AR em modelo animal exclusivo de inflamação para melhor compreensão da sua ação.

A tomografia por emissão de pósitrons (PET) é uma técnica de imagem molecular usada para caracterizar e mensurar inúmeros processos biológicos, como tumores, tanto em modelos murinos quanto em seres humanos (Wu et al., 2013). O radiofármaco 18F-FDG é o mais usado, por apresentar alta sensibilidade e especificidade para muitos tipos de câncer e outras doenças inflamatórias.

O modelo murino é indutor de angiogênese e inflamação. Embora nunca utilizado para imagens PET, é adequado para avaliar a especificidade de radiofármacos. Induz uma resposta granulomatosa crônica, incluindo uma intensa angiogênese e infiltrado de células inflamatórias, componentes presentes

em todos os processos inflamatórios (Barcelos et al., 2004).

OBJETIVO

Avaliar o potencial anti-inflamatório do ácido rosmarínico (AR) e a especificidade e eficiência dos radiofármacos 18F-FDG na localização da inflamação em modelo murino de implante de esponja visando sua aplicação no diagnóstico precoce de doenças inflamatórias por meio de imagens PET.

METODOLOGIA

Camundongos machos Balb/C são separados em grupos com diferentes dosagens de AR. É realizado o implante por tricotomia da região dorsal da esponja. Os animais são tratados por 14 dias, sendo realizado a imagem pela técnica Doppler no 10º e 14º dia. São eutanasiados no 14º dia, após remoção cirúrgica da esponja, e a esponja é congelada a -20°C, para posterior avaliação enzimática da atividade de NAG, MPO, e dosagem de hemoglobina.

RESULTADOS



Figura 1. Esponja durante remoção cirúrgica do camundongo, do grupo tratado com 20 mg/kg do ácido rosmarínico.

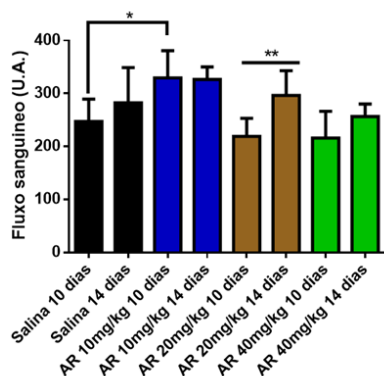


Gráfico 1. Fluxo sanguíneo pela técnica de Doppler.

No Gráfico 1, observa-se maior redução do fluxo sanguíneo na dose de 40 mg/kg, comparado com a do controle.

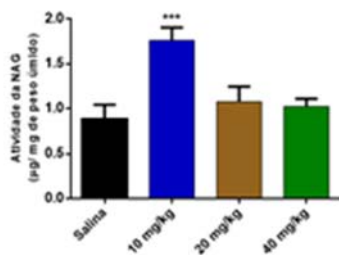


Gráfico 2. Atividade de NAG, marcador de macrófagos.

No Gráfico 2, observa-se menor recrutamento de macrófagos na dose de 40 mg/kg.

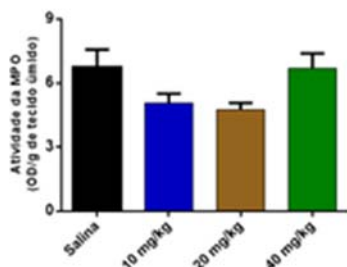


Gráfico 3. Atividade de MPO, marcador de neutrófilos.

No Gráfico 3, observa-se menor recrutamento de neutrófilos na dose de 20 mg/kg.

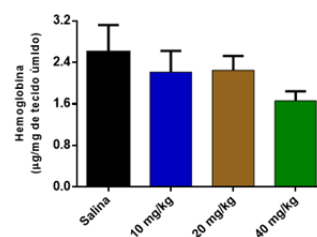


Gráfico 4. Dosagem de hemoglobina nas esponjas.

No Gráfico 4, observa-se menor indício de angiogênese na dose de 40 mg/kg

CONCLUSÕES

Na próxima fase de experimentos a serem feitos, será possível complementar os resultados com a imagem PET e histologia. Isso poderá confirmar se na dose de 10 mg/kg, a angiogênese e o processo inflamatório estão em quantidades elevadas; e se na dose de 20 e 40 mg/kg há uma redução significativa da angiogênese e do processo inflamatório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Medzhitov, Ruslan. "Origin and physiological roles of inflammation." Nature (2008).

[2] Huang, T., Wang, H., Tang, G., et al. (2012). A comparative uptake study of multiplexed PET tracers in mice with turpentine-induced inflammation. Molecules, 2012.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); CDTN/CNEN

Uso do método de correntes parasitas para a medição da espessura do revestimento de alumínio de combustíveis nucleares tipo placa

Juliano Silva Rodrigues e Silvério Ferreira da Silva Júnior
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

Combustíveis nucleares do tipo placa são usados em reatores de pesquisa e de testes de materiais. Eles são formados por um núcleo, com o material físsil, revestido por um material metálico, com a função de isolar o núcleo do ambiente externo. O núcleo pode ser obtido pela tecnologia do pó ou processos de fusão e laminação. O núcleo é montado em um quadro e, em cada um dos lados da montagem coloca-se uma lâmina do material de revestimento. O conjunto é submetido a uma série de operações de laminação a quente e a frio, obtendo-se o combustível tipo placa. Após a laminação, é necessário verificar a presença de descontinuidades inerentes ao processo de fabricação [1] e verificar se a espessura final do revestimento se encontra dentro das especificações de projeto. Neste trabalho são realizados testes para a medição da espessura de revestimentos de alumínio 6061 em amostras fornecidas pelo IPEN, usando-se como referência corpos de prova que simulam a presença do núcleo contendo material físsil.

OBJETIVO

Obter as curvas de referência que associam o valor da amplitude do sinal de correntes parasitas e a espessura do revestimento de alumínio 6061, em corpos de prova que simulam a presença do núcleo de material físsil, de forma a considerar a influência do mesmo nos resultados obtidos.

METODOLOGIA

Para simular a presença do núcleo, foram fixados discos de dois materiais diferentes às amostras de revestimento disponíveis. Essa

estratégia foi necessária devido à não disponibilidade de amostras reais contendo o material físsil. Pela demonstração da possibilidade de realizar as medições da espessura do revestimento considerando-se a presença de materiais de diferentes condutividades elétricas junto ao mesmo, torna-se possível avaliar a eficiência desse ensaio para essa aplicação. Os materiais usados para simular o núcleo foram uma liga de alumínio-magnésio e bronze. As condutividades elétricas dessas amostras são de 44,4% IACS e 22,6% IACS, respectivamente. Esses valores foram considerados adequados para a simulação, de acordo com resultados apresentados em trabalho anterior [2]. Na Figura 1 apresenta-se um exemplo dos discos utilizados.

Figura 1 – Disco de alumínio-magnésio (esquerda). Disco de bronze (direita).



RESULTADOS

Para a verificação da resposta da sonda foram usadas seis amostras, nas quais foram fixados os discos de alumínio e bronze, denominadas Z1-03, Z1-05, Z1-06, Z1-07, Z2-02 e Z2-05 (Figura 2), com espessuras nominais de 0,305 mm, 0,297 mm, 0,293 mm,

0,282 mm, 0,250 mm e 0,235 mm respectivamente. A placa Z1-07 foi utilizada para validar a curva obtida.

Figura 2 – Amostras utilizadas nos ensaios.



Com os resultados das medições das placas foi possível traçar os gráficos de resposta para cada frequência utilizada, um exemplo podendo ser visto na Figura 3. Com a equação de cada curva, foi possível calcular o valor da amplitude de resposta do bloco Z1-07 e comparar o resultado com o valor medido no ensaio (Tabelas 1 e 2). Para um resultado satisfatório, o erro absoluto deve ser menor que 0,01 mm.

Figura 3 – Gráfico de resposta para a frequência de 160 kHz para o núcleo de alumínio-magnésio.

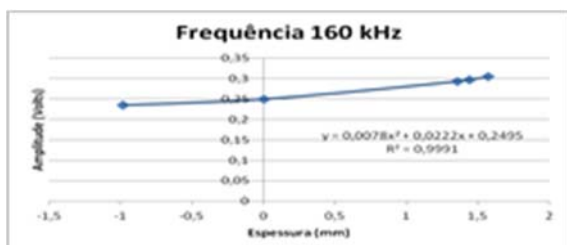


TABELA 2 – Valores médios da amplitude de sinal da placa Z1-07 para o núcleo de alumínio-magnésio

Frequência (kHz)	Valor Medido (Volts)	Valor Calculado (mm)	Erro Absoluto (mm)
160	1,0656	0,282013	0,000130
150	1,2244	0,281849	0,000151
140	1,3411	0,281900	0,000100
130	1,4311	0,281763	0,000237
120	1,5556	0,282179	0,000179
110	1,5878	0,282146	0,000146
100	1,6744	0,283439	0,001439

TABELA 2 – Valores médios da amplitude de sinal da placa Z1-07 para o núcleo de bronze

Frequência (kHz)	Valor Medido (Volts)	Valor Calculado (mm)	Erro Absoluto (mm)
180	0,7667	0,281769	0,000231
170	0,8944	0,281793	0,000207
160	1,0333	0,281720	0,000280
150	1,0356	0,276880	0,005120

Ao se comparar os resultados das tabelas 1 e 2, vimos que as frequências de 160 kHz e 150 kHz podem ser utilizadas para a medição do combustível, uma vez que as duas puderam ser utilizadas em todas as amostras com um erro menor que 0,01 mm.

CONCLUSÕES

Com relação aos resultados obtidos foi possível verificar que esse método de ensaio pode ser utilizado para a medição de espessuras de amostras da liga de alumínio 6061, obtidas segundo os procedimentos usados para a fabricação das placas no IPEN, bem como nas amostras contendo materiais simulando a presença do cerne. As frequências de 150 kHz e 160 kHz são ideias para o ensaio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SALIBA-SILVA, A. M. et al. Research Reactor Fuel Fabrication to Produce Radioisotopes. In: SINGH, Nirmal. **Radioisotopes - Applications in Physical Sciences**. Rijeka: InTech, 2011. p. 21-54.

[2] FRADE, R. T. **Avaliação de combustível tipo placa pelo método de correntes parasitas**. 2015. 109f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2015.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CDTN e CNPq

Avaliação da dose glandular média através da dosimetria em pacientes submetidas a exames de mamografia digital-dr

Lorena Olimpio da Silva e Maria do Socorro Nogueira
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

A mamografia é um procedimento radiográfico dedicado ao diagnóstico de patologias da mama¹. É um método altamente eficaz na detecção do câncer de mama inicial, pois permite detectar nódulos ou tumores não palpáveis, da ordem de micrômetros¹. No entanto, é necessário que a dose de radiação, a qual a mulher é submetida, se mantenha o menor valor possível para reduzir os riscos inerentes do Raio X².

OBJETIVO

A pesquisa tem como objetivo avaliar a Dose Glandular Média (DGM) em pacientes submetidas a exame de mamografia digital – DR.

METODOLOGIA

Selecionou-se, de forma aleatória, 79 imagens na incidência médio lateral oblíqua (MLO) da mama direita, obtidas através de um banco de imagens da clínica radiológica de Belo Horizonte – MG. O critério de inclusão foi mulheres na faixa etária de 50 a 69 anos. A DGM foi obtida através do cálculo de Dance³:

$$DGM = Kai \times g \times c \times s$$

Sendo que Kai = kerma no ar incidente na superfície da mama; g = coeficiente de conversão do Kai para DGM que depende da espessura da mama e camada semi-redutora (CSR); c = coeficiente de conversão do Kai na mama para DGM que depende da espessura e glandularidade, onde Dance associa

com uma faixa etária; s = fator de correção para diferentes combinações anodo-filtro.

O rendimento e a CSR foram obtidos através de medições anteriores para o controle de qualidade e o restante das informações coletou-se através do cabeçalho DICOM.

RESULTADOS

Por meio das mamografias analisadas, percebe-se uma distribuição homogênea na faixa etária das pacientes, sendo que a idade média foi de 60 anos e a mediana 64 anos. Já a faixa de espessura da mama comprimida encontrou-se principalmente entre 40 e 70 mm. Além disso, os valores de tensão obtidos predominaram entre 28 a 31 kV, o que pode ser justificada pelos maiores valores da espessura da mama. Já os valores de carga transportável variaram entre 54 a 224 mAs.

O gráfico 1 mostra a distribuição das DGMs obtidas, sendo que o menor valor encontrado foi 1,54 mGy e o máximo foi 6,62 mGy. A média geral foi de 4,2 mGy.

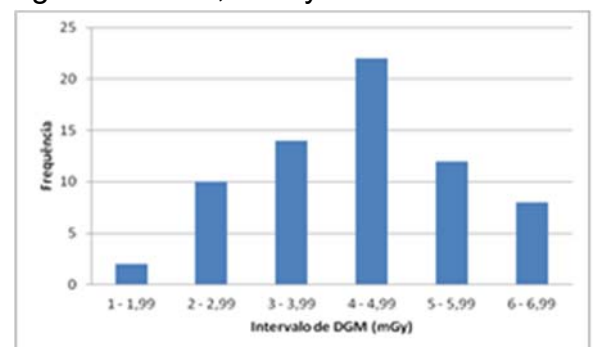


FIGURA 1. Distribuição de Frequência da DGM.

Comparando-se com os valores de referência proposto pela Comunidade Europeia,

percebe-se que a maioria das imagens encontram-se acima dos valores de referência.

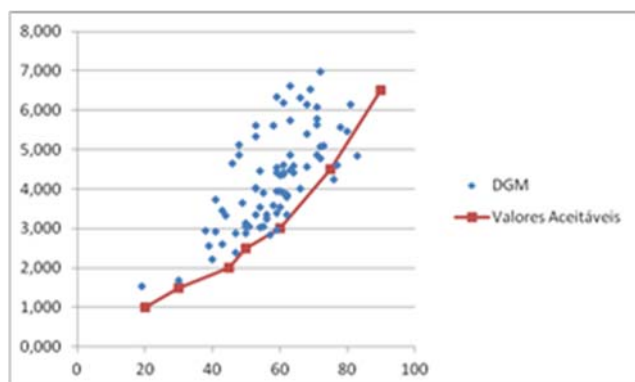


FIGURA 2. Valores da DGM obtidos e aceitáveis pela Comunidade Europeia.

Esses dados indicam a necessidade de otimização e redução de dose em equipamentos digitais. Uma vez que [Yaffe et al. \(2013\)](#) estimaram que as mulheres que recebem uma dose média absorvida de 3,7 mGy em ambas as mamas, anualmente desde os 40 anos de idade, têm um risco de incidência de câncer de 86 casos em 100.000 pacientes expostos.

Além disso, segundo Chen et al os sistemas DR podem fornecer imagens com qualidade similar a partir de uma ampla variedade de valores de dose, podendo ser reduzida em até 50% ou 30%.

CONCLUSÕES

Apesar de o Instituto Nacional de Câncer (INCA) ter instituído o Programa Nacional de Qualidade em Mamografia (PNQM) em 2012, o programa ainda é recente e provavelmente não conseguiu assessorar todos os estados e municípios. Logo, ações específicas para otimizar a prática de mamografia ainda são necessárias.

Como esse estudo avaliou apenas um mamógrafo, é necessário, em trabalhos futuros, realizar a dosimetria de uma maior amostragem, a fim de identificar se o problema

apresentado na clínica estudada reflete o município de Belo Horizonte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]Ministério Da Saúde, Secretaria De Atenção À Saúde. Diretrizes para a Detecção Precoce do Câncer de Mama no Brasil. Outubro de 2014
- [2] [Migliorett DL](#), [Lange J](#), [Broek JJV](#), [Lee CI](#), [Ravesteyn NTV](#), [Ritley D](#), et al. Radiation-Induced Breast Cancer Incidence and Mortality from Digital Mammography Screening: A Modeling Study. [Ann Intern Med. 2016 Feb 16; 164\(4\): 205–214.](#)
- [3]Dance DR. Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose. *Phys Med Biol.* 1990;35: 1211–9.
- [4]Commission of the European Communities. European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis. Luxembourg: CEC; 2006.
- [5]Yaffe MJ, Bloomquist AK, Hunter DM, Mawdsley GE, Chiarelli AM, Muradali D, Mainprize JG. Comparative performance of modern digital mammography systems in a large breast screening program. *Medical Physics.* 2013; 40(12):1-10.
- [6]Chen B, Wang Y, Sun X, et al. Analysis of patient dose in full field digital mammography. *Eur J Radiol.* 2012;81:868–72.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Ao CDTN pelo incentivo na pesquisa. Este trabalho foi suportado pelo CNPq – Sem Fronteiras, FAPEMIG, bolsa CNPq PIBIC/PROBIC.

Estudo da grafitação catalítica de resina fenólica por nanomateriais de carbono e acetatos metálicos

Rafael Borges Alves Rennó e Adelina Pinheiro Santos
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

Refratários contendo carbono são cruciais em vários processos de fabricação do aço e na indústria de cimento [1]. Na produção dos refratários, um importante componente é o material utilizado como ligante, o qual tem a função de conferir resistência mecânica aos tijolos possibilitando sua conformação e seu manuseio antes da sinterização. O ligante representa uma fonte secundária de carbono, sendo desejável que ele forneça carbono organizado, contribuindo assim para melhor as propriedades mecânicas e térmicas dos tijolos. O piche foi o primeiro material usado para este fim, entretanto, devido a problemas ambientais ele foi substituído por outros ligantes, sendo as resinas fenólicas os mais difundidos. As resinas fenólicas, contudo, têm a desvantagem frente ao piche de serem fontes de carbono não grafificáveis [2]. Neste contexto, muitos estudos vêm sendo feitos na busca de catalisadores que promovam a grafitação de resinas fenólicas nas temperaturas de fabricação de refratários [3]. Este trabalho investiga alternativas para a grafitação de uma resina fenólica baseadas na adição de acetatos metálicos e nanocarbonos.

OBJETIVO

Avaliar o efeito da adição de nanomateriais de carbono e acetatos metálicos no grau de grafitação de uma resina fenólica do tipo novolaca, doada pela RHIMagnesita.

METODOLOGIA

Foram preparadas 12 misturas (em duplicata) para posteriores curas e pirólise utilizando 5 aditivos: nanoplaquetas de grafeno, nanoplaquetas de grafite, óxido de grafeno,

acetato de cobalto tetrahidratado (II) e acetato de ferro (II). Os agentes grafificantes e o agente reticulador, hexametilenoetetramina (HMTA), foram pesados e adicionados à resina nas proporções de 0,5% e 10% em massa, respectivamente, por meio de adição lenta dos materiais secos à resina que foi mantida sob agitação mecânica (agitador IKA RW20, 180 rpm, 30 min). Foram feitas duas amostras de resina pura sem catalisador para efeito de comparação. As misturas foram colocadas em cadinhos de alumina deixando 60% de volume livre para evitar projeção e submetidas à etapa de cura em um forno resistivo por 24h a 190°C. Após a etapa de cura, as amostras foram conduzidas à pirólise a 1500°C por 3 e 10 h, cada uma das duplicatas, em atmosfera inerte de argônio e razão de aquecimento de 5°C/min. As resinas pirolisadas foram caracterizadas por difração de raios X, espectroscopia Raman e termogravimetria.

RESULTADOS

A difração de raios X foi a principal técnica utilizada para avaliar os diferentes aditivos e tempos de pirólise na grafitação da resina pirolisada. O grau de grafitação foi calculado pela equação (1), recentemente proposta por Rastegar e colaboradores [4].

$$G\% = \frac{0,3440 - d_{002}}{0,3440 - 0,3354} \quad (01)$$

Onde G%, é o grau de grafitação; d_{002} é a distância interlamelar do pico próximo à reflexão (002); 0,3440 e 0,3354 são as distâncias interlamelares (em nm) das fases grafite turbostrático e grafite hexagonal.

O valor de d_{002} , por sua vez, é calculado pela Lei de Bragg (eq. 2) a partir da reflexão

observada na região de $2\theta \sim 26,5^\circ$, ângulo no qual ocorre a reflexão dos planos (002) do grafite quando se usa radiação $\text{CuK}\alpha$.

$$2d \sin\theta = n\lambda \quad (2)$$

Em que d é a distância entre planos (002), θ é o ângulo observado para a reflexão, n é a ordem da difração ($=1$) e λ é o comprimento de onda da radiação incidente (radiação $\text{CuK}\alpha$; $\lambda = 0,15418 \text{ nm}$).

Na TABELA 1 encontram-se listadas todas as amostras preparadas, detalhando o tipo de aditivo, o tempo de pirólise e a distância entre planos. Para as amostras cujos valores de d_{002} encontram-se na faixa válida da equação (1), são apresentados também o grau de grafitação (G%).

TABELA 1 – Distâncias interplanares (d_{002}) e grau de grafitação (G%) calculados a partir dos difratogramas de raios X.

Aditivo	d_{002} (nm)	G%
Nenhum/3h	0,3559	-
Nenhum/10h	0,3559	-
FeAc_2 /3h	0,3407	38,09
FeAc_2 /10h	0,3396	50,81
$\text{CoAc}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ /3h	0,3409	36,16
$\text{CoAc}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ /10h	0,3404	41,86
GO/3h	0,3572	-
GO/10h	0,3579	-
NG/3h	0,3586	-
NG/10h	0,3581	-
NGraf/3h	0,3594	-
NGraf/10h	0,3637	-

Nenhum = sem catalisador; FeAc_2 = acetato de ferro (II); $\text{CoAc}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ = acetato de cobalto tetraidratado; GO = óxido de grafeno; NG = nanoplacas de grafite; NGraf = nanoplacas de grafeno.

As análises de termogravimetria e espectroscopia Raman confirmaram a formação de fases gráficas nas amostras preparadas com os acetatos metálicos.

CONCLUSÕES

Os acetatos metálicos promoveram a grafitação da resina novolaca empregada neste estudo. Com o tratamento térmico, os compostos metálicos decompõem-se, dando origem a nanopartículas do metal, que atuam como sítios ativos para a nucleação de domínios gráficas. Por outro lado, os nanomateriais de carbono não conseguiram induzir a organização de fases gráficas nas condições de tratamento térmico empregadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [7]Ewais, E. M. M. Carbon Based Refractories. *Journal of Ceramic Society Jpn*, 112 (10), 517-532, 2004.
- [8]Bitencourt, C. S.; Pandolfelli, V. C. *Cerâmica*, 59 (349), 1-26, 2013.
- [9]Bitencourt, C. S.; Luz, A. P.; Pagliosa, C.; Pandolfelli, V. C. *Ceramics International* 41, 13320-13330, 2015.
- [10]Rastegar, H.; Bavand-vandchali, M.; Nemat, A.; Golestani-Fard, F. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*. 101, 50-61, 2018.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, FAPEMIG, SisNANO/MCTIC, INCT de Nanomateriais de Carbono.

Aplicação da Microscopia de Tunelamento (STM) no estudo in-situ de materiais nanoestruturados

Ramon Resende Leite e Maximiliano Delany Martins
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

Para a compreensão do estudo da matéria ao longo dos anos foram desenvolvidos diversos microscópicos e desde então estes não pararam de evoluir sendo sempre ferramentas fundamentais para o avanço das fronteiras do conhecimento.

Em 1982, Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, ganhadores do Nobel de Física quatro anos depois, criaram o microscópio de varredura por tunelamento (STM, Scanning Tunneling Microscope). Em STM uma ponta muito fina feita de material condutor, que é em geral um fio de tungstênio, é aproximada da superfície que se deseja estudar. Quando uma diferença de potencial é aplicada entre a ponta e a superfície e a distância ponta-amostra é de aproximadamente 10 \AA ou 1 nA , os elétrons da amostra (que deve ser condutora ou semicondutora), começam sofrer tunelamento em uma direção preferencial (da amostra para a ponta ou da ponta para a amostra dependendo da polaridade da tensão aplicada), gerando uma corrente elétrica conhecida como corrente de tunelamento.

A possibilidade de se obter imagens em resolução atômica e permitir manipulação de átomos individuais despertou grande interesse nesta técnica contribuindo enormemente para o estudo de materiais magnéticos nanoestruturados como, por exemplo, aqueles causados pelo confinamento de tamanho e redução da razão volume/área superficial dado o seu grande potencial para a utilização em novos dispositivos tais como sensores de campo, mídias de gravação de alta densidade e dispositivos spintrônicos.

OBJETIVO

Este presente trabalho busca implementar um sistema de controle baseado no *software* livre *GXSM* (*Gnome X Scanning Microscopy Project*) e uma placa DSP Signal Ranger para a operação do microscópio de tunelamento UHV projetado e construído no Laboratório de Nanoscopia (LabNano) do CDTN para o estudo de materiais nanoestruturados.

METODOLOGIA

No Laboratório de Nanoscopia (LabNano) no CDTN, foi projetado e construído um STM concebido para operar em condição de ultra alto vácuo (UHV). A instrumentação do STM-UHV do LabNano pode ser dividida nos seguintes itens:

1. O microscópio propriamente dito com toda a sua estrutura mecânica;
2. A interface eletrônica para o controle do microscópico, composto por um conjunto de eletrônicas (placa DSP Signal Ranger, pré-amplificador e controlador dos nanoposicionadores);
3. *Software* de controle, registro e análise de imagens.

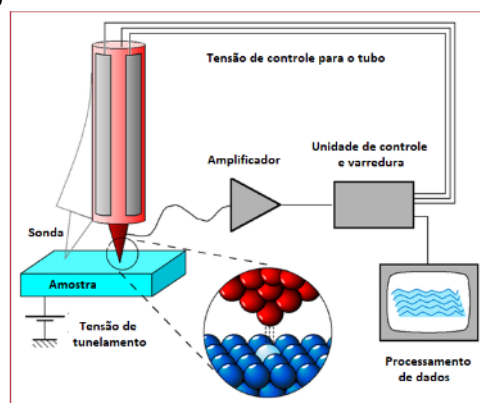


Figura 1. Desenho esquemático de um sistema de microscopia STM.

Dado a problemas existentes na antiga eletrônica SPM1000, já obsoleta no mercado, não era viável o investimento em manutenção deste equipamento. Portanto, uma solução para tal problema foi à substituição por uma eletrônica mais robusta, com disponibilidade de assistência técnica e é claro, que permitisse realizar as mesmas funções a um custo acessível. Com base nisso foi escolhido como opção a SPM Controller Model MK2-A810.

Com a substituição da antiga eletrônica pela SPM Controller Model MK2-A810 se tornou necessário fazer uma mudança do *software* de controle. Para tal utilizou-se *software* livre GXSM (*Gnome X Scanning Microscopy Project*), com base em várias opções de *hardware*, ele suporta um *hardware* DSP disponível comercialmente e também fornece código fonte aberto para todas as tarefas de processamento de sinal de baixo nível e controles de instrumento da maneira mais flexível e adaptável, além de ser gratuito e contar com um fórum de discussão onde contém muitas informações sobre instalação, configuração entre outros.

RESULTADOS

Realizou-se a migração da interface de controle do Microscópio STM-UHV, uma vez que anteriormente essa era feita através de uma eletrônica comercial SPM1000 em conjunto com o um *software* XPMPro 2.0, fabricada pela Empresa RHK Technolog. A atualização do *firmware* da SR Ranger e do GXSM foi realizado, com isso foi resolvido o problema de compatibilidade das versões para a comunicação entre o *software* e a DSP. A verificação da correta comunicação foi verificada medindo-se os sinais emitidos pela DSP através do uso de um osciloscópio.

Utilizando o osciloscópio verificou-se um fator de ganho 12 para a eletrônica de amplificação.

A rotina de aproximação pode ser implementada de modo automático, pois se realizou a integração entre as eletrônicas para atuar em conjunto com a unidade de controle da *Attocube*.

Após a manutenção no sistema bombeamento e no canhão de sputtering foi realizado *baking* e ao fim deste processo à pressão no interior da câmara foi de $2,2 \times 10^{-10}$ mbar indicando que a condição de ultra alto vácuo foi atingida, possibilitando o início de preparação da amostra por repetidos ciclos de sputtering e annealing.

CONCLUSÕES

A comunicação entre o GXSM e a DSP foi realizada. O sistema de aproximação baseado nos nanoposicionadores *Attocube* se mostrou suficiente robusto e estável. A substituição da eletrônica comercial SPM1000 pela SPM Controller Model MK2-A810 não causou nenhum prejuízo operacional ao microscópio. Resultados preliminares e análises das imagens estão sendo realizados neste momento, devido ao atraso na parte de instrumentação e restauração de condições estáveis para operação do STM-UHV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [11] LOPES, Rafael. **Desenvolvimento de um microscópio de varredura por tunelamento operado em ultra alto vácuo**. 115 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação do CDTN/CNEN, 2013.
- [12] ZAHL, Percy et al. Open source scanning probe microscopy control software package GXSM. **J Vacuum Sci Technol B**, [s.l.], v. 28, n. 3, p.39-47, 2010.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, CNEN e FAPEMIG.

Validação estatística da automatização de espectrometria gama

INTRODUÇÃO

Um Trocador Automático de Amostras (TAA) está sendo desenvolvido e foi instalado no Laboratório de Ativação Neutrônica do CDTN/CNEN. O TAA está acoplado ao detector HPGe, chamado de D2, e a finalidade é otimizar o método k_0 de ativação neutrônica^[1] aplicada no CDTN/CNEN, quanto à troca de amostras na espectrometria gama e assim aumentar sua competitividade em relação às outras técnicas analíticas.

Após a instalação, o equipamento foi submetido a algumas etapas de teste: reprodutibilidade, quantidade de amostra, comparação com amostra de solo WEPAL e comparação com MRC- Material de Referência Certificado BCR-320R. Os testes de reprodutibilidade já foram concluídos e mostraram que o TAA funciona adequadamente.

A avaliação do desempenho do TAA foi realizada através de testes estatísticos como: teste t de Student^[2,3] e validação dos resultados laboratoriais com material certificado^[4].

OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi verificar se o sistema TAA fornece resultados similares aqueles obtidos de análises executadas de modo tradicional, ou seja, troca manual, por meio de testes estatísticos.

METODOLOGIA

Preparo, irradiação e espectrometria gama: foram pesadas ~200 mg das amostras WE-PAL e BCR-320R em porta amostra de polietileno. As amostras, acompanhadas de monitor de nêutrons, foram irradiadas por 8 horas no reator TRIGA Mark I IPR-R1 do CDTN. A espectrometria gama foi realizada em dois detectores com HPGe distintos, D2 (automático) e D3 (manual), com programa

Genie 2K para aquisição de espectros gama e eletrônica associada. Usualmente as amostras são medidas três vezes para analisar radionuclídeos com meias vidas menores do que 20 horas, três vezes para meias vidas menores do que 100 horas e três vezes para meias vidas maiores.

Cálculos: foram aplicados os programas HyperLab, para a deconvolução dos espectros, e Kayzero for Windows para os cálculos das concentrações elementares.

Quantidade de amostra: três porta-amostras de diferentes tamanhos foram levados ao detector D2, pelo TAA, e contados por 10 s. O tempo de troca foi cronometrado para avaliar a quantidade de amostras que o trocador é capaz de analisar, através da Eq. 1.

$$QRA = \frac{TFT - [n * (T_{médI} + T_{médR})]}{TC} \quad (1)$$

Teste t de Student: o teste visa verificar se há diferença significativa entre observações^[3], através do valor do teste t e compará-lo com o valor t -crítico, que é tabelado. Caso t -teste $>$ t -crítico, haverá diferença significativa entre as análises utilizadas.

Teste de comparação IRMM^[4]: este teste avalia resultados experimentais em relação ao valor certificado, através da diferença absoluta entre o valor experimental médio e o valor certificado, Eq. 3 e o compara com a incerteza expandida Eq. 4 e 5.

$$\Delta_m = |C_m - C_{CRM}| \quad (3)$$

$$u_\Delta = \sqrt{U_m^2 + U_{CRM}^2} \quad (4)$$

$$U_\Delta = 2 \cdot u_\Delta \quad (5)$$

Para que haja boa concordância dos resultados: $\Delta_m \leq U_\Delta$.

RESULTADOS

Quantidade de amostra: através deste teste, foi constatado que o tempo de troca das amostras, só influencia na capacidade de análise, quando a contagem na espectrometria gama é muito curta, ou seja, abaixo de 9 minutos.

Teste *t* com amostra de solo WEPAL: o valor do *t*-crítico, a saber, $\pm 4,303$, foi comparado com o valor do teste *t* para cada média de concentração determinada.

A maioria dos resultados apresentou similaridade entre as médias de concentração obtidas, quanto à espectrometria gama realizada nos detectores D3 (manual) e D2 (automático), sendo que, apenas quatro resultados não mostraram similaridade: Cr, Fe, Hf e Sc.

Teste de validação dos resultados com MRC BCR-320R: a TABELA 1, expressa os resultados de concentração determinada e o teste estatístico de comparação.

TABELA 1. Comparação de Resultados Experimentais com Material Certificado.

Elemento	Valor certificado (mg.kg ⁻¹)	Valor experimental (mg.kg ⁻¹)	Δ_m	U_Δ
As	21,7 \pm 2,0	21,2 \pm 0,8	0,46	2,21
Co	9,7 \pm 0,6	9,3 \pm 0,4	0,42	0,73
Cr	59 \pm 4	58 \pm 2	1,08	4,66
Fe	25700 \pm 1300	24180 \pm 855	1520,00	1632,51
Th	5,3 \pm 0,4	5,1 \pm 0,2	0,23	0,49
U	1,56 \pm 0,20	1,5 \pm 0,1	0,02	0,24
Zr	319 \pm 20	314 \pm 19	5,40	29,94

Analisando a tabela acima, fica nítido que todos os resultados de concentração

Avaliação da biodisponibilidade de metais em sedimentos contaminados por mineração através dos ensaios de SVA / MES

determinados pelo método k_0 de ativação neutrônica, com auxílio do TAA, apresentaram boa concordância.

CONCLUSÕES

O teste foi útil ao mostrar a quantidade de amostras que podem ser analisadas em um dia, pelo TAA, proporcionando maior planejamento quanto à análise.

Ambos os testes de comparação de resultados, mostraram que o método de ativação neutrônica aplicado no CDTN/CNEN, apresenta bom desempenho e a atuação do TAA é eficaz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [13] Menezes, M.Â.B.C., Jacimovic R. "Optimised k_0 -instrumental neutron activation method using the TRIGA MARK I IPR-R1 reactor at CDTN/CNEN, Belo Horizonte, Brazil", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 564, pp. 707-715, 2006.
- [14] Rocha, S. "Estatística Geral e Aplicada para Cursos de Engenharia", Ed. Atlas, São Paulo, Brasil, 219-222, 283 p, 2015.
- [15] Skoog, West, Holler e Crouch., "Fundamentos de Química Analítica", Ed. Thompson, São Paulo, Brasil, 138,145-146 p, 2006.
- [16] Institute for Reference Materials and Measurements - IRMM. Comparison of a measurement result with the certified value. European Reference Materials, 2010. Disponível em: < <https://ec.europa.eu/jrc/en/reference-materials/application-notes>>. Acessado em: 4 de abril de 2018.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq e AIEA.

INTRODUÇÃO

A drenagem ácida de mina (DAM) é um fenômeno que acontece devido a exposição de minerais sulfetados, que se oxidam por reação com água e oxigênio atmosféricos. No Brasil, um dos locais com grande impacto ambiental devido à DAM é o município de Caldas, na antiga mina de urânio da INB (Indústrias Nucleares do Brasil). As águas ácidas geradas que contém metais e radionuclídeos são tratadas por precipitação com cal hidratada. Entretanto, devido à ineficiência deste processo, contaminantes atingem uma represa da INB, a Bacia de Águas Claras (BAC) [1; 2].

Os sedimentos de corpos d'água são de extrema importância para o estudo da contaminação de locais impactados, porque podem atuar como sumidouros de contaminantes. Em sedimentos anóxicos, o sulfeto tem um papel importante no controle da disponibilidade como agente precipitante de metais tóxicos. O sulfato oriundo da DAM pode ser reduzido a sulfeto por ação bacteriana. Estes sulfetos são na sua maioria, formados por sulfetos de ferro, bem como sulfetos metálicos de baixa solubilidade [3; 4].

O método de extração dos sulfetos volatilizados por acidificação (SVA) e metais extraídos simultaneamente (MES) é muito utilizado para avaliar a toxicidade de metais no sedimento. A Teoria do equilíbrio de Partição (EqP) prediz a partição de metais nos sedimentos entre SVA, água intersticial, organismos bentônicos e outras fases de sedimentos, como o carbono orgânico. O conceito do EqP derivou valores guia de qualidade de sedimentos baseados em valores de SVA e MES utilizados para determinar a biodisponibilidade de íons metálicos nos sedimentos [3; 5].

OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho são avaliar a contaminação dos sedimentos e verificar os riscos ecológicos associados através dos ensaios de SVA / MES.

METODOLOGIA

As amostras de sedimento e água superficial foram coletadas em 10 pontos da BAC e dois pontos a montante da BAC para servirem como *background* da região (córrego Pitangueiras e Aterrado). Toda a metodologia foi realizada seguindo a norma da EPA 821-R-91-100 [6]. De forma resumida os sulfetos presentes no sedimento são convertidos a sulfeto de hidrogênio (H_2S) por acidificação com ácido clorídrico, e esse é capturado por uma solução sequestrante, que é escolhida de acordo com o método de análise. Os metais do MES são solubilizados durante a acidificação, simultaneamente. O teor de sulfeto foi determinado por Espectrofotometria de UV-VIS e os metais foram analisados por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES).

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados de carbono orgânico total, SVA, MES e as relações para avaliação da toxicidade, de acordo com os critérios especificados na Tabela 2.

TABELA 1. Resultados de TOC, SVA, MES e avaliação da toxicidade.

Amostr s	TOC	SVA	Σ MES	(Σ MES - SVA)
			(g_{TOC} g^{-1})	($\mu mol g^{-1}$)
S1	0,023	106,6	22,6	-83,9
S2	0,021	106,4	34,9	-71,5
S3	0,023	93,1	25,8	-67,3
S4	0,026	121,2	23,3	-97,9
S5	0,028	73,0	16,7	-56,3
S6	0,022	144,6	42,8	-101,8
S7	0,024	114,3	20,1	-94,2
S8	0,029	178,2	29,4	-148,8
S9	0,008	162,7	91,9	-70,7
S10	0,013	114,4	36,0	-78,4
BG1	0,031	12,9	0,6	-11,4

TABELA 2: Critérios de toxicidade para sedimentos baseado no SVA, MES e TOC (Adaptado de EPA, 2005).

Valores limites ($\mu mol g_{roc}^{-1}$)	Efeitos biológicos previstos
Σ MES - SVA \leq 0	Sedimentos não - tóxicos
$(\Sigma$ MES - SVA) / TOC < 130	A toxicidade dos sedimentos é improvável por Cd, Cu, Pb, Ni, Ag e Zn
$130 < (\Sigma$ MES - SVA) / TOC < 3000	A toxicidade dos sedimentos é incerta por Cd, Cu, Pb, Ni, Ag e Zn
$(\Sigma$ MES - SVA) / TOC > 3000	A toxicidade dos sedimentos provavelmente é causada por Cd, Cu, Pb, Ni, Ag e Zn

CONCLUSÕES

Os resultados dos cálculos para SVA/MES indicam que nenhuma das amostras de sedimento da BAC apresenta toxicidade devido aos metais analisados (Cd, Cu, Ni, Zn, Ag e Pb). Com isso, podemos concluir que o fenômeno natural de biorremediação por bactérias sulfato redutoras está ocorrendo e os metais avaliados estão sendo precipitados com sulfeto a compostos insolúveis. Apesar

dos bons resultados, não é possível concluir sobre a toxicidade do sedimento quando são levados em consideração todos os compostos presentes. Dessa forma, sugere-se a realização de mais ensaios que possam em conjunto com SVA/MES determinar a presença e extensão da contaminação do sedimento em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[17]INB - Indústrias Nucleares do Brasil, disponível em: <http://www.inb.gov.br/pt-br/A-INB/Onde-estamos/Caldas> Acesso em Junho de 2018.

[18]Carvalho Filho, C. A. Tese de Doutorado, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2014.

[19]EPA - United States Environmental Protection Agency. EPA 600-R-02-011, Washington, DC: EPA, 175p. 2005.

[20]Fagnani, E.; Guimarães, J. R. Química Nova, v. 34, n. 9, p. 1618-1628, 2011.

[21]Di Toro, D.M.; Mahony, J.D.; Hansen, D. J.; Scott, K. J.; Carlson, A.R.; Ankley, G. T. Environmental Science and Technology, v. 26, n.1, p. 96-101, 1992.

[22]EPA - United States Environmental Protection Agency. EPA 821-R-91-100 Washington: DC, EPA, 22p. 1991.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agradeço às instituições CNPQ e CDTN pela Bolsa de IC, ao INCT-Aqua pelo auxílio financeiro e à INB pela colaboração.

Caracterização química da água de chuva coletada na estação GNIP do CDTN no ano de 2016

Thaís Annie Francisco de Almeida e Helena Eugênia Leonhardt Palmieri.
Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

A chuva é um importante indicativo da qualidade do ar atmosférico e sua composição química é constantemente afetada pelas substâncias presentes na atmosfera, pois os poluentes atmosféricos aumentaram em 8% dos anos de 2008 a 2013 e este é responsável por cerca de 26240 mortes por ano no Brasil. Estes números evidenciam a importância de se analisar os poluentes na atmosfera, uma vez que a poluição em níveis muito altos pode ser tóxica a saúde (Xiao, 2016 e WHO, 2016).

OBJETIVO

O objetivo deste presente trabalho foi caracterizar a água de chuva da estação GNIP do CDTN dos meses de janeiro a dezembro do ano de 2016 com a finalidade de determinar os elementos (Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba, Pb, Rb, Sr, e Sb), a presença dos íons (Na^+ , NH_4^+ , e K^+ , F^- , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , e SO_4^-), o pH e a condutividade elétrica das amostras, como também identificar as possíveis fontes de contaminação destas amostras de água de chuva.

METODOLOGIA

As amostras da água de chuva foram coletadas mensalmente pela equipe do Serviço de Meio Ambiente (SEMAM) na estação GNIP do CDTN. A amostragem foi realizada durante o ano de 2016 nos meses de: janeiro, fevereiro, março, junho, setembro, outubro, novembro e dezembro. Os ânions e os cátions (F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^- , Na^+ , NH_4^+ , K^+) foram determinados pela técnica de cromatografia iônica e os elementos (Ca, Mg, Si, Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba, Pb, Rb, Sr, Sb)

pela técnica de espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). O pH foi medido por potenciometria e a condutividade por condutimetria.

RESULTADOS

Os resultados mostraram que a água de chuva pode ser classificada como levemente alcalina (pH entre 7,29-8,31), Fig.1, sendo que o maior valor de pH (8,31), encontrado na amostra de fevereiro, coincide com a maior concentração do íon amônio ($46,5 \text{ mg.L}^{-1}$). Isto é um indicativo que a solubilização da NH_3 na água de chuva neutraliza os íons H^+ presentes, formando o íon amônio NH_4^+ , e consequente aumento de pH das amostras.

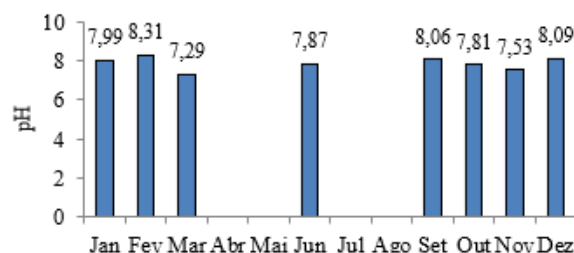


Figura 1. Valores de pH da água de chuva de 2016

Os parâmetros analisados seguiram a ordem decrescente de concentração: $\text{NH}_4^+ > \text{SO}_4^- > \text{K}^+ > \text{Ca} > \text{Na} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{Si} > \text{Mg} > \text{Pb} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ba} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{Sr}$. As mais altas concentrações destes parâmetros, como também da CE, ocorreram nas primeiras chuvas coletadas em setembro, logo após a estação seca, provavelmente devido ao acúmulo de contaminantes na atmosfera durante este período. A Fig.2 representa como esses elementos se distribuíram nas amostras mensais compostas ao longo do ano de 2016.

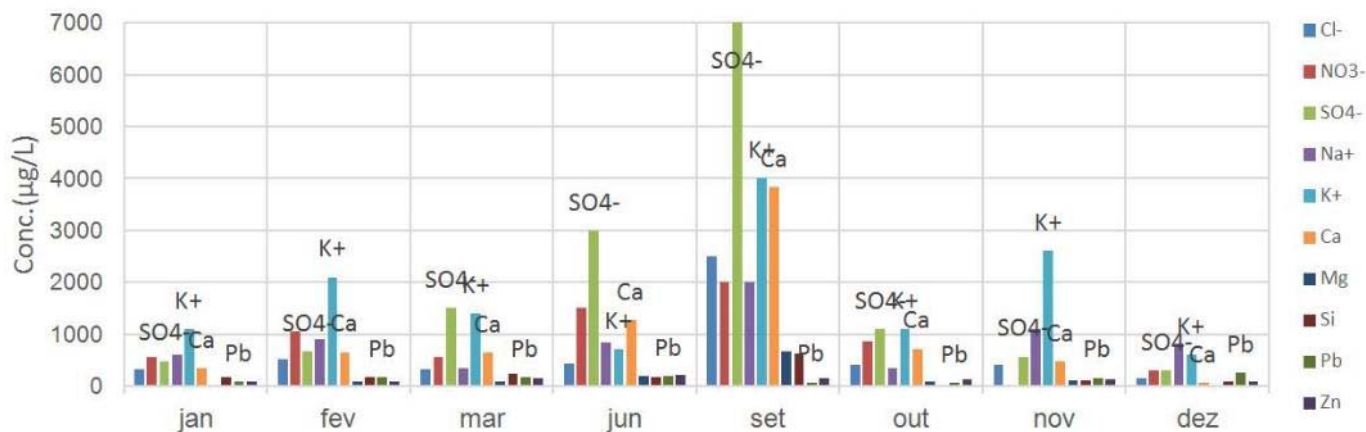


Figura 2. Elementos majoritários encontrados nas amostras de água de chuva de 2016.

Os valores de condutividade elétrica (CE) tiveram uma maior variabilidade, tendo um pico máximo em setembro com o valor de $171 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e um valor mínimo de 22 no mês de janeiro. A Fig. 3 exibe os valores de CE evidenciando sua variabilidade.

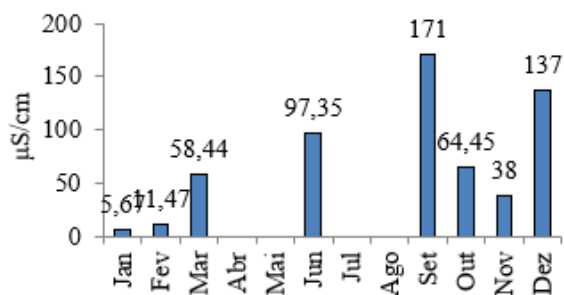


Figura 3. Valores de condutividade elétrica da água de chuva de 2016.

CONCLUSÕES

A análise dos coeficientes de correlação entre as espécies químicas quantificadas permitiu inferir que a incorporação de elementos nas águas de chuva provém de fontes naturais e antropogênicas. Como fonte antropogênica destaca-se o íon NH_4^+ e o Pb, como também o SO_4^{4-} e o NO_3^- , associados geralmente a emissões veiculares, industriais e queima de biomassa. Já os elementos K^+ ,

Ca, Na, Si, Mg, Zn, Cu, Ba, Mn, Fe, Al, Sr tem sua origem comum relacionados à res-suspensão de poeira do solo, construção civil e à intensa atividade de mineração na região de Belo Horizonte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WHO (World Health Organization), 2016, "The air pollution in Quatis, Brazil", em: <http://breathelife2030.org/city-data-page/?city=196>, acessado em Abril de 2018.

Xiao, J. "Chemical Composition and Source Identification of Rainwater Constituents at an Urban Site in Xi'an". Environ Earth Sci. pp.13, 2016.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Estudo da vermiculita expandida utilizando o protocolo de caracterização de argilas

Thais Braga Teixeira e Clédola Cássia Oliveira de Tello
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

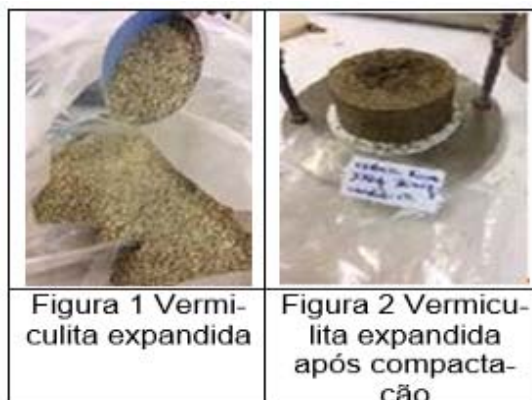
A energia nuclear possui vantagens como o fato da usina nuclear ocupar um espaço relativamente pequeno quando comparada a usinas de outras fontes energéticas, pode ser localizada próxima aos centros urbanos, além de gerar mais quantidade de energia com menos matéria-prima sem poluir o ambiente. Porém, conforme qualquer atividade antrópica, gera rejeitos que podem ser radioativos. Portanto, uma eficiente gerência de rejeitos é imprescindível. Isso deu início ao "Projeto RBMN" e aos seus desdobramentos, por exemplo, a dissertação "Estudo do Protocolo para Caracterização de Argilas como Material de Recheio e de Cobertura para Repositório de Superfície", a qual forneceu as bases para se estudar características de outras argilas e neste trabalho o foco foi a vermiculita expandida. Quando ela sofre aquecimento a temperaturas próximas a 1000°C converte bruscamente a água interlamelar em vapor e as lâminas transformam-se em flocos sanfonados. Além disso, os espaços vazios decorrentes da expansão são preenchidos por ar, isso aumenta a capacidade de reter grande quantidade de água, promove leveza e isolamento térmico [1].

OBJETIVO

O objetivo deste projeto é aplicação do Protocolo [2] para caracterização da vermiculita expandida como material de recheio e de cobertura em repositório de superfície. Os objetivos específicos foram estudar os ensaios do Protocolo; treinar o protocolo com a vermiculita expandida e caracterizá-la.

METODOLOGIA

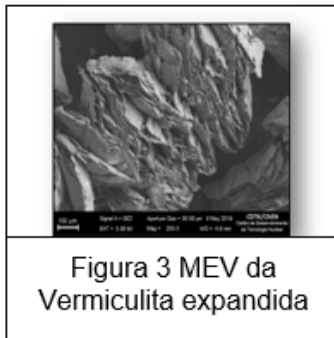
Aplicação do Protocolo [2] com análises por difração de raios x(DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV), determinação da granulometria, densidade real, densidade aparente e curva de compactação com a vermiculita expandida. A figura 1 apresenta a vermiculita expandida e a figura 2 trata-se dela após compactá-la utilizando o Cilindro Proctor.



RESULTADOS

Na análise de DRX foi mostrado que se trata de uma composição entre biotita e moscovita. Ambos são minerais do grupo das micas. O padrão na composição da vermiculita expandida é diferente ao da vermiculita in natura, pois ao ocorrer a expansão algumas características e até mesmo alguns minerais são alterados devido à alta temperatura.

A análise por MEV confirma que a vermiculita expandida possui morfologia lamelar. Na Figura 3 é possível observar as lâminas.

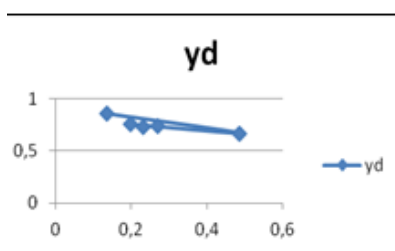


Para a vermiculita expandida escolhida, o resultado da análise granulométrica foi 97,51 % acumulado acima de peneira com Tyler 325.

Para o teor de umidade a média do ensaio em triplicata foi 2,77%.

A densidade real das amostras foi calculada de acordo com a equação específica e o resultado foi de 0,115 g/cm³, enquanto que o resultado para a densidade aparente foi de 0,246 g/cm³.

Em relação à curva de compactação (Figura 4) não foi encontrado um valor de umidade ótimo, pois a curva não formou um ponto máximo com as diversas umidades testadas, indicado pela norma [3]. Então mais estudos estão sendo realizados misturando-a com outra argila.



CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios de caracterização físico-química realizados até então indicam que a vermiculita expandida possui potencial para ser usada como recheio e cobertura de repositório de superfície, visto que obedece aos valores do Protocolo realizado com a bentonita

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] K. S. Propriedades geomecânicas de um solo compactado com vermiculita para fins de cobertura em aterro de resíduos, UE-PJMF, 114p, 2013. –.

[2] SANTOS, Daisy M. M. Elaboração de Protocolo para caracterização de argilas como material de recheio e de cobertura para repositório de superfície, CDTN, 111p, 2017.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT-NBR7182:1986 Versão corrigida:1988. Solo-Ensaio de compactação, CEE-221 Solos, 10p, 1986.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Bolsa de iniciação científica fornecida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq.

Geoquímica de fluidos e minerais com ênfase no reconhecimento da origem dos elementos terras raras em granitóides da Província Uranífera de Lagoa Real (Bahia).

Tiago Henrique Ferreira de Jesus e Lucilia Aparecida Ramos de Oliveira
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

Chamados por alguns de *o ouro do século XXI*, os Elementos Terras Raras (ETR) compõem o grupo de elementos químicos da série dos Lantanídeos acrescidos do Sc e Y, cujas propriedades químicas e físicas, os tornam fundamentais para uma variedade de aplicações tecnológicas. Os ETR estão contidos, principalmente, nos minerais dos grupos da bastnaesita [(Ce,La)CO₃F] e monazita [(Ce,La)PO₄], argilas iônicas e xenotímio (YPO₄). A bastnaesita e a monazita são responsáveis por cerca de 90% da produção de ETR e contêm principalmente ETR-leves, enquanto que o xenotímio tende a ter maiores teores de ETR-pesados^[1]. Recentemente Amorim^[2,3] descreveu a ocorrência de minerais de ETR nos corpos granitóides Província de uranífera de Lagoa Real (PULR), e associou sua formação a um evento hidrotermal pós-magmático com características oxidantes.

OBJETIVO

Desenvolver linhas de pesquisas geoquímicas imediatamente aplicáveis a estudos da química de minerais contendo ETR nas Rochas Granitóides da PULR.

METODOLOGIA

As pesquisas metalogenéticas envolveram estudos de geoquímica mineral. Diversas técnicas analíticas foram utilizadas como, notadamente, caracterização petrográfica, microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microsonda eletrônica (ME).

RESULTADOS

A allanita-(Ce) foi o mineral mais recorrente nas rochas avaliadas, esse silicato associa-se comumente a outros minerais que contem ETR. Nas litologias da PULR a allanita ocorre como mineral acessório em fraturas de fenocristais, ou na matriz da rocha, associada a quartzo recristalizado, anfibólios, biotita e titanita. Esse último apresenta uma associação mineral complexa com a allanita, em aglomerados arredondados com diminutos núcleos de titanita contendo relictos de ilmenita e bordas de allanita. As bordas de allanita variam de espessura em porções diferentes nas bordas dos aglomerados.

Há ainda evidências de que outros minerais de ETR são tardios, pois sobrecrescem a allanita e minerais como o anfibólio. Gieré e Sorensen^[4] explicam que a allanita pode reagir com os fluidos hidrotermais e ser transformada em uma variedade de produtos de alteração. A allanita é tipicamente substituída por fluorcarbonatos de ETR, notadamente a bastnaesita e em menor proporção para thorbastnaesita, (Ce)-parisita e (Ce)-synchysita.

Pan *et al.*^[5] descrevem a alteração hidrotermal da titanita para minerais ricos em ETR. Portanto a presença de minerais ricos em ETR pode ser também alteração direta da titanita e não necessariamente o produto de uma fase intermediária marcada pela allanita. A presença de kainosita e (Ce)-parisita associadas a allanita é um indicador importante de processos hidrotermais^[6]. Os fosfatos e a thorita estão associados ao mesmo evento hidrotermal caracterizado pela presença de F, ±CO₃, ±PO₄, ETR e Th. Embora menos comum, a allanita também pode dar

lugar a fosfatos durante alteração hidrotermal. Os minerais portadores de ETR-P identificados foram a thalénita e (Y)-itrialita, minerais acessórios em pegmatitos que podem ser interpretados como marcadores do enriquecimento em ETR do magma. Talvez esses minerais sejam um indício da fonte dos ETR, dispersos por fluidos hidrotermais.

Em termos de fertilidade uranífera, nesse trabalho foram ratificadas as propostas de Maruejól^[7] e Amorim^[2,3], confirmando-se os baixos teores de U nos granitos São Timóteo. Os estudos aqui relatados sugerem que o magmatismo São Timóteo apresenta indicadores de envolvimento de magmas de origem crustal e avançada cristalização fracionada.

As discussões e resultados aqui apresentados são ainda produtos intermediários que necessitam do endosso das evidências colhidas através de outros métodos de análises. São necessários os estudos de inclusões fluidas que possibilitarão a identificação e distinção mais detalhada dos fluidos responsáveis pelo transporte e enriquecimento de ETR alinhadas a análises de LA-ICP-MS e Espectroscopia Raman. Permitindo assim a criação de um modelo mais preciso para as mineralizações de ETR. A acurada caracterização das ocorrências dos ETR possibilitará estudos de viabilidade econômica e possível elaboração de linhas de prospecção dessas importantes commodities.

CONCLUSÕES

Ao longo deste trabalho foram identificados alguns dos principais minerais fontes econômicas de ETR no mundo (ex. bastnasita e monazita). Também foram identificados alguns ETR-P como Yb, Dy e Gd, cujo valor econômico é ainda mais elevado do que aquele atribuído aos ETR-L. A detecção destes elementos pode ser promissora para a

viabilidade econômica da exploração de ETR na da PULR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[23]Serra O.A. Rare earths: Brazil x China. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, São Paulo, 22(5):811-812, 2011.

[24]Amorim L.E.D. O Granito São Timóteo no Perfil Monsenhor Bastos, Província Uranífera de Lagoa Real: Mineralogia, Geoquímica e Fluidos. Mestrado, CDTN, 122p., 2012.

[25]Amorim L.E.D. Microquímica, Geoquímica e Geocronologia da Associação Magmática da Província Uranífera de Lagoa Real, BA: Significado Petrológico e Evolutivo. Doutorado, CDTN, 139p., 2016.

[26]Giere R., Sorensen S.S. Allanite and other REE-rich epidote-group minerals. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 56:431-493, 2004.

[27]Pan Y., Fleet M.E., Macrae N.D. Late alteration in titanite (CaTiSiO₅): Redistribution and remobilization of REE and implications for U/Pb and Th/Pb geochronology and nuclear waste disposal. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 57:355-367, 1993.

[28]Nriagu J.O., Moore P.B. *Phosphate Minerals*. Berlin: Springer-Verlag. 1984.

[29]MARUÉJOL P. Métasomatose alcaline et minéralisation uraníferes : les albitites du gisement de Lagoa Real (Bahia, Brésil) et exemples complémentaires de Xihuashan (SE Chine), Zheltorechensk (Ukraine) e Chuling Khola (Népal central). Doutorado, 428p. 1989.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq e CDTN/CNEN.

Avaliação da interferência de efluentes da Mina de Urânio de Caldas na concentração de elementos terras raras (ETR), urânio e tório em sedimentos fluviais

Victória Pinheiro de Azevedo Figueredo; Carlos Alberto de Carvalho Filho
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

O presente trabalho de pesquisa se desenvolveu na bacia do Córrego da Consulta que recebe efluentes advindos da mina de urânio de Caldas, atualmente denominada de UTM-Caldas (Unidade de Tratamento - Caldas) e controlada pelas Indústrias Nucleares do Brasil - INB. Este complexo minero-industrial de urânio, ora em processo de descomissionamento, está localizado no município de Caldas-MG (Figura 1).

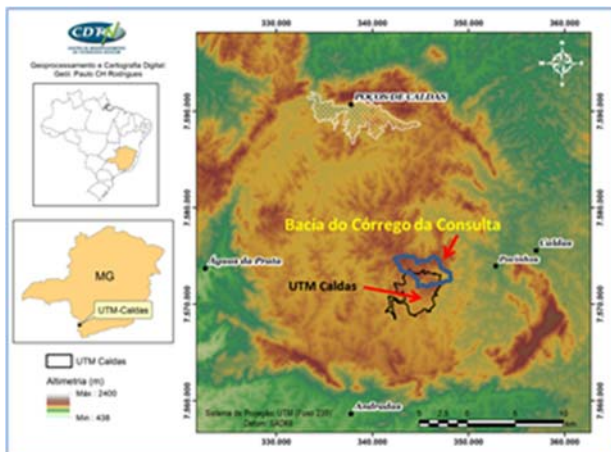


Figura 1: Mapa de localização da Bacia do córrego da Consulta e da UTM-Caldas.

Durante a fase operacional os rejeitos oriundos da lavra foram depositados em bota-fora. Dentre estes bota-fora o de maior cuidado ambiental é o bota-fora 4 ou BF4, pois nele é gerada grande quantidade de drenagem ácida de mina (DAM) [1]. Todo efluente do BF4 é retido numa bacia de contenção denominada de Bacia Nestor Figueiredo ou BNF.

OBJETIVO

Avaliar a ocorrência de ETR, U e Th nas amostras dos sedimentos de fundo dos cursos d'água adjacentes à bacia de contenção de efluentes Nestor Figueiredo (BNF)

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa foram coletadas duas amostras de rejeitos no BF4 (PC-101 e PC-102), uma amostra do sedimento depositado na BNF (PC-43), e três amostras no leito ativo do córrego da Consulta: PC-46 a montante da UTM-Caldas, a PC-44 a jusante e próxima da BNF, e a PC-45 a jusante da PC-44 (Figura 2)

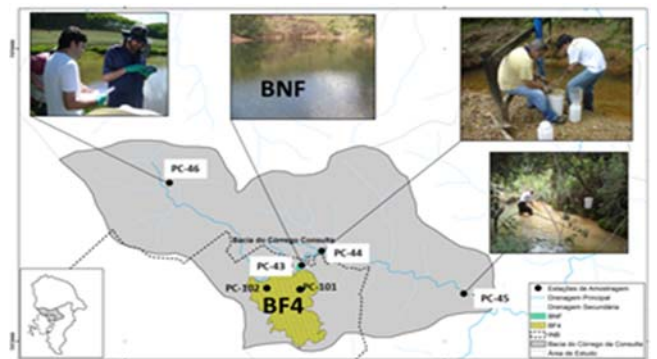


Figura 2: Localização das amostras coletadas.

Após peneiramento, na fração fina das amostras (63 μ m) determinou-se as concentrações de U, Th e ETR, por meio da Análise por Ativação Neutrônica (AAN). As amostras foram irradiadas no reator IPR-R1 do CDTN.

RESULTADOS

O gráfico da Figura 3 mostra que em relação às demais amostras os sedimentos da BNF

(PC-43) são enriquecidos, principalmente, em U e Th. As Amostras dos sedimentos do Córrego da Consulta (PC-44 e PC-45) apresentaram um incremento nas concentrações destes elementos ao receber a descarga da BNF (PC-43). Devido provavelmente às condições geoquímicas locais, a amostra PC-44 reflete uma reconcentração em termos dos Σ ETR, com valores superiores aos encontrados na BNF (PC-43).

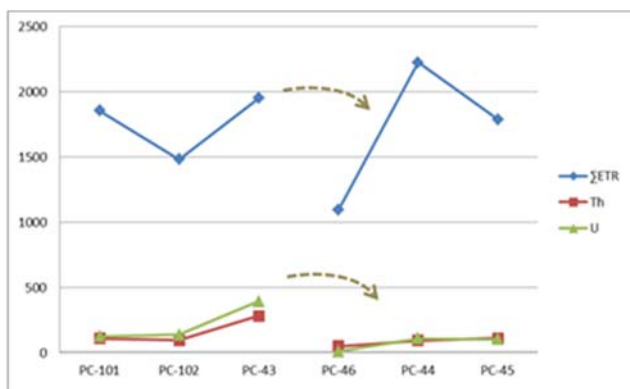


Figura 3: Concentração absoluta de U, Th e ETR.

As concentrações dos ETR foram normalizadas (Figura 4) pelas concentrações médias determinadas para esses elementos na região do CAPC [2]. Observa-se nesta figura um enriquecimento em ETR das amostras coletadas em todas as estações em relação ao normalizador regional. Por conseguinte, há um enriquecimento local dos ETR. Observa-se que mesmo na amostra PC-46, que não recebe efluentes da UTM-Caldas, há enriquecimento de ETR. Há um padrão de concentração crescente que se repete para todos os elementos entre a estação PC-46 e PC-44. Esse incremento certamente é devido aos efluentes da BNF (amostra PC-43)

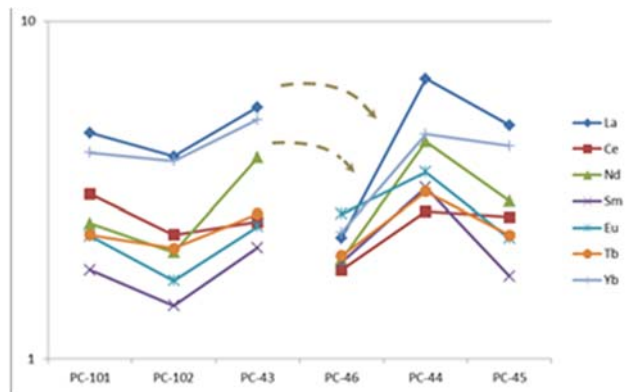


Figura 4: Distribuição dos ETR normalizados pelas concentrações médias da região.

CONCLUSÕES

Os resultados sugerem que a BNF está concentrando U, Th e ETR. E que descargas advindas da BNF estão causando para a jusante um incremento na concentração destes elementos nos sedimentos do córrego da Consulta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[30] DE CARVALHO FILHO, C.A.; MOREIRA, R. M; BRANCO, O.; Combined hydrochemical, isotopic, and multivariate statistics techniques to assess the effects of discharges from a uranium mine on water quality in neighboring streams. *Environmental Earth Sciences*, v. 76, p. 830, 2017.

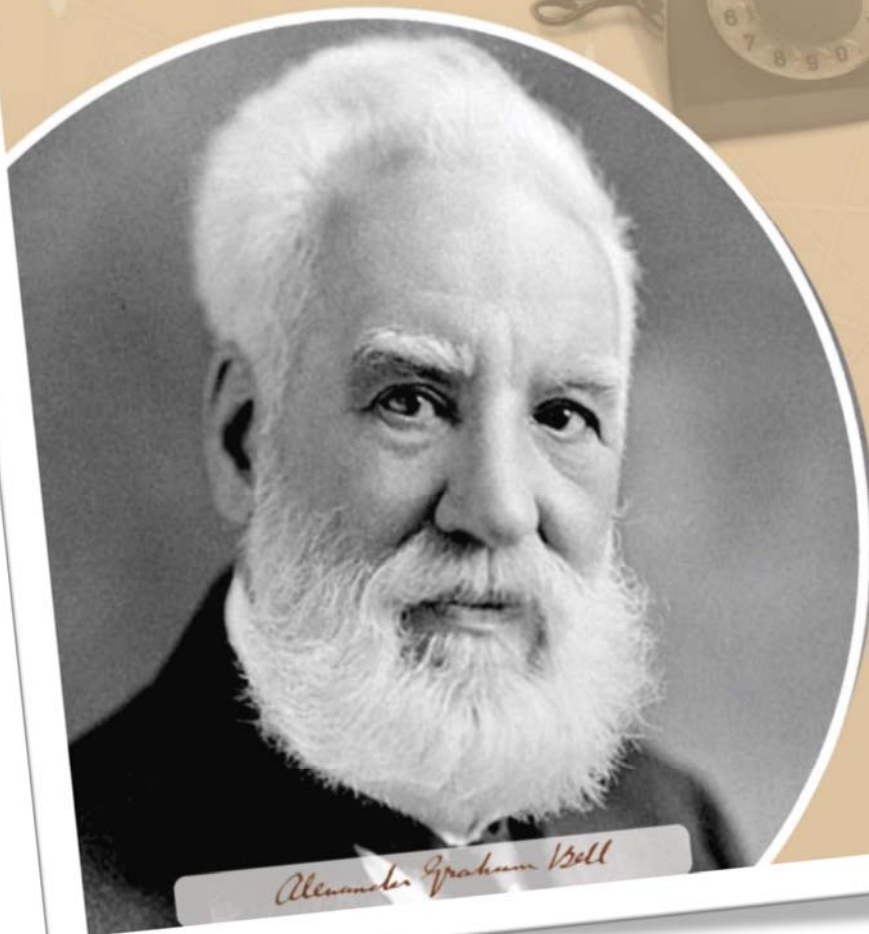
[2] H. D. Schorscher, H.D; M. E Shea, M.E. "The regional geology of the Poços de Caldas alkaline complex: mineralogy and geochemistry of selected nepheline syenites and phonolites." *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 45(1-3), pp. 25-51(1992).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico concedeu a bolsa de iniciação científica.

CRCN/NE

Centro Regional de Ciências
Nucleares do Nordeste



Alexander Graham Bell

A invenção que mudou a história da humanidade
(Homenageado de 2018)

ALEXANDER
ALEXANDER
GRAHAM BELL
(1847-1922)

o inventor do telefone

Inserção do Cristalino ao Fantoma de Voxel Utilizado no Modelo Computacional de Exposição Alderson/EGSnrc

Bianca Coutinho Muniz e Cláudio José Mesquita Menezes
Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN/NE

INTRODUÇÃO

Na dosimetria numérica Modelos Computacionais de Exposição (MCE) são utilizados para realizar estudos de dose em situações de exposições à radiação sem a necessidade de que indivíduos sejam expostos. Para tanto, os MCE são essencialmente compostos por um algoritmo simulador da fonte radioativa, um código Monte Carlo, e um fantoma de voxels representando a geometria irradiada. Estas geometrias são ferramentas essenciais para auxiliar na estimativa da dose absorvida em órgãos ou tecidos de pessoas expostas a fontes de radiação localizadas externa ou internamente a estas [1]. O fantoma de voxels utilizado neste trabalho foi gerado a partir de imagens de tomografia computadorizada do fantoma físico Alderson-Rando [2], que possui três meios principais: o esqueleto, o material simulador do tecido pulmonar e o material que o envolve, semelhante quimicamente e fisicamente ao tecido mole [3]. O simulador de voxel gerado foi acoplado ao código MC EGSnrc [4] e validado por meio de comparações entre as medidas experimentais obtidas com câmara de ionização e as simulações virtuais que utilizam técnicas do Método Monte Carlo para determinar a razão da dose de entrada e saída no fantoma. A fim de continuar a realizar estudos de doses neste MCE foi então adicionado o cristalino.

OBJETIVO

Este trabalho apresenta a metodologia adotada para a inserção do cristalino como novo meio do fantoma de voxels Alderson, com objetivo de realizar estudo dosimétrico em exames de radiologia odontológica onde esta estrutura pode ser exposta a radiação.

METODOLOGIA

Para a obtenção do Fantoma de Voxel, primeiramente as imagens tomográficas do fantoma físico foram obtidas no formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM), e então convertidas para o formato JPEG por meio do software *RadiAnt DICOM Viewer* [5]. Após convertidas, foram agrupadas em uma pilha de imagens com extensão *.sgi. A partir desta modificação todo o processamento da pilha foi realizado com auxílio do software *Digital Image Processing* (DIP) [6] desenvolvido pelo Grupo de Dosimetria Numérica (GDN) no Laboratório de Dosimetria Numérica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Recife. A pilha composta de voxels, passou por técnicas de janelamento para definir os limites de cada um dos três meios principais com um único identificador/tom de cinza. Para tanto foi necessário realizar uma série de filtragens não-lineares medianas, que têm por objetivo reduzir o ruído da imagem já pré-segmentando. E apenas posteriormente, o esqueleto, o pulmão e o tecido mole recebem um único identificador selecionado de forma manual. Sendo a pilha de imagens cortada e reamostrada ao fim para que o tamanho de seus voxels correspondessem a 1 mm em todas as direções mantendo ainda as proporções do fantoma físico. Só então a inserção do cristalino pode acontecer, ao incorporar uma pilha SGI formada por paralelepípedos de dimensões proporcionais a pilha SGI do fantoma de voxels Alderson.

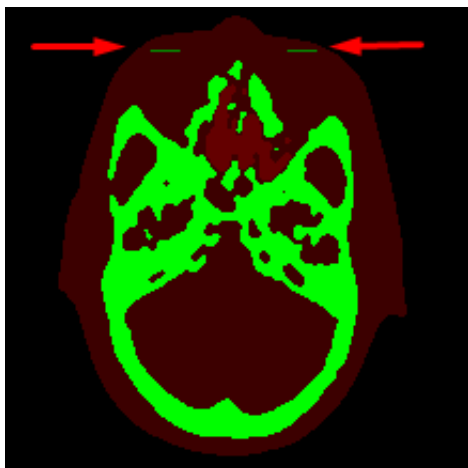


Figura 1. Fatia 789 do Fantoma de Voxel Alderson

RESULTADOS

Para avaliar o fantoma com seu novo meio, simulações de um exame odontológico foram realizadas utilizando os espectros de Raios X de 50, 60 e 70 kVp, com filtração de 2,0 mm de alumínio com um algoritmo simulador de uma fonte pontual divergente AP. A Tabela 1 mostra a distribuição de D/INAK, bem como os coeficientes de variância nas estruturas do fantoma.

TABELA 1 – Avaliação da D/INAK (Gy/Gy) dos tecidos do MCE Alderson em função da energia.

kV	TECIDO MOLE	ESQUELETO	CRISTALINO
50	2,1741E-02	1,1267E-01	3,7868E-04
60	2,8838E-02	1,2147E-01	5,2641E-04
70	3,1898E-02	1,3568E-01	7,8084E-04

CONCLUSÕES

Assim é possível concluir que o MCE ALDERSON/EGSnrc pode ser utilizado para estudos da distribuição de dose em radiografias odontológicas. E, de forma semelhante a inserção do cristalino, outras estruturas não presentes no ALDERSON-RANDO podem acontecer, não apenas de órgãos/tecidos como também dosímetros termoluminescentes e/ou semicondutores para medição das

doses em órgãos, sugerindo trabalhos futuros. Em próxima etapa, o fantoma de voxel com estas modificações terão o resultado de suas simulações comparadas com medidas experimentais para validação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[31] SANTOS, A. M. dos; VIEIRA, J. W.. "Voxelização" do Fantoma Alderson-Rando para Uso em Dosimetria Numérica. In: I Simpósio de Dosimetria Interna Aplicada à Medicina Nuclear, 2008, Recife-PE. DOSIMN 2008, 2008.

[32] ALDERSON, S. W.; LANZL, L. H.; ROLLINS M.; SPIRA J. Am. J. Roentgenol. 87 185-95, 1962.

[33] OLIVEIRA, F. L. de. Avaliação dosimétrica de propostas de planejamento radioterápico para tratamento de mama e próstata, Tese de Doutorado, DEN-UFPE, Recife-PE, Brasil, 2015.

[34] KAWRAKOW, I.; FIPPEL, M.; FRIEDRICH, K. 3D Electron Dose Calculation Using a Voxel Based Monte Carlo Algorithm (VMC). Medical Physics, 23 (4), 1996.

[35] RadiAnt DICOM Viewer. Disponível em: <www.radiantviewer.com>. Acesso em: 27 de jun. 2016.

[36] VIEIRA, J. W.; LIMA, F. R. de A.; SANTOS, A. M. dos; Leal Neto V.; LIMA, V. J. M.. Um Software Para Processamento De Imagens Digitais. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2007, João Pessoa. II CONNEPI 2007. João Pessoa-PB, 2007.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Determinação de curvas de atenuação e camadas semirredutoras do gesso em blindagens contra radiação x em mamografia e radiologia odontológica usando modelos computacionais de exposição.

Fábio Eduardo Leite de Melo e Fernando Roberto de Andrade Lima
Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN/NE

A blindagem é uma variável importante de proteção radiológica que visa minimizar a exposição de indivíduos às radiações ionizantes, quando não existe a possibilidade de diminuir o tempo de exposição ou aumentar a distância entre a fonte e o indivíduo.

A viabilidade do uso do material gesso em blindagens radioativas vem sendo estudada devido ao seu baixo custo-benefício, facilidade de aplicação em projetos de construção e disponibilidade deste mineral, em especial na região nordeste.

A camada semi redutora(CSR), é a espessura da blindagem necessária para reduzir um feixe de raios X A 50% do valor inicial. O coeficiente de atenuação linear (μ) permite verificar a fração de intensidade de radiação atenuada pelo meio material, é uma variável necessária para a obtenção da CSR. [2]

Experimentos em laboratórios para obtenção da CSR de um dado material podem ser substituídos por simulações Monte Carlo (MC) por meio de Modelos Computacionais de Exposição (MCEs) [1]. No MCE, um fantoma representa a geometria a ser irradiada, algoritmos simulam a fonte radioativa e códigos MC simulam o transporte, a interação da radiação com a matéria e a avaliação da energia depositada em regiões de interesse, bem como uma grandeza de normatização.

Para estudos envolvendo raios X, adicionalmente os MCEs necessitam de um arquivo de texto contendo um catálogo com informações sobre a fonte radioativa. Neste trabalho o arquivo contém informações em variáveis (potencial de pico, a energia do fóton e sua probabilidade acumulada de emissão, e os

materiais para alvo/filtro) que descrevem espectros de raios X para que o processo de emissão de radiação seja o mais próximo da situação real.

Para compor um MCE para simular e avaliar a interação dos raios X com o material gesso em blindagens de ambientes que operem com equipamentos de mamografia e radiologia odontológica, um catálogo de espectros de raios X mamográficos e odontológicos foi obtido.

O catálogo foi acoplado a um MCE contendo fantasmas do material gesso e de detectores de radiação. O Código MC EGSnrc foi utilizado nas simulações MC. Como resultado destas simulações foram obtidas curvas de atenuação e CSRs para o gesso.

OBJETIVO

Desenvolver fantasmas de voxels do material gesso e de detectores de radiação para determinação de curvas de atenuação e CSRs do gesso utilizando Modelos Computacionais de Exposição compostos por fantasmas de voxels e o software EGSnrc.

METODOLOGIA

As atividades deste trabalho são de natureza computacional e foram desenvolvidas no Laboratório de Dosimetria Numérica (LDN) do IFPE, Campus Recife. Foi utilizado um computador com sistema operacional Windows 7 de 64 Bits. Foram utilizados ainda, o pacote Office, o editor de texto Geany, o EGSnrc em sua versão mais atual, o MCE FSTA [2] e o *software web* Simulation of X-ray Spectra

(SXRS) disponível em: <https://www.oem-xray-components.siemens.com/x-ray-spectra-simulation>.

Foram obtidos espectros de raios X mamográficos com potências de pico de 25 kV e 35 kV por meio do *software* SXRS. Enquanto para a radiologia odontológica os potenciais variaram entre 46kV e 70kV. Para utilização dos espectros em MCEs similares à [1] é necessária a reorganização dos dados salvos pelo simulador de espectro em um formato interpretável pelo EGSnrc. Este formato pode ser encontrado no MCE FSTA (arquivo *mspectra*) disponível em: <http://www.cal-dose.org/Introduction.aspx>.

RESULTADOS

Dois espectros mamográficos foram obtidos com potenciais de pico de 25 kV e 35 kV. E seis espectros odontológicos com potenciais de pico variando entre 46kV e 70kV. Os dados desses espectros deram permitiram a construção de um catálogo para simulações em mamografia e radiologia odontológica com MCEs.

CONCLUSÃO

Os erros na análise podem ser diminuídos com o aumento de amostras de energia inicial coletadas durante as simulações MC. Os catálogos de espectros obtido foram usados para o desenvolvimento do MCE para mamografia e radiologia odontológica. Os MCEs produzidos serão usados para simular blindagens com o gesso em ambientes que operem com aparelhos de mamografia e /ou radiologia odontológica. O produto natural desse MCEs é a organização de curvas de atenuação e obtenção de CSRs e coeficiente de atenuação linear para gesso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] VIEIRA, J. W. **Construção de um Modelo Computacional de Exposição**

para Cálculos Dosimétricos Utilizando o Código Monte Carlo EGS4 e Fantomas de Voxels, Tese de Doutorado, UFPE-DEN, Recife-PE, 2004.

[2] LACERDA, M. A. S.; SILVA, T. A.; OLIVEIRA, A. H. Influência da metodologia de avaliação da camada semi-redutora em radiologia diagnóstica. **Radiol Bras**, São Paulo, v. 40, n. 5, p. 331-336, Oct. 2007. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010039842007000500010&lng=en&nrm=iso>. access on 16 July 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-39842007000500010>

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

O apoio financeiro do CNPq/CNEN e o apoio técnico do CRCN/NE e IFPE- Recife foram essenciais para a realização deste trabalho.

METODOLOGIA DE ANÁLISE QUÍMICA POR ICP-MS PARA A BIOMONITORAÇÃO PASSIVA DA RMR A PARTIR DE CÓRTEX DE ÁRVORES Ítalo Braz da Silva, Elvis Joacir de França Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN-NE

INTRODUÇÃO

A saúde pública em ambientes de usos recreativos como praças e parques é diretamente atrelada com o aumento da qualidade de vida nos grandes centros urbanos. É conhecido que parques e praças, ao estarem inseridos em matrizes urbanas, estão em constante exposição a substâncias químicas de diversas fontes antropogênicas [1,2].

Diferentes metodologias podem ser empregadas para a monitoração de poluição atmosférica em centros urbanos. Contudo, a aplicação de córtex de árvores constitui uma técnica barata e de fácil emprego com vantagens de não utilizar organismos exóticos nem causar prejuízos para as árvores estudadas.

OBJETIVO

Este trabalho o objetivo de dar continuidade na avaliação da distribuição de elementos químicos por meio da biomonitoração passiva empregando córtex de espécies arbóreas nas praças e parques da Região Metropolitana do Recife (RMR), a partir da determinação de elementos químicos considerados traços por Espectrometria de Massa com Plasma Acoplado (ICP-MS).

METODOLOGIA

Para análises por ICP-MS é necessário que a amostra esteja sob a forma de solução, sendo necessárias etapas de tratamento prévio das amostras a partir do processo de cominuição das amostras, pré-digestão e digestão ácida.

Após a preparação das amostras, porções analíticas de aproximadamente 0,5 g são submetidas ao tratamento químico para

análise, sendo transferidas para tubos de Teflon de capacidade de 30 mL, em que ocorre a adição de 3 mL de ácido nítrico ($\text{HNO}_3(\text{aq})$) para a pré-digestão das amostras a ciclos de 30 min a 70°C no equipamento UltraSonic Cleaner®. Após a pré-digestão, são acrescentados 7 mL de ácido nítrico para o aquecimento da solução em forno digestor MarsX®, conforme programa de ciclos adaptado para esse trabalho, com a adição de 1,0 mL de ácido perclórico concentrado (HClO_4) com o objetivo de digestão da matéria orgânica residual. O processo de digestão consiste no aquecimento das amostras até 120°C durante 5 min e estabilização a 120°C durante 10 min. Após a filtração da solução, as soluções das amostras são acondicionadas em potes de polietileno de 50 mL com a adição de água ultra-pura até o volume final das soluções de 30 mL.

RESULTADOS

Foram realizadas coletas de cascas de árvores nas seguintes áreas: Parque 13 de maio, Praça Pinto Damásio, Praça de Jardim Paulista, Praça de Paulista, Centro Regional de Ciências Nucleares, Praça João Miguel de Souza Júnior e Praça Engenho do Meio. Para cada praça, foram amostradas cerca de 25 amostras, o que totaliza a coleta e tratamento de 175 amostras de cascas de árvores. Essas amostras compõem um projeto de pesquisa da FACEPE, que almeja estudar a contaminação atmosférica de aproximadamente 35 áreas de recreação distribuídas de forma a abranger toda a RMR (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição dos pontos de coleta para a monitoração ambiental da RMR.



CONCLUSÕES

O trabalho tem demonstrado cumprimento do cronograma previsto e tem sido relevante para a obtenção de dados e amostras. Além de ser uma etapa crucial para a obtenção de resultados analíticos representativos, o acompanhamento do projeto é fundamental para a obtenção de resultados e tratamento dos dados obtidos para serem analisados e servirem de base para informações relevantes acerca da qualidade ambiental da RMR.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[37] SANTOS, T. O. Biomonitoração da qualidade do ar em decorrência da queima da cana-de-açúcar na reserva ecológica de Gurjáu- PE, Mestrado, 2011.

[38] SANTOS, T. O. Quantificação de elementos químicos associados ao tráfego de veículos em bromélias atmosféricas transplantadas na Região Metropolitana do Recife. Scientia Plena, v. 9, n. 8 (b), 2013.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, FACEPE, CAPES

Análise da frequência de alterações cromossômicas em linfócitos humanos devido a irradiações parciais com feixe misto nêutron-gama

**Julianne Caroline Freires de Lima e Fabiana Farias de Lima Guimarães
Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN-NE**

INTRODUÇÃO

A radiação, seja ionizante ou não, é um componente natural do ambiente terrestre e tem decisivamente moldado a evolução da vida através da história. Em resposta a tal componente, os sistemas biológicos desenvolveram uma série de mecanismos de defesa como a ativação do sistema imunológico e mecanismos de reparo do material genético [1]. Ao longo da história, com a utilização da radiação ionizante em benefício do homem (uso médico) e o acontecimento de acidentes, houve a exposição do homem de forma aguda e isto levou a identificação e descrição dos seus efeitos [2]. Diante disto, surgiu a necessidade de fazer uma estimativa da quantidade de energia absorvida pelo organismo. A irradiação por nêutrons de células vivas leva à indução dos mesmos fins biológicos que a radiação gama ou X, no entanto, foi anteriormente relatado que nêutrons causam menos danos fisiológicos, como alterações nas propriedades da superfície dos cromossomos, e mais danos genéticos, tais como alterações cromossômicas [3]. A alteração cromossômica resulta do DNA mal reparado ou de rupturas de filamentos duplos (DSB) e, para a biodosimetria, essas alterações fornecem uma medida do dano e, com isso, tornam-se uma resposta biológica muito sensível à dose absorvida de radiação. Assim, no presente estudo, pretende-se avaliar as frequências de alterações cromossômicas simulando irradiações parciais do corpo em feixe misto nêutron gama com diferentes doses.

OBJETIVO

Este trabalho visa avaliar as frequências de alterações cromossômicas simulando irradiações parciais do corpo (25% e 50%) em feixe misto nêutron-gama com a dose absorvida de 1Gy.

METODOLOGIA

Foram coletadas quatro amostras de sangue periférico (10ml cada), por punção venosa, em seringa estéril descartável contendo heparina sódica na concentração de 5000U/ml. A irradiação do material biológico coletado foi realizada com feixes mistos nêutron gama de 0,5 Gy e 1 Gy. As preparações citológicas para as análises cromossômicas foram obtidas a partir de cultura de linfócitos segundo protocolo padrão. Como o estudo foi para irradiações parciais, a amostra foi diluída em três proporções (25%, 50% e 75%). Foram analisadas apenas células em metáfase no primeiro ciclo celular e viáveis (sem nenhuma sobreposição de cromossomos e com 46 centrômeros) [4]. Dentre as alterações cromossômicas instáveis, foram analisados os cromossomos dicêntricos e os fragmentos acêntricos.

RESULTADOS

Na dosimetria biológica, a estimativa de dose é feita a partir da análise de alterações cromossômicas (dicêntrico, fragmento, anel) presentes em linfócitos do sangue periférico, onde a dose é geralmente estimada como sendo de corpo inteiro. Porém, é importante salientar que a maioria dos casos reais de exposições humanas envolve irradiações de partes do corpo. Nas exposições parciais, o

indivíduo exposto possui tanto linfócitos irradiados (fração do corpo exposta), quanto não irradiados (fração do corpo não exposta), o que gera uma “diluição” da frequência das aberrações instáveis radioinduzidas. A irradiação com feixe misto nêutron-gama teve uma influência notável no aumento da frequência tanto dos dicêntricos associados, que são considerados padrão-ouro para a dosimetria biológica, como dos fragmentos acêntricos isolados e essa elevação pôde ser observada a partir dos seguintes resultados:

Alterações Cromossômicas	Dose de 0,5 Gy		Dose de 1 Gy	
	NA	F	NA	F
Dicêntricos Associados	16	0,025	25	0,05
Fragmentos Acêntricos	43	0,067	46	0,097
Total de Metáfases	642		505	

TABELA 1. Taxa de Alterações Cromossômicas por Dose Absorvida. *NA: nº de alterações; F: frequência das alterações.

Pode ser observado um aumento considerável na frequência de alterações após o aumento da dose absorvida de 0,5Gy para 1Gy. A irradiação com feixe misto nêutron-gama teve uma influência notável no aumento da frequência tanto dos dicêntricos associados, que são considerados padrão-ouro para a dosimetria biológica, como dos fragmentos acêntricos isolados, que não são específicos para radiação.

Nota-se que o comportamento tanto dos dicêntricos quanto dos fragmentos isolados obedeceu ao esperado, ou seja, o aumento da dose absorvida resultou em um aumento da frequência de ambas alterações, o que caracteriza um comportamento linear.

CONCLUSÕES

A taxa de alterações cromossômicas foi alterada de acordo com a mudança da dose absorvida. Essa variação foi observada através do aumento da frequência de dicêntrico associado e fragmentos acêntricos isolados. O comportamento linear na taxa de dicêntrico

atesta seu uso como padrão-ouro nas pesquisas que englobam a dosimetria biológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[39]Horneck, G. (1998). Biological monitoring of radiation exposure. *Adv. Space Res.*, v.22, n.12, p.1631-1641.

[40]Nouaillhetas, Y.; Almeida, C. E. B.; Pestana, S. Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Apostila educativa: Radiações Ionizantes e a vida. Disponível em <http://www.cnen.gov.br>. Acesso em 28 de Março de 2018.

[41]Yamaguchi, H.; Waker, J. A. A model for the induction of DNA damages by fast nêutrons and their evolution into cell clonogenic inactivation. *Journal of Radiation Resources*, Vol. 48, nº4, p 289-303 (2007).

[42]International Atomic Energy Agency, IAEA (2011). Cytogenetic dosimetry: applications in preparedness for, and response to radiation emergencies. *EPR-Biodosimetry*.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN-NE/CNEN e ao CNPq/CNEN pelo apoio financeiro através da bolsa de iniciação científica.

Verificação da frequência de micronúcleos em sangue humano irradiado com diferentes doses absorvidas em feixe de misto nêutron-gama

**Júlio César Gomes da Silva e Fabiana Farias de Lima Guimarães
Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN-NE**

INTRODUÇÃO

As radiações eletromagnéticas ionizantes (radiações X e gama - γ) são definidas como ondas de alta energia, capazes de causar uma série de ionizações, que ao interagirem com a matéria transferem energia para átomos e moléculas, provocando distúrbios físico-químicos intracelulares, originando o efeito biológico pós-exposição [1].

Segundo a Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA, em casos de acidentes em grande proporção, é de extrema importância realizar triagem populacional de indivíduos expostos, com dose absorvida superiores a um Gy, para que recebam tratamento médico de imediato, em relação aos menos expostos; por tanto, faz-se necessário o uso de ensaios biodosimétricos rápidos, tal como o ensaio de MN [2].

OBJETIVOS

No presente estudo, foram analisadas as frequências de micronúcleos em amostras de sangue após serem irradiadas com um feixe misto nêutron gama, com duas diferentes doses absorvidas para construção de uma curva de calibração dose resposta para feixe misto do Laboratório de Dosimetria Biológica do Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste CRCN-NE.

METODOLOGIA

Um voluntário saudável e não fumante foi selecionado, após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, segundo critério utilizado por Gajendiran [3]. Para esse estudo as amostras foram irradiadas pelo Reator Argonauta - Instituto de Engenharia Nuclear - IEN/CNEN, no Rio de

Janeiro, As doses usadas nesta pesquisa foram irradiadas em diferentes intervalos de tempo, na de 0,75 e 1,5 Gy.

As preparações citológicas para as análises cromossômicas foram obtidas a partir de cultura de linfócitos segundo protocolo padrão. Ao término da contagem das células foram realizados cálculos estatísticos. Os dados obtidos com cada irradiação das amostras foram testados para avaliar sua conformidade ao modelo de Poisson, modelo este, proposto para a técnica de MN, sendo empregado o teste u de Papworth [2].

RESULTADOS

Foi possível observar a relação entre a dose absorvida e a frequência de MN, onde confirmado que com o aumento da dose absorvida, há um acréscimo na frequência de MN. Além disso, com o aumento da dose é possível observar a presença de células binucleadas com mais de um MN. Na dose de 0,75 Gy, nota-se aparecimento constante de micronúcleos, sendo observados, sua maioria contidos em 1 por célula. Ao contrário do que é mostrado na dose de 1,5 Gy, no qual a quantidade de micronúcleos torna-se aumentada, com aparecimento de até quatro em uma única célula (Tabela 1).

Todas as doses analisadas foram testadas de acordo com a distribuição de Poisson, utilizando o índice de dispersão e o teste u (tabela 1). A distribuição deve ser testada quanto ao cumprimento da distribuição de Poisson a cada dose utilizada, para construir a curva de calibração. Na estatística de Poisson valores de u superiores a 1,96 indicam sobredispersão e os valores de u < 1,96 indicam a subdispersão [2]. Na literatura, há relatos do comportamento de

sobredispersão em todas ou na maioria das doses testadas dos MN, frente à distribuição de Poisson nos linfócitos irradiados [4, 5, 6, 7, 8]. A sobredispersão pode ocorrer, pois muitos fatores influenciam na formação do MN, e ainda é difícil determinar exatamente se o MN é formação por que tipo de alteração cromossômica, como fragmento acêntrico e/ou de dicêntricos.

Tabela 1. Verificação da frequência e distribuição celular de micronúcleos nas doses de 0,75 e 1,5 Gy.

Dose (Gy)	Total de células	MN	Y	OMN	1MN	2MN	3MN	4MN	σ^2	σ^2/y	u
0*	5000	45	0,009	4956	43	1			0,009	1,036	1,803
0,75	3000	225	0,075	2790	195	15			0,079	1,059	2,278
1,5	3000	379	0,126	2674	280	40	5	1	0,151	1,196	7,598

*referente ao sangue controle, (MN) Número de micronúcleos, (y) frequência, (σ^2) média, (σ^2/y) índice de dispersão, (u) teste estatístico.

Comparando os resultados obtidos neste trabalho com outros autores como Mill [18] e Wuttke [19] (Tabela 2), que usaram nêutron-gama como radiação em diferentes proporções, observamos que a frequência de MN é muito maior, o que pode levar a essa diferença é esta diferença no percentual da contribuição de nêutron e de gama na dose absorvida final.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram haver uma relação entre a dose absorvida e a frequência dos MN. No entanto, há a necessidade de maiores esclarecimentos quanto ao comportamento de tais alterações cromossômicas quando a amostra é submetida a diferentes doses, possibilitando, assim, a obtenção de uma curva de calibração para esse tipo de radiação mista para o laboratório de dosimetria biológica do CRCN-NE/CNEN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. Mendonça, J. C., Mendes, M. E., Santos, N., & Lima, F. F., Análise Da Frequência De Alterações Cromossômicas Instáveis Em Linfócitos Humanos Irradiados Com 60 Co, International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2013.

[2]. International Atomic Energy Agency, IAEA Cytogetic dosimetry: applications in preparedness for, and response to radiation emergencies. EPR-Biodosimetry, 2011.

[3]. Gajendiran N., Tanaka K., Kumaravel T. S. e Kamada N. Neutron-Induced Adaptive Response in Go Human Lymphocytes Using the Comet Assay. Journal of Radiation Research, (42) 91-101, 2001.

[4]. Köksal G, Dalcı DÖ, and Pala FS (1996). Micronuclei in human lymphocytes: the Co-60 gamma-ray dose-response. Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects, 359(2):151-157.

[5]. Vral A, Cornelissen M, Thierens H Louagie H, Philippé J, Strijckmans K, and De Ridder L (1998). Apoptosis induced by fast neutrons versus 60Co gamma-rays in human peripheral blood lymphocytes. Int J Radiat Biol, 73:289-95.

[6]. Venkatachalam P, Solomon FP, Prabhu BK, Mohankumar MN, Gajendiran N, and Jeevanram RK (1999). Estimation of dose in cancer patients treated with fractionated radiotherapy using translocation, dicentrics and micronuclei frequency in peripheral blood lymphocytes. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 429(1):1-12.

[7]. Vral A, Fenech M, and Thierens H (2011). The micronucleus assay as a biological dosimeter of in vivo ionising radiation exposure. Mutagenesis, 26(1):11-17.

[8]. Antunes AC, Martins V, Cardoso J, Santos L, and Monteiro Gil O (2014). The cytokinesis-blocked micronucleus assay: Dose estimation, and inter-individual differences in the response to γ -radiation. Mutation Research, 760:17-22.

[9]. MILL, A. J., Wells, J., Hall, S. C., & Butler, A. Micronucleus induction in human lymphocytes: Comparative effects of X rays, alpha particles, beta particles and neutrons and implications for biological dosimetry. Radiation research, 145.5: 575-585, 1996.

[10]. WUTTKE, Kerstin; MÜLLER, Wolfgang-Ulrich; STREFFER, Christian. The sensitivity of the in vitro cytokinesis-blocked micronucleus assay in lymphocytes for different and combined radiation qualities. Strahlentherapie und Onkologie, 174.5: 262-268, 1998.

APOIO FINANCEIRO

CNPQ/PIBIC

Procedimentos para Controle da Qualidade de Medições em Ativímetros por meio do Uso de Fontes Radioativas Sólidas

Luciane Carollyne de Oliveira Reis Monteiro e Mércia Liane de oliveira

Centro Regional de Ciências Nucleares – CRCN-NE

INTRODUÇÃO

A tomografia por emissão de pósitron (PET), associada a tomografia computadorizada (CT), é uma das mais relevantes técnicas de imagem molecular, que usa radiofármacos emissores de pósitron de meia-vida curta, combinando informações metabólicas e anatómicas do paciente [1,2].

Padrões radioativos são rotineiramente empregados para garantir a confiabilidade de sistemas medidores de radiação, a exemplo das fontes padronizadas utilizadas em clínicas e hospitais, que usam o ativímetro como medidor de atividade [3]. Os padrões habitualmente comercializados consistem de fontes radioativas de meia-vida longa e com emissão gama [3]. No entanto, com a expansão no uso de radionuclídeos emissores de pósitron surge a necessidade que padrões de energia correspondente (511 keV) sejam disponibilizados.

Além disso, a geometria em que são calibrados esses ativímetros difere das utilizadas nos serviços de medicina nuclear (SMN), o que pode influenciar na exatidão das medidas [4].

Frente esta realidade o CRCN vem desenvolvendo metodologias para padronização de emissores de pósitron, além de desenvolver método para fabricação de padrões sólidos utilizando resina epóxi como matriz sólida e as geometrias frasco tipo penicilina e seringa [4,5]. Os testes de controle de qualidade já realizados nos ativímetros serão adaptados para inserção do padrão desenvolvido pelo método apresentado.

OBJETIVO

Aprimorar método para obtenção de fontes sólidas padronizadas na energia de 511 keV, nas geometrias frasco de vidro e seringa, a serem disponibilizadas para o controle da qualidade das medições de ativímetros.

METODOLOGIA

A preparação é composta de resina epóxi SQ2220 e endurecedor SQ3154, proporção 2:1, além da solução antibolha (Redelease/siladit-53), 0,5% em relação à massa total da mistura. Para verificar a distribuição da fonte radioativa por toda extensão do padrão utilizou-se corantes fluorescentes (pó) (Redelease). Ademais, testes utilizando água, etanol e isopropanol foram realizados para escolha do solvente ideal para dissolver o corante e a fonte radioativa. Quanto às geometrias foram usados os frascos tipo penicilina e a seringa. A homogeneização da preparação foi realizada em vórtex mixer (Kasvi Bask, modelo K45-2820). A atividade da fonte radioativa foi determinada por diferença de massa, a partir do fracionamento da solução-mãe. Para tanto usou-se a balança analítica de precisão de marca SHIMADZU. No frasco de vidro todo preparo foi realizado no próprio recipiente, não havendo perda de material radioativo. No caso da seringa toda preparação foi realizada em frasco e depois transferido 3mL, para seringa.

RESULTADOS

A adição do líquido antibolha mostrou-se eficaz na redução da quantidade de bolhas na preparação, assim como os corantes

fluorescentes foi uma ótima alternativa na avaliação da homogeneidade do material radioativo por toda extensão do padrão. Além disso, foi descartada a homogeneização manual, anteriormente realizada para geometria seringa, que evidencia a importância da utilização do vortéx mixer. Quanto aos testes para escolha do solvente, a água não se mostrou adequada, formando duas fases durante o tempo de cura, além de deixar o preparado com aspecto leitoso e turvo. Já o isopropanol e o etanol apresentaram resultados satisfatórios, aparentando aspecto límpido e transparente.

Foram transferidos aproximadamente 80% da preparação total (mistura resina/endurecedor/fonte radioativa) para a seringa. Com relação à perda de material radioativo o valor médio obtido foi de 0,45%, considerado um valor irrelevante.

O radionuclídeo usado na confecção do padrão foi o ^{22}Na , com massa de 0,17 e 0,404 g e os valores de atividade obtidos por espectrometria gama de 5,198 kBq e 6,97 kBq, para as geometrias frasco penicilina e seringa, respectivamente.

CONCLUSÕES

A metodologia para obtenção de padrões radioativos foi implementada no CRCN-NE. Os valores de atividade obtidos do padrão, usando o radionuclídeo ^{22}Na e, comparados com o certificado, indicam que o padrão produzido pode ser utilizado e inserido nos testes de controle de qualidade, já estabelecidos, realizados nos ativímetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SIMAL, C.J. Imagem molecular. Rev Med Minas Gerais, v. 21, n.3, p. 289-300, 2011.

[2] NOGUEIRA, S.A.; LEDERMAN, H.M.; WAGNER, J.; YAMAGA, L.Y.; CUNHA, M.L.; FUNARI, M.B.G. Estudo comparativo da qualidade de imagem dos modos de aquisição da PET: validação de um protocolo para reduzir a dose de radiação. Radiol. Bras., v.42, p.103-107, 2009.

[3] CNEN. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de medicina nuclear – CNENNN-3.05. Rio de Janeiro, 2013.

[4] FRAGOSO, M.C.F. Metodologia para padronização de radiofármacos pet baseados em ^{18}F para calibração de ativímetros. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

[5] BENEÇA, M.A.G. Estudo e desenvolvimento de fonte de ^{32}P imobilizado em matriz polimérica para tratamento de câncer paravertebral e intracranial. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2015.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Quantificação de elementos químicos por edxrf em solos do CRCN-NE

Mechele Da Silva Santos e Thiago Oliveira Dos Santos

Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste- CRCN-NE

INTRODUÇÃO

Um dos principais contribuintes para a emissão de poluentes na atmosfera urbana são os veículos automotivos. Nos últimos anos, o número de veículos automotivos na região Metropolitana do Recife (RMR) aumentou consideravelmente, segundo levantamento do DENATRAN, sendo registrados os maiores aumentos no município do Recife (DENATRAN, 2015).

Devido às suas características de estoque de substâncias químicas, substrato para crescimento de plantas, habitação e para atividades recreativas, o solo deve ser frequentemente monitorado (SKRBIC, 2011).

A resolução CONAMA nº420 de 2009 (BRASIL, 2009), fixa valores de referência para as concentrações de substâncias químicas presentes no solo, assim possibilitando comparar os valores obtidos por meio de técnicas analíticas.

OBJETIVO

Quantificar os elementos químicos La, Mn, Fe, Ni, Zr, Pb, Sr, Ti, Mg, Al, Si, K, Ca e V em amostras de solos coletados no Centro Regional de Ciências Nucleares do NE.

METODOLOGIA

Coleta e Preparação das amostras

As amostras de solo foram coletadas com auxílio de sonda de amostragem nas profundidades de 0-15 cm em 29 pontos

distribuídos em todo o terreno referente ao Campus Tecnológico do Nordeste, onde se encontram as instalações do Centro Regional de Ciências Nucleares do NE (Figura 1).



Figura 1. Pontos de coleta no terreno do Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste.

No laboratório as amostras foram secas em estufa de circulação forçada à 60°C e, posteriormente, cominuídas com auxílio de almofariz e pistilo de porcelana.

Análise por EDXRF

Porções-teste de 0,5 g das amostras cominuídas foram transferidas para cápsulas de polietileno cilíndricas, vedadas com filme de polipropileno, específico para análise por EDXRF.

RESULTADOS

Para garantir a qualidade do procedimento analítico utilizado, os materiais de referência NIST 2709 e IAEA SOIL 7 foram analisados juntamente com as amostras. Os valores observados estiveram dentro da faixa esperada para ambos os materiais analisados.

As concentrações dos elementos químicos estudados variaram entre 26 e 17 mg kg⁻¹ para o La, 200 e 10 mg kg⁻¹ para o Mn, 21800 e 9800 mg kg⁻¹ para o Fe, 14 e 11 mg kg⁻¹ para o Ni, 94 e 19 mg kg⁻¹ para o Zn, 220 e 19 mg kg⁻¹ para o Pb, 142 e 24 mg kg⁻¹ para o Sr, 4400 e 2100 mg kg⁻¹ para o Ti, 6700 e 4300 mg kg⁻¹ para o Mg, 123000 e 47000 mg kg⁻¹ para o Al, 388000 e 283000 mg kg⁻¹ para o Si, 9900 e 2400 mg kg⁻¹ para o K, 8400 e 1400 mg kg⁻¹ para o Ca, 115 e 25 mg kg⁻¹ para o V.

Alguns elementos associados ao tráfego de veículos como chumbo, níquel, vanádio e zinco apresentaram concentrações elevadas provavelmente devido a proximidade da rodovia de intenso tráfego de veículos BR101 ao CRCN/NE, corroborando um aporte desses elementos químicos associados ao tráfego veicular para o solo estudado.

CONCLUSÕES

A metodologia utilizada permitiu quantificar possíveis elementos químicos associados ao tráfego de veículos enriquecidos nas amostras de solo coletadas no Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[43] BRASIL. Resolução n.460, de 30 de 2009.

[44] DENATRAN. Sistema de registro Nacional de Veículos Automotores RENAVAN / DETRAN. 2015. Disponível em: <www.denatran.gov.br/>. Acessado em: 14/12/2015.

[45] SKRBIC, B., MILOVAC, S., MATAVULJ, M. Multielement profiles of soil, road dust, tree bark and wood-rotten fungi collected at various distances from high-frequency road in urban area. *Ecological Indicators*, 2011.

[46] BRASIL. Resolução n.460, de 30 de 2009.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPQ

Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste- CRCN/NE

Identificação de Microrganismos através de Imagens por Espalhamento de Luz

Natália Ayumi Albuquerque Kitaoka e Rômulo Pinto Tenório
Centro Regional de Ciências Nucleares – CRCN-NE

INTRODUÇÃO

A correta identificação de microrganismos entre diferentes tipos e espécies é de grande importância em indústrias farmacêuticas, alimentícias, ambientes controlados e em institutos de pesquisa. Atualmente, existem métodos de identificação baseados em caracterização bioquímica, sorológica ou pelo DNA/RNA. Todos eles, além de demandarem tempo, por possuírem muitos estágios de procedimento, na maioria das vezes também são dispendiosos. Recentemente, foi mostrado que imagens formadas por espalhamento de luz podem ser utilizadas no estudo da formação e reconhecimento de padrões de colônias de microrganismos. Essa abordagem experimental vem sendo empregada com sucesso como um possível método de identificação de colônias microbianas, com seletividade ao nível das espécies^{1,2}. Neste trabalho, pretende-se aplicar esta abordagem na identificação de microrganismos através da investigação dos padrões formados pelo crescimento de colônias de microrganismos.

OBJETIVO

Desenvolver método baseado em imagens por espalhamento de luz para determinação da identidade de microrganismos.

METODOLOGIA

Os microrganismos *B. Subtilis* NCTC 10400, *Staphylococcus aureus* NCTC 10788 e *Saccharomyces cerevisiae* (Florax® lote: L160481) primeiramente inoculados em meio sólido TSA. O inóculo foi adicionado com soro fisiológico estéril e espalhado no meio com uma alça de Drigalski. Em

seguida, as placas foram incubadas de forma invertida em estufa microbiológica de 30°C a 37°C. O tempo de incubação, volume do inóculo e concentrações variaram de microrganismo para microrganismo, porém todos ficaram incubados até atingirem o aspecto de colônia desejado, com diâmetros entre 1,5 e 2mm. Após o crescimento, cada placa foi então posicionada no equipamento de aquisição das imagens de forma que o laser incidisse perpendicularmente em cada colônia. Cada imagem se tornou uma amostra para formar a base de dados. As imagens foram então pré-processadas com a transformada de Wavelets, e então classificadas com a técnica de Análise por Componentes Principais (PCA) utilizando-se do código implementado em Scilab 6. Além da PCA a base de dados também foi testada e classificada no *software* de mineração de dados Weka 3.8 utilizando-se de vários classificadores embutidos os quais tiveram suas acurácias comparadas.

RESULTADOS

Os resultados da aquisição das imagens por espalhamento de luz podem ser observados na Figura 1. Analisando as imagens pode-se perceber características únicas como raios radiais, centros mais escuros e anéis de difração. Tal espalhamento é resultante da interação da luz do laser com as diferentes substâncias formadas na organização das colônias específicas a cada microrganismo.

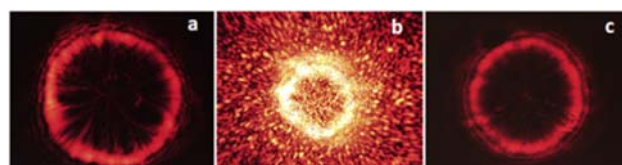


Figura 1. Imagens do espalhamento de luz de uma colônia de microrganismo e suas respectivas colônias. Imagens obtidas com o software ThorCam do espalhamento de luz: a. *S. cerevisiae*. b. *B. subtilis*. c. *S. aureus*.

Através da PCA dos dados pôde-se avaliar a relevância de cada uma das componentes principais sobre o conjunto, selecionou-se as duas mais relevantes e que juntas representavam 60% de relevância em relação a todas as 160 componentes obtidas. A projeção dos dados originais sobre essas duas componentes pode ser visualizada na Figura 2, onde foi obtida boa separação das três classes representando os três microrganismos trabalhados neste projeto.

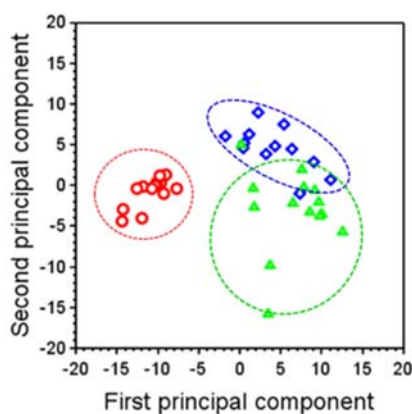


Figura 2. Projeção dos dados sobre as PC1 e PC2. Método de classificação supervisionada utilizando-se da PCA. B. Subtilis (círculo), *S. cerevisiae* (triângulo) e *S. aureus* (diamante).

No *software* Weka foram comparadas as acurácias de vários classificadores sobre a base de dados deste trabalho utilizando-se os atributos x1 e x2 (as duas primeiras componentes principais), e o método que obteve a maior acurácia foi o *Multilayer Perceptron (MLP)* na configuração de 300 neurônios com uma camada escondida, onde a acurácia obtida chegou a 92,46%, indicando uma excelente classificação considerando a baixa quantidade da base de dados.

CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos pode-se concluir que com uma base de dados de 39 imagens para os três microrganismos, a extração de características através da análise por componentes principais funcionou muito bem considerando a projeção dos dados sobre as duas componentes principais. Além disso, também foi verificado que a classificação dos dados utilizando o método MLP com a utilização dessas mesmas duas componentes como atributos, apresentou um resultado satisfatório de 92,46%. Espera-se que com mais imagens e aumentando a base de dados a classificação poderá melhorar ainda mais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Banada, P. P.; Guo, S; Bayraktar, B.; Bae, E; Rajwa, B; Robinson, J. P; Hirleman, E. D; Bhunia, A K. Optical forward-scattering for detection of *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* species. *Bios. & Bioel.* 2007, 22, 1664 – 1671.
- [2] Banada, P. P.; Huff, K.; Bae, E.; Rajwa, B.; Aroonual, A.; Bayraktar, B.; Adil, A.; Robinson, J. P.; Hirleman, E. D.; Bhunia, A. K. Label-free detection of multiple bacterial pathogens using light-scattering sensor. *Bios. & Bioel.* 2009, 24, 1685 - 1692.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/CNPq, pela bolsa de iniciação científica e FACEPE pelo fomento ao projeto.

Estudo de Transporte de Nutrientes em Colônias de *Bacillus subtilis* Utilizando Imagens por Ressonância Magnética Nuclear

Ramon Vieira Galdino e Rômulo Pinto Tenório
Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN- NE

INTRODUÇÃO

O fenômeno de difusão é essencial para a formação de biofilmes microbianos, uma vez que é através deste processo que os nutrientes necessários à divisão celular e crescimento das colônias são captados, especialmente por células desprovidas de estruturas locomotoras, tais como os flagelos, bem como aquelas que não apresentam mecanismos sofisticados de quimiotaxia. A difusão é o processo de transporte predominante para o interior dos agregados de células microbianas, como os biofilmes¹. Recentemente, foi demonstrado que biofilmes de *Bacillus subtilis* apresentam estruturas que se assemelham a canais capilares², que podem vir a contribuir para o processo de difusão de nutrientes para o interior destes biofilmes. Neste trabalho, foram utilizadas imagens de RMN ponderadas por difusão para a avaliação do processo de difusão nos biofilmes deste micro-organismo.

OBJETIVO

Utilizar imagens por Ressonância Magnética Nuclear (RMN) ponderadas por difusão para extrair informações a respeito da difusão no biofilme de *Bacillus subtilis*.

METODOLOGIA

Inicialmente, realizou-se o cultivo do microrganismo. O microrganismo liofilizado *B. subtilis* NCTC 10400 foi ressuspenso com soro fisiológico estéril. Então, 10 µL da suspensão foram inoculados em meio TSB, que foi incubado a 33° C durante 14 dias. Após isso, o

micro-organismo crescido em meio TSB foi inoculado em meio sólido ágar MSgg, em frascos de penicilina. Variou-se a concentração de cálcio do meio em 0, 10, 50 e 100 mM a fim de avaliar sua influência no crescimento do biofilme. As amostras foram então incubadas a 33° C durante 14 dias. Por fim, obteve-se imagens de RMN ponderadas por difusão, em espectrômetro de imagens Varian UNMRS 400 MHz, sendo tratadas com os softwares ImageJ e Matlab.

RESULTADOS

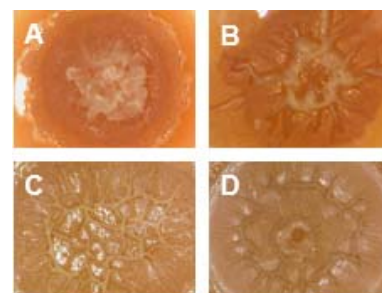


Figura 1: Avaliação da influência do Ca^{2+} no crescimento do *B. subtilis*. (A) ausência de Ca^{2+} . (B) 10 mM de Ca^{2+} . (C) 50 mM de Ca^{2+} . (D) 100 mM de Ca^{2+} .

Os resultados representados na figura 1 mostram que o aumento da concentração de cálcio no meio não interfere negativamente no crescimento do biofilme de *B. subtilis*, como propôs Mahtre *et. al.*, uma vez que não houve alterações significativas entre os diâmetros das colônias cultivadas sob diferentes concentrações de cálcio.

Também foi observado que em maiores concentrações de Ca^{2+} cresceram biofilmes altamente estruturados, com estrias transversais emergindo da superfície.

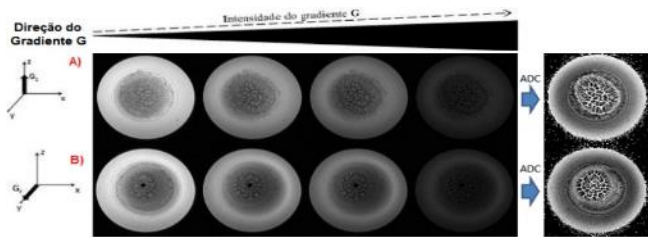


Figura 2: Imagens de RMN ponderadas por difusão de biofilmes de *B. subtilis* e respectivos mapas de difusão.

A figura 2 mostra mapas de difusão obtidos através das sequências de imagens de RMN. Em A), tem-se o mapa difusivo do biofilme cultivado em 50 mM de Ca^{2+} na direção **z**. Em B), está representado o mapa difusivo do biofilme cultivado em 100 mM de Ca^{2+} também representado na direção **z**.

Nestas imagens, é possível observar muito bem a microestrutura do biofilme, com a presença de estruturas capilares bem evidenciadas. Nas imagens de RMN, quanto maior a atenuação do sinal, maior é a difusão. Já nos mapas de difusão, quanto maior o brilho, maior é a difusão. Como as estruturas capilares apresentam-se mais brilhosas e evidentes em ambos os mapas de difusão, estes resultados sugerem o papel dessas estruturas na difusão nos biofilmes, contribuindo para transporte de nutrientes para o interior dos biofilmes.

A figura 3 mostra a evolução do coeficiente de difusão aparente (eixo y) ao longo da estrutura do biofilme cultivado com 100 mM de Ca^{2+} (eixo x) nos tempos de difusão 44, 88, 176 e 352 ms, respectivamente.

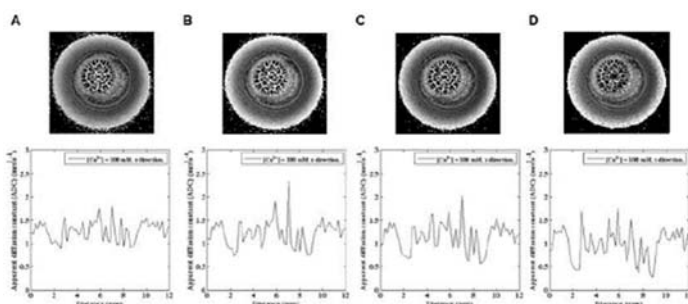


Figura 3: Avaliação da difusão restrita nos biofilmes de *B. subtilis*.

Através da observação dessas imagens, bem como pela evolução dos respectivos coeficientes de difusão, é possível notar que os valores dos coeficientes de difusão variam com o aumento do tempo de difusão, tornando-se menores em alguns pontos.

Esse resultado indica que, nesses pontos, a difusão se torna restrita. A difusão restrita é um reflexo dos obstáculos que os nutrientes encontram no interior do microambiente do biofilme, impedindo-os de fluir livremente. Entretanto, para determinar quais as regiões que apresentam restrição de difusão, ainda é necessário realizar-se uma análise ponto a ponto no biofilme.

CONCLUSÕES

Os resultados mostram que o aumento da concentração de Ca^{2+} no meio não diminui o crescimento dos biofilmes de *B. subtilis*. Foi possível verificar bem a microestrutura do biofilme através da observação dos mapas de difusão. Por estarem bem evidenciadas nos mapas, as estruturas capilares têm uma contribuição importante para a difusão nesses biofilmes. Por fim, foi possível observar a difusão restrita em alguns pontos no biofilme, porém, um estudo mais complexo ainda é necessário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Stewart, P. S. *J. Bacteriol.*, 185, 1485-1491, **2003**.
- [2] [2] Wilking, J. N.; Zaboradaev, V.; De Volder, M.; Losick, R.; Brenner, M. P.; Weitz, D. A. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 10, 848-852, **2013**.
- [3] Mahtre, E. *et al. Microorganisms*, 7, 1-13, **2017**.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/CNPq, pela bolsa de iniciação científica, e FACEPE.

A dosimetria Fricke utilizada como uma ferramenta para o controle da qualidade da PDT

Suzana Oliveira Santos e Vivianne Lúcia Bormann de Souza
Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste - CRCN-NE

INTRODUÇÃO

A terapia fotodinâmica (PDT) consiste em uma modalidade terapêutica que envolve a ativação de substâncias fotossensíveis, fonte de luz e a geração de espécies citotóxicas de oxigênio e de radicais livres para promover a destruição seletiva dos tecidos-alvo. A variabilidade dos índices da resposta clínica, possivelmente, reside nas diferenças metodológicas quanto a protocolos, formulações, número de sessões, fontes e doses de luz, e tempo de tratamento. É necessário, avaliar benefícios, limitações e parâmetros para a escolha do método como opção terapêutica para neoplasias cutâneas não-melanoma (NCNM) na prática dermatológica e outros tipos de câncer. A excisão cirúrgica é a primeira linha de modalidade na terapêutica oncológica; entretanto, alternativas podem ser adotadas para o tratamento. Procedimentos terapêuticos distintos são usados com variáveis taxas de resposta clínica e de recorrência, diferentes graus de cicatrizes e fibroses com defeitos teciduais, disfunção e até mutilação do indivíduo. Os avanços obtidos nas últimas duas décadas permitem considerar a PDT como um excelente método de tratamento. A possibilidade de repetição das sessões pode elevar as taxas de resposta clínica e constitui a atual tendência da maioria dos protocolos e é uma das vantagens acrescentadas ao método. A detecção dos picos de emissão de fluorescência em torno de 635nm e indicativa da absorção e o metabolismo dos fotossensibilizadores pela pele é bastante mostrado na literatura [7,13,17,18]. O uso de LED vermelho parece proporcionar maior aumento da capacidade de penetração dos fotossensibilizadores (corantes como azul de metileno e azul de toluidina) nos tecidos comparado ao LED azul. Estudos clínicos têm indicado segurança e

efetividade da droga para tratamento de alguns tipos de câncer, inclusive de osso. E a adoção de parâmetros mais uniformes, como o uso de fonte de luz e droga comerciais padronizadas, poderá ser de grande auxílio na reprodutibilidade e implementação do método.

OBJETIVO

Avaliar o efeito de diodos emissores de luz na solução Fricke modificada com corantes para ser aplicada como um controle de qualidade em terapia fotodinâmica.

METODOLOGIA

Um volume de 2,6 mL dos dosímetros (a solução Fricke - que simula o plasma sanguíneo - modificada com a adição de azul de toluidina e etanol - FATA) foi transferido para tubos de ensaio e estes foram irradiados com luz: amarela num arranjo de 19 LED por 24, 48, 72 e 96 h, em tubos de ensaios localizados na superfície de simuladores de acrílico de 110 mm x 110 mm x 80 mm, perpendicular ao eixo central do feixe de radiação a uma distância de 6,5 cm da fonte de luz. As amostras foram lidas em espectrofotômetro Beckman DU-640, no comprimento de onda de 304 nm (valor adequado para o dosímetro Fricke irradiado). Sendo considerados válidos os valores médios abaixo de 5% de erro. Amostras padrões de densidades ópticas conhecidas foram lidas paralelamente. Embora, o primeiro arranjo de LED utilizado tenha sido fabricado por técnicos do próprio CRCN; outros experimentos foram realizados com conjuntos de LED obtidos comercialmente.

RESULTADOS

Em estudos anteriores do laboratório os dosímetros FATA modificados com fotossensibilizador foram irradiados com LED vermelho, azul e verde em fantoma de acrílico. Nesse último experimento (Figura 1), o dosímetro FATA foi irradiado com LED amarelo e em todos os casos, os dosímetros apresentaram comportamento proporcional da variação da densidade óptica em função do tempo de irradiação. Demonstrando a adequação do dosímetro para a dosimetria na PDT. Arranjo com a luz púrpura, sugerida para câncer de mama, está sendo testada (Figura2).

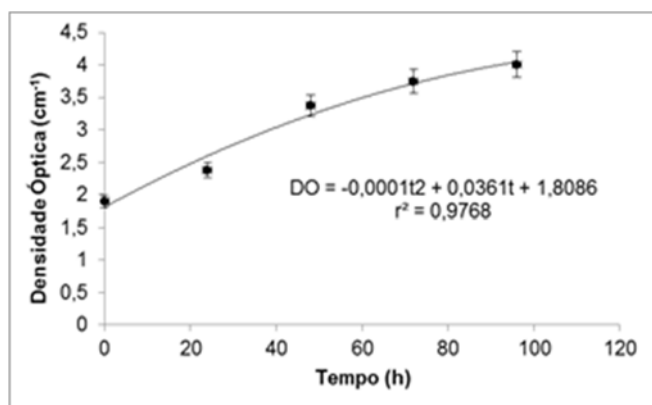


Figura 1. Variação da densidade óptica da resposta do FATA em função do tempo de irradiação com LED amarelo, em fantoma de acrílico.

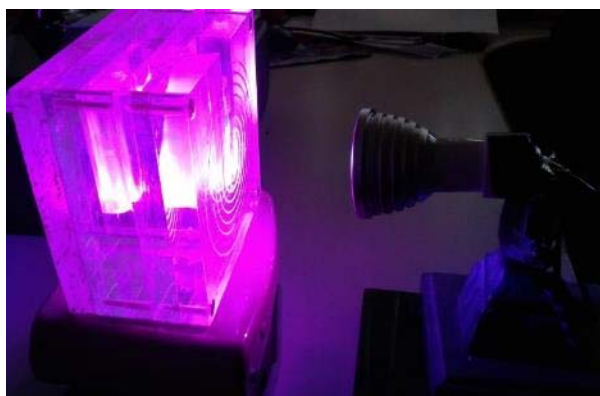


Figura 2. Arranjo experimental de irradiação com LED púrpura, em fantoma de acrílico.

É necessário averiguar a adequação da luz púrpura.

CONCLUSÕES

O fato dos dosímetros apresentarem sensibilidade aos LED indica que a Terapia Fotodinâmica pode ser realizada com LED e corantes com custos mais baixos em relação à terapia realizada com lasers e fotossensibilizadores importados. A luz amarela também se mostrou adequada. Sugere-se que os dosímetros FATA podem ser aplicados para efetuar um controle da qualidade em terapia fotodinâmica, baseando-se nas curvas padrões obtidas. Nos poucos hospitais públicos que fazem uso da terapia fotodinâmica, a luz vermelha é a mais utilizada, entretanto, o fotossensibilizador, geralmente utilizado, é o azul de metileno ao invés do azul de toluidina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[47]BRAATHEN, L. R.; SZEIMIES, R. M.; BASSET-SEGUIN, N. BISSONNETTE, R; FOLEY, P.; PARISER, D.; ROELANDTS, R.; WENBERG, A. M.; MORTON, C. A.; INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTODYNAMIC THERAPY IN DERMATOLOGY. Guidelines on the use of photodynamic therapy for nonmelanoma skin cancer: an international consensus. Journal of the American Academy of Dermatology, v. 56, p. 125-143. 2007.

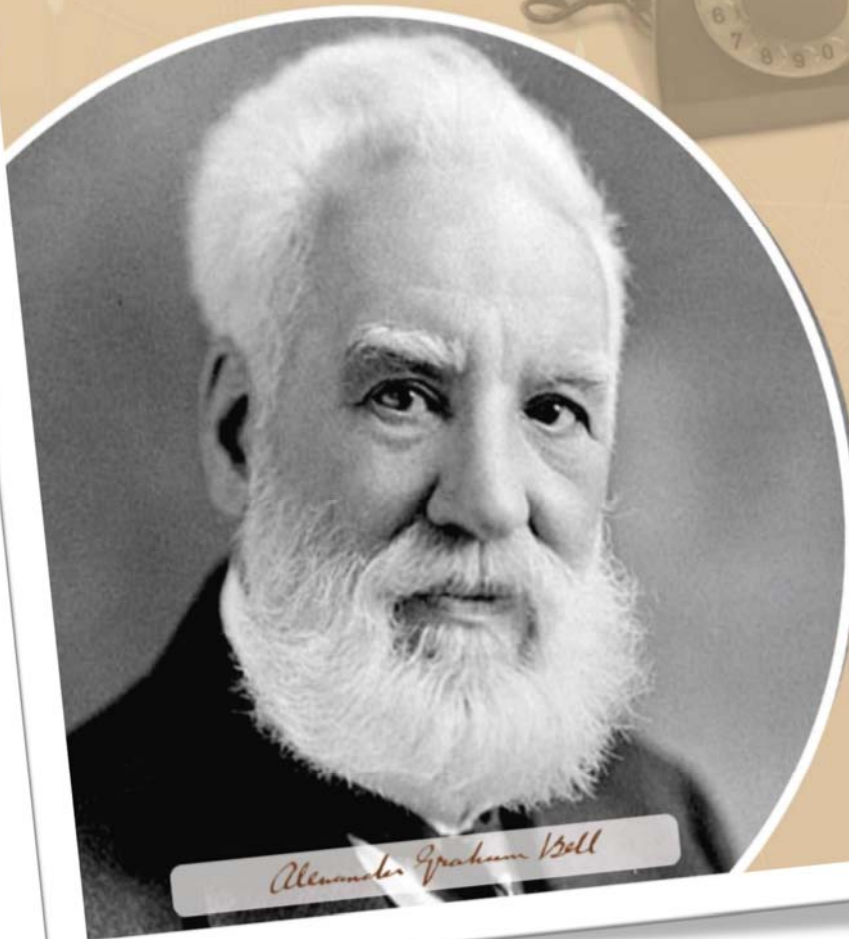
[48]RHODES, L. E.; DE RIE, M.; ENSTROM, Y.; GROVES, R.; MORKEN, T.; GOULDEN, V.; WONG, G.A.; GROB, J.J.; VARMA, S.; WOLF, P. Photodynamic therapy using topicalmethyl aminolevulinate vs surgery for nodular basal cell carcinoma: results of a multicenter randomized prospective trial. Archives Dermatology, v. 140, p. 17-23. 2004.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem à CNEN-CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida para a realização do projeto.

CRCN/CO

Centro Regional de Ciências
Nucleares do Centro Oeste



Alexander Graham Bell

A invenção que mudou a história da humanidade
(Homenageado de 2018)

ALEXANDER
ALEXANDER
GRAHAM BELL

(1847-1922)

o inventor do telefone

Estudo de Público no Centro Regional de Ciências Nucleares

Gabriela Neres Batista Silva e Kellen Millene Camargos

Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste - CRCN-CO

INTRODUÇÃO

Este projeto tem como objetivo realizar uma análise detalhada da pesquisa de público aplicada aos visitantes do Centro de Informações (CI) do Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste (CRCN-CO), após sua participação na ação educativa proposta. Os resultados da pesquisa visam impulsionar maior interação entre público-instituição.

A ação do CI se configura na apresentação de palestras referentes aos temas de Energia Nuclear e Acidente Radiológico de Goiânia, causado pelo Césio-137 e, também, na exposição de longa-duração que aborda a mesma temática.

OBJETIVO

Conhecer os visitantes do CI e reavaliar a ação educativa realizada, palestras e a exposição de longa duração, mediante a avaliação da opinião do público estudado.

METODOLOGIA

Desde 2015, esta pesquisa é realizada com o público que visita a instituição, por meio de questionários. No ano de 2017, foi possível executar uma análise não somente da satisfação, mas, também, um estudo detalhado das características do público, assim como de seus interesses, absorção de conhecimento, entre outros aspectos.

Com esta finalidade, foi feita uma avaliação somativa (ALMEIDA, 1995), ou seja, a

realização de uma análise minuciosa que, conseqüentemente, cria propostas de melhorias para a instituição e suas ações educativas.

A formação do dado amostral foi feita de maneira aleatória, visto que os questionários eram colocados no balcão da recepção e cada um/a escolhia se desejaria ou não respondê-los.

RESULTADOS

Em 2017, foram averiguados 718 questionários aplicados entre estudantes de 78 escolas, que podem ser contabilizados em um total de 4.603 visitantes.

Com isso, um dos resultados obtidos foi referente às características básicas do público, que se qualifica em 265 pessoas do Ensino Médio, 184 do Ensino Superior e 160 do Fundamental 2, apenas 45 da pós-graduação e 25 do Fundamental 1, o que está diretamente relacionado à faixa etária, pois, 42% estão entre 15 e 18 anos, 28% entre 19 e 39 anos, 20% entre 11 e 14 anos, 7% com mais de 40 anos e 2% com menos de 10 anos. Ainda pudemos perceber que as visitas são feitas basicamente pela comunidade goiana, sendo elas, majoritariamente, de Goiânia e região metropolitana.

Além das características do perfil de público, tivemos perguntas sobre o conhecimento prévio e o adquirido. Podemos ver, a seguir, as respostas dadas mediante a pergunta: "Em relação à ação educativa (informações

da sala de exposição e da palestra), qual o nível de conhecimento adquirido?”.

	Fundamental	Médio	Superior	Pós-graduação	Sem-resposta
Alto	75	117	104	33	15
Médio	93	125	77	14	17
Baixo	10	18	1	1	0
Insuficiente	6	1	2	0	1
Sem-resposta	1	4	0	0	2

TABELA-1. -Conhecimento-Adquirido

Neste questionário, ainda pudemos notar qual a área que cada um/a mais se interessou:

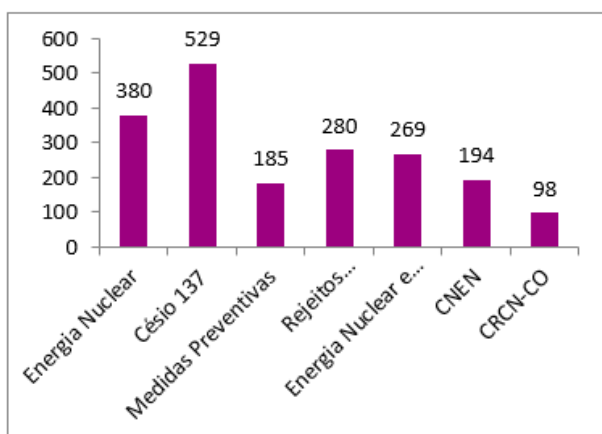


GRÁFICO-1. -Área-de-interesse

CONCLUSÕES

Com os dados coletados e analisados, pudemos perceber que tratamos de uma instituição que contém, majoritariamente, um público “escolar” de visitantes.

Assim, observamos que as diferenças de idade e escolaridade devem ser tratadas como específicas, ou seja, cada grupo precisa obter um tipo de ensino e linguagem diferente para que todos/as consigam compreender o que está sendo passado.

Além disso, ainda devemos conceber novas ações educativas que despertem mais o interesse dos/as estudantes, e também para que possamos atingir um público espontâneo, de modo que mais pessoas visitem o espaço.

Outra proposta sugerida neste trabalho foi perceber a necessidade de inserção do CI em redes sociais, atualização do site, ou seja, novas formas de difusão das atividades realizadas no CRCN-CO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[49] ALMEIDA, Adriana M. Estudos de público: a avaliação de exposição como instrumento para compreender um processo de comunicação. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo: USP, n. 5, p. 325-334, 1995.

[50] CRCN-CO. *Centro Regional de Ciências Nucleares – CRCN-CO*. Disponível em: <http://www.crcn-co.cnen.gov.br>. Acesso em: 24/04/2018.

[51] KOPTCKE, Luciana Sepúlveda. Público, o X da questão? A construção de uma agenda de pesquisa sobre os estudos de público no Brasil. *Museologia; Interdisciplinaridade*. Vol.1, nº1, 2012.

[52] MARANDINO (org.). *Educação em museus: a mediação em foco*. 1. Ed. São Paulo: GENF/FEUSP, 2008. V. 1. 36 p. PDF.

[53] PERCEBE. *Que público é esse? Formação de públicos de museus e centros culturais*. 1.ed. – São Paulo: Percebe, 2013.

[54] RAPHAELLE, Alliny. *Estudo de público: Centro de Informações do Centro Regional de Ciências Nucleares (CRCN-CO/CNEN)*. Relatório de pesquisa. Abadia de Goiás, 2017.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq e CRCN-CO.

Testes de Estabilidade em Leitora de Dosímetros Termoluminescentes

Letícia Sá Oliveira e Rugles César Barbosa

Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste - CRCN-CO

INTRODUÇÃO

A dosimetria termoluminescente é amplamente aplicada em dosimetria pessoal, ambiental e na área médica (radiodiagnóstico e radioterapia). Para que o valor da dose obtida por dosímetros termoluminescentes (TLDs) seja confiável, é necessário que o equipamento que faz a leitura desses dosímetros esteja funcionando de maneira adequada. A estabilidade do equipamento deve ser checada periodicamente através da análise do ruído na fotomultiplicadora (FTM) e do valor da luz de referência (LR), obtidos em cada ciclo de leitura. A avaliação desses parâmetros garante a consistência dos dados obtidos durante a leitura.

OBJETIVO

Realizar testes de estabilidade em uma leitora TLD, pertencente ao CRCN-CO, para avaliar os parâmetros: ruído na FTM e LR.

METODOLOGIA

Para realizar os testes foram feitas ao todo 35 leituras, sendo 27 no período de agosto de 2017 a janeiro de 2018 e mais 8 leituras no mês de maio de 2018 após serem feitas algumas adequações no laboratório. Utilizou-se 50 pastilhas de TLD₁₀₀, com dimensões de 3,2x 3,2x 0,89mm³, (*Thermo Electron Corporation*), forno para TLDs (PTW-TLDO) um irradiador portátil de Sr⁹⁰/Y⁹⁰ (*Thermo Electron Corporation, modelo 2210*) e leitora TLD (Harshaw 5500).

Antes de cada leitura, os TLDs foram submetidos ao tratamento térmico de 400°C, em seguida, irradiados com fonte de Sr⁹⁰/Y⁹⁰ com

dose de aproximadamente 2 mGy e receberam também tratamento térmico a 100°C após serem irradiados. Durante cada ciclo de leitura foram obtidos 6 valores para o ruído na FTM e 6 valores para a LR. Os valores desses parâmetros foram obtidos antes do início da leitura do primeiro TLD e depois após a leitura de cada 10 TLDs. O intervalo selecionado para o ruído na FTM foi de 0,001 a 2 nC e de 1 a 1500 nC para a LR, no período de agosto de 2017 a janeiro de 2018. Em maio de 2018 o intervalo utilizado para o ruído na FTM foi de 0,001 a 1nC. Para a LR foi mantido o mesmo intervalo.

Após cada ciclo de leitura foi calculada a média e o desvio padrão de cada parâmetro. De acordo com outros autores [1,2], as incertezas tanto do ruído na FTM quanto da LR devem estar dentro de $\pm 10\%$.

RESULTADOS

No primeiro período foram obtidas incertezas de 7,8% (em 05/09/2017) até 102, 4% (em 07/08/2017) para o ruído na FTM (figura 1). Já para a luz de referência as incertezas variaram de 0,1% (em 22/07 e 28/07 de 2017) e 1,0% (em 15/09 e 03/11 de 2017). Para o ruído na FTM, nas datas de leitura em que foram obtidas as maiores incertezas, alguns dos valores de ruído estavam acima do recomendado pelo fabricante (1,2 nC) [3] ou fora do intervalo selecionado para leitura (acima de 2 nC). Como a maioria das margens de erro são bem maiores que a recomendada ($\pm 10\%$), não é possível obter conclusões sobre o valor desse parâmetro [4] e nesses casos a leitura dos TLDs não será confiável. Os resultados, portanto, indicaram a instabilidade

do equipamento, provocada por influência de ruído eletrônico no sinal de leitura. Para a LR (figura 2), as incertezas estão dentro do limite recomendado, apresentando boa estabilidade.

Figura 1 Teste de estabilidade para o ruído na FTM.

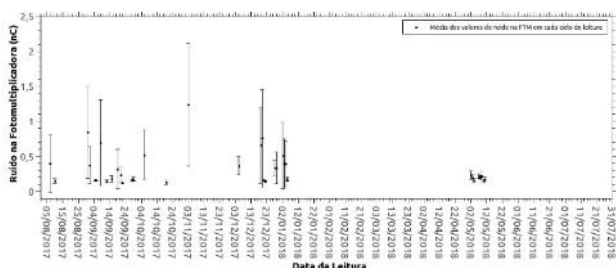
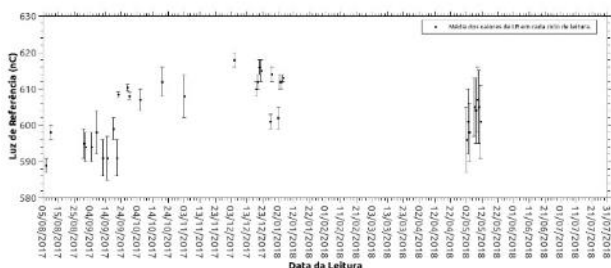


Figura 2 Testes de estabilidade para a LR.



Consultando especialistas da área, foram sugeridas algumas modificações na instalação do equipamento e no laboratório. A leitora TLD até o momento estava conectada a um nobreak semi-senoidal. Nobreaks desse tipo não são capazes de barrar oscilações na rede elétrica, um dos fatores que contribuem para a presença de ruído no sinal da leitora TLD. O dispositivo foi então substituído por um nobreak do tipo senoidal de dupla conversão e de 3kVA. Além disso, o gás anteriormente utilizado (nitrogênio comum) foi substituído pelo nitrogênio ultrapuro. A temperatura no laboratório foi mantida a 22°C, o sistema de leitura (computador e leitora TLD) permaneceu ligado durante todo o período de testes e antes de cada leitura, foi aguardada a estabilização da temperatura do

“cooler” a 9°C. Após as adequações foram realizadas mais 8 leituras no mês de maio de 2018 e foram obtidas para o ruído na FTM (figura 1) incertezas de 14,2% a 26,9% indicando uma redução nas oscilações desses valores. O mesmo foi observado para a LR (figura 2), cujas incertezas variaram de 1,3% a 1,6%.

CONCLUSÕES

Os testes realizados permitiram detectar a instabilidade no equipamento e investigar suas causas. Apesar das margens de incertezas ainda estarem acima do recomendado, foi possível obter uma melhora significativa na estabilidade da leitora TLD. Para melhorar as condições de funcionamento da mesma, mais testes devem ser realizados após a manutenção da rede elétrica e do equipamento. É sugerida também a instalação de desumidificadores para os períodos de maior umidade no ar, fator que também contribui para o aumento de ruído no sinal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

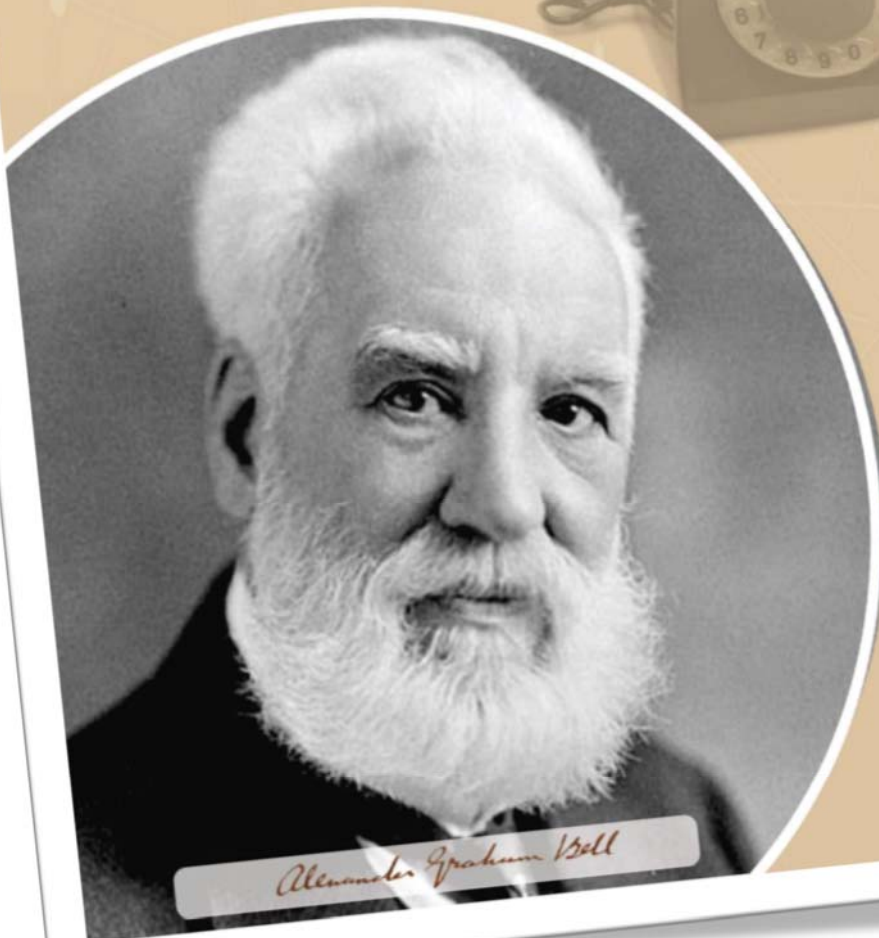
- [55]INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Radiation Oncology Physics: A Handbook for teachers and students*. Vienna, 2005.
- [56]BRAVIM, Amanda. **Avaliação de dosímetros termoluminescentes empregando objetos simuladores equivalentes à água para aplicação na dosimetria de feixes clínicos de elétrons**. 2010. Tese de Doutorado. Master Thesis, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- [57]THERMO FISHER SCIENTIFIC. **HARSHAW TLD™ MODEL 4500 MANUAL READER**.
- [58]TAYLOR, John R. **Introdução à análise de erros: o estudo de incertezas em medições físicas**. Bookman Editora, 2009.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq.

IEN

Instituto de Engenharia Nuclear



Alexander Graham Bell

A invenção que mudou a história da humanidade
(Homenageado de 2018)

ALEXANDER
ALEXANDER
GRAHAM BELL

(1847-1922)

o inventor do telefone

Medição de líquido em um Circuito de Circulação Natural Utilizando uma Técnica Ultrassônica

Amanda Cardozo Barbosa, José Luis Horácio Faccini e Su Jian

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

O estudo da circulação natural é de grande importância na Engenharia Nuclear, visto que para a sua aplicação no projeto de reatores nucleares avançados é requerido um controle durante a refrigeração do núcleo do reator, tanto em operações normais quanto em operações emergenciais. Além disso, circuitos de circulação natural têm sido estudados em diversos trabalhos experimentais como em [1,2] visando a caracterização de diversos parâmetros que nos permita uma maior compreensão desse fenômeno.

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é desenvolver uma metodologia que permita medir o nível de água no tanque de expansão do Circuito de Circulação Natural (CCN) do Laboratório de Termo-Hidráulica Experimental do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) utilizando a técnica ultrassônica de pulso-eco.

METODOLOGIA

A montagem experimental foi realizada em uma bancada de testes, Fig. 1, utilizando um conjunto transdutor de ultrassom – sapata, fixado na base de um tanque similar ao tanque de expansão do CCN.

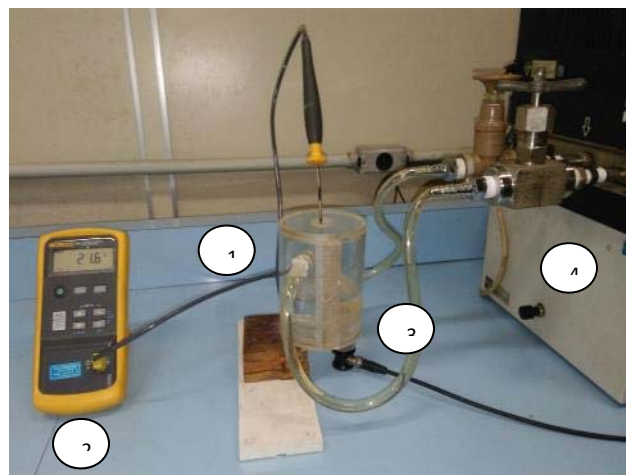


Figura 1: Montagem experimental (1- Tanque; 2- Termômetro digital; 3- Transdutor de ultrassom-sapata; 4- Banho termostático).

A técnica ultrassônica utilizada é por pulso-eco, em que um mesmo transdutor é emissor e receptor de sinal. O conjunto transdutor-sapata é parte de um sistema ultrassônico formado por uma placa geradora de sinais ultrassônicos, transdutores e um computador (PC) com um programa em LabView para controlar o sistema.

O programa é capaz de calcular o tempo de trânsito que os sinais ultrassônicos levam para atravessar a parede da base do tanque, a camada (nível) de líquido e retornar ao transdutor.

Sabendo a velocidade do ultrassom na parede e no líquido é possível calcular a espessura da parede e a altura do líquido.

Para o cálculo da altura de líquido no interior do tanque de acrílico, foi utilizada a expressão dada pela Eq. (1).

A primeira etapa do experimento consistiu na calibração estática da escala de referência do tanque. Foram realizadas 10 (dez) medições de altura de líquido, com 3 (três) repetições, de 10 a 100 mm com intervalos de 10 mm e na temperatura ambiente.

$$L_l = \frac{c_l T_l}{2} \quad (1)$$

Altura do líquido é dada por L_l , c_l é a velocidade do som na água e T_l é o tempo de trânsito de ida e volta adquirido pelo sistema ultrassônico na água.

A segunda etapa consistiu na determinação da velocidade do som, em função da temperatura, a partir das medições do tempo de trânsito na água e para uma altura de líquido fixa. É utilizada a mesma equação isolando o termo c_l . Nesta etapa o tanque de acrílico foi completado com água até a indicação na escala de referência correspondente a 90 mm de altura. Após isso, o banho termostático foi posto em funcionamento, aquecendo a água e mantendo a temperatura controlada.

RESULTADOS

Tabela 1: Velocidade do som em função às temperaturas

Temperatura Média (°C)	Velocidade Média (m/s)
24,1	1513,51
30,0	1518,69
40,1	1544,09
50,2	1562,86
60,0	1573,28
70,0	1576,06
80,2	1586,82
90,1	1582,55

Os valores experimentais da velocidade do som foram ajustados pelo polinômio seguinte, Eq. (2).

Os valores experimentais da velocidade do som foram ajustados pelo polinômio seguinte, Eq. (2).

$$c_l = 1440 + 3,44T^1 - 0,02T^2 \quad (3)$$

Os resultados foram comparados com Wilson et al. [3] e Del Grosso et al. [4], apresentando diferença máxima de 2,65% e 2,59%, respectivamente.

CONCLUSÕES

O presente trabalho foi realizado em uma montagem experimental que simulou o comportamento do tanque de expansão do CCN/IEN. Foram feitas medições de altura de líquido com temperatura variável, utilizando uma metodologia baseada na técnica ultrassônica de pulso-eco.

Foi possível concluir que a metodologia empregada se mostrou adequada para os objetivos do trabalho.

Os resultados obtidos para a velocidade do som na água, em função da temperatura foram satisfatórios levando-se em conta as diferenças percentuais desses resultados em comparação aos resultados da literatura.

A metodologia, também mostrou-se adequada para futura aplicação no tanque de expansão do CCN/IEN, próxima etapa desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [59] A. C. Barbosa, J. L. H. Faccini, S. Jian, "Diagnóstico de Regimes Bifásicos em um Circuito de Circulação Natural através de uma Técnica de Visualização", International Nuclear Atlantic Conference – INAC, Belo Horizonte, 2017.
- [60] J. L. H. Faccini, J. S. Chang, G. D. Harvel, P. A. B. De Sampaio and J. Su, "Measurement of Natural Circulation Two-Phase Flow by Hybrid Doppler Contrapropagating and Pulse Echo Ultrasonic Techniques", ICON17: 17th International Conference on Nuclear Engineering, Bruxelas (Bélgica), July 12-16 (2009).
- [61] W. D. Wilson, "Speed of Sound in Distilled Water as a Function of Temperature and Pressure", The Journal of the Acoustical Society of America, Volume 31, pp. 1067-1072 (1959).
- [62] V. A. Del Grosso, C. W. Mader, "Speed of Sound in Pure Water", The Journal of the Acoustical Society of America, Volume 52, pp. 1442-1446 (1972).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Comparação entre duas técnicas de neutrongrafia no reator de pesquisa Argonauta

André Augusto Vidal Soares e Francisco José de Oliveira Ferreira

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

Uma ferramenta importante para inspeção não destrutiva de materiais é a neutrongrafia. Ela vem sendo usada para testes de inspeção nucleares, industriais, biomédicos, metalúrgicos, arqueológicos e explosivos com o fim de verificar discontinuidades de massa ou variações em suas dimensões.

Em alguns casos, a neutrongrafia é a única maneira para obter uma imagem de qualidade. A figura 1 mostra um gráfico associando os coeficientes de absorção em massa e o número atômico (Z) do material para três tipos diferentes de fontes de obtenção de imagem: raios X, raios γ e nêutrons térmicos.

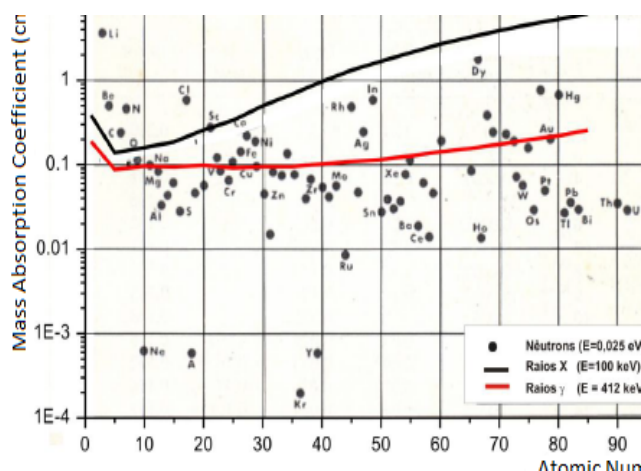


Figura 3: Gráfico de coeficiente de absorção em massa por número atômico (Z) para nêutrons térmicos, raios X e raios Gamma

Como pode-se observar na figura acima, não há relação linear para o coeficiente de absorção quanto aos nêutrons térmicos. Mas pode-se perceber que qualquer material que contém hidrogênio (ou qualquer material acima das linhas preta e vermelha) são mais

indicados a serem inspecionados por neutrongrafia, devido a seu alto coeficiente de absorção.

OBJETIVO

Nesse trabalho, será demonstrado uma comparação, em termos temporais, de duas das mais usadas técnicas de obtenção de imagem através de nêutrons térmicos: método convencional e digital.

METODOLOGIA

1. Convencional

Um método convencional para obtenção de imagem é através do uso de filmes radiográficos. Como os filmes não são sensíveis aos nêutrons térmicos, há a necessidade do uso de um conversor. Os conversores mais comuns são feitos de Gadolínio. Esse elemento possui seção de choque para nêutrons térmicos apropriada, por volta de 46000 barns. A conversão acontece instantaneamente e o processo é chamado de “conversão interna”. O filme radiográfico e o conversor são alocados em um cassette – um chassi completamente selado à luz.

2. Digital

Um novo e alternativo método para obtenção de imagens é através dos filmes de Fósforo, chamado de *Imaging Plate*. Esse filme é misturado com Gadolínio e colocado dentro de

um cassette. Esse método é chamado de Neutronografia Digital.

RESULTADOS

Usando o método convencional, o tempo de exposição é por volta de 60 minutos. Esse tempo decresce para 3 minutos ao utilizarmos o método digital. Após a exposição, o filme convencional deve passar por 4 processos: revelação, fixação, lavagem e secagem. Esses processos demoram entre 20 e 30 minutos. Ao utilizarmos o *Imaging Plate*, a quantidade de processos diminui para 2: revelação e limpeza, que são realizados no novo Laboratório de Neutronografia Digital no IEN, localizado dentro do prédio do reator.

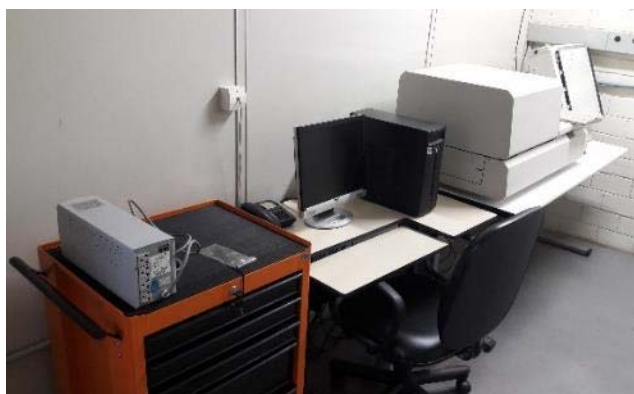


Figura 2: Novo Laboratório de Neutronografia Digital do IEN.

A imagem obtida pelo método digital vai direto para o computador, onde otimizações de qualidade de imagem podem ser realizadas. Esse fato também demonstra uma facilidade de divulgar o resultado, podendo enviar as imagens por e-mail, por exemplo.

Considerando apenas o tempo de registro de uma imagem, a tabela a seguir pode elucidar melhor as diferenças entre as duas técnicas.

Processo	Conl.	Digital
Exposição	60	3
Revelação	10	5
Lavagem/Lim-	10	-
TOTAL	80	8

CONCLUSÕES

Em conclusão, a maior vantagem de usar a técnica digital com *Imaging Plate* é o tempo total para obtenção de uma imagem. Enquanto no método convencional, esse tempo é de, no mínimo, 1 hora e 20 minutos, na neutronografia digital é de, apenas, 30 minutos. Com isso pode-se afirmar que o tempo total de obtenção de uma imagem é reduzido em 10 vezes.

O fato de ser reutilizável, demorar menos tempo para obter a imagem e ter maior facilidade de divulgação de resultados faz com que a neutronografia digital seja a melhor opção de obtenção de imagens neutronográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[63] DOMANUS, J. C. Practical Neutron Radiography, Commission of the European Communities, Kluwer Academic Publishers, ed. 1, 1992.

[64] SOUZA, E. S. Caracterização de um sistema digital de aquisição de imagens radiográficas utilizando nêutrons térmicos e raios gama para a inspeção de componentes mecânicos. Dissertação de M.Sc., PPG-EM/UERJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

[65] FERREIRA, F. J. O. Sistema Eletrônico para aquisição de imagens neutronográficas. Dissertação de M.Sc., PEN-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2003.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Influência das Normas RDC 38/2008 CNEN NN 3.05/2013 na formação de estudantes de graduação em Física Médica

David da Silva de Almeida Filho e Rogério Chaffin Nunes

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem o intuito de representar normas de medicina nuclear de uma forma mais atrativa para os leitores, além disso, visa otimiza-las mediante a questionários respondidos por trabalhadores e estudantes. Para a representação das normas são utilizadas ferramentas gráficas.

OBJETIVO

- Fornecer uma representação alternativa as normas de medicina nuclear RDC Anvisa 38/2008 e CNEN-NN 3.05 fazendo uso de ferramentas gráficas;
- Realizar uma reflexão sobre as mesmas, a partir de questionário respondido por alunos de Física Médica.

METODOLOGIA

Em um primeiro momento foi feita uma pesquisa sobre qual a ferramenta gráfica melhor representaria as normas de medicina nuclear, mapas mentais ou mapas conceituais. Mediante a este estudo, foi definido que os mapas mentais eram mais adequados.

Com intuito de fazer uma representação das normas de medicina nuclear em mapas mentais foram utilizados os softwares MindMaster da Edraw e o SimpleMind.

RESULTADOS

Foram obtidos 18 mapas mentais referentes a norma RDC Anvisa 38/2008.

Cada mapa representa os capítulos da mesma, sendo alguns, pela extensão do capítulo em questão, representando o mesmo capítulo. Na figura abaixo vemos um desses mapas.

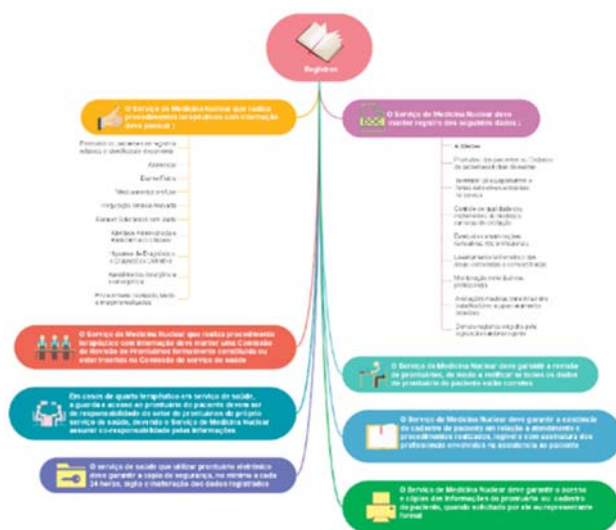


Figura 4: Exemplo de Mapas Mental RDC 38/2008 construído para o item Registros.

CONCLUSÕES

Os mapas mentais para a norma RDC Anvisa 38/2008 foram concluídos, resta agora,

concluir os mapas mentais referentes a norma da CNEN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[66]Buzan, Tony, The Ultimate Books of Mind Maps, 2005.

[67]Novak, Joseph, Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations,1998.

[68] Artigo disponível em: https://www.researchgate.net/publication/252642478_The_Theory_Underlying_Concept_Maps_and_How_to_Construct_Them

[69]Software disponível em: <https://simple-mind.eu/download/free-edition/>

[70]Software disponível em: <https://www.edrawsoft.com/download-mind-master.php>

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ

Estudos para Desenvolvimento de Protótipo de um Sistema Portátil para Diagnósticos da Glândula Tireoide com Abordagem Centrada no Usuário e na Atividade

Igor Felipe Pedrosa e Alfredo Marques Vianna Filho

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

Um importante conceito do projeto centrado nos usuários é que a usabilidade só pode ser assegurada se os usuários são ativamente incorporados no ciclo de vida do equipamento, desde a fase do projeto conceitual até a fase de utilização pelo cliente. Grupos representativos dos usuários participam dos vários estágios de desenvolvimento, através de simulações, avaliações e entrevistas. As informações obtidas em cada fase do projeto são usadas no aprimoramento do projeto, servindo como entradas para as próximas etapas do ciclo de vida do equipamento. Usabilidade é definida como a capacidade que um sistema interativo oferece para seu usuário, em um determinado contexto de operação, para a realização de tarefas de maneira eficaz e agradável [1]. O desenvolvimento de sistemas com uma boa usabilidade irá impactar a tarefa no sentido de segurança e produtividade da interação [2]. O usuário irá atingir plenamente seus objetivos com menos esforço e mais satisfação. Uma interface usuário-sistema pode ser definida como parte de um sistema com o qual o usuário realiza contato através do plano físico, percepção e cognitivo. Ela é formada por apresentações de informações, de dados, de controles e de comandos em telas de computadores [3]. Uma interface define as estratégias para a realização da tarefa, conduz, orienta, recebe, alerta, ajuda e responde ao usuário durante as interações. Uma interface apresenta implicação significativa para a segurança operacional de

um equipamento, pois influencia na atividade dos usuários, afeta o modo como os usuários recebem informações relacionadas com o status dos principais sistemas e determina os requisitos necessários para que os usuários entendam e supervisionem os principais parâmetros. Para que o diálogo homem sistema seja simples e seja estabelecido um ritmo aceitável, harmonioso de interação, os fatores humanos e ergonômicos devem ser alocados durante todas as fases do projeto [4].

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de protótipo para sistema portátil de diagnóstico da função da tireoide, com ênfase nos aspectos mecânicos e usabilidade do sistema, relacionados ao braço que sustenta a sonda e sua articulação, bem como na interface gráfica do sistema.

METODOLOGIA

A seguinte metodologia foi utilizada com o intuito de garantir o envolvimento dos usuários durante todo o ciclo de vida do sistema e para validar a alocação dos requisitos ergonômicos em todas as fases do projeto.

- Pesquisa de normas e guidelines de fatores humanos e ergonomia.
- Revisão da experiência operacional dos futuros usuários em sistemas similares.
- Análise da atividade dos usuários em sistemas similares.

- Ensaios de usabilidade.

RESULTADOS

Foram elaborados desenhos com o uso da ferramenta Solid Works [5], baseados em informações já coletadas sobre as características de portabilidade de interesse dos usuários do Hospital do Fundão, no Rio de Janeiro. Neste hospital, já é utilizada uma versão anterior do Sistema de Captação da Tireoide, que também foi desenvolvida no IEN, com portabilidade limitada (figura 1).



Figura 1. Versão anterior do sistema.

Os primeiros desenhos irão servir de base para a construção do protótipo do braço articulado para o sistema, em impressora 3D com plástico PLA, o qual será utilizado para testes de usabilidade junto aos usuários.

Estes desenhos feitos na ferramenta Solid Works já apresentam dados sobre o material final a ser usado, composto de aço e chumbo devido à blindagem necessária para a sonda detectora. Isto é importante, já que como a sonda será usada perto do paciente no leito, a relação de peso entre o braço e a base deve ser tal que sustente a sonda com segurança. A figura 2 mostra o uso desta sonda no leito.

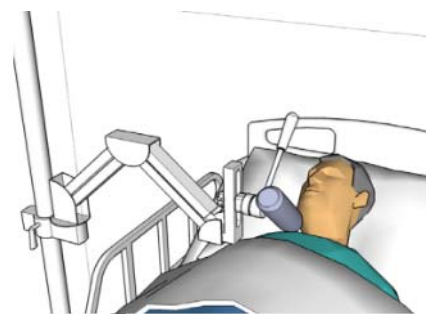


Figura 2. Uso da sonda no leito

CONCLUSÕES

O projeto até aqui estabeleceu os desenhos mecânicos que irão direcionar as pesquisas junto aos usuários da área médica, visando a alocação dos fatores humanos e ergonômicos no ciclo de vida do sistema. Com a conclusão da montagem do protótipo em PLA e os testes com os usuários, novas requisições deverão surgir para a conclusão do projeto do braço mecânico articulado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] International Standard ISO 9241. Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals, 1999.
- [2] Santos, I. J. A., Carvalho, P.V., Grecco, C. H., Victor, M., Mol, A. C. A Methodology for Evaluation and Licensing of Nuclear Power Plant Control Rooms. International Nuclear Atlantic Conference, INAC, Santos, SP, Brasil, 2005.
- [3] ISO 11064, International Organization for Standardization. Design of Control Centers, 2000.
- [4] Vicent, K. and Burns, C. Cognitive Functioning of Control Room Operators. University of Toronto, 1996.
- [5] Fred Fulkerson. Solidworks Basics: A Project Based Approach. Industrial Press, Inc., New York, USA, 2015.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem ao suporte propiciado pelo CNPQ e pela CNEN.

Avaliação da interferência de matriz na medida da seção de choque de aminoácidos por nêutrons

Isabel Tavares Collaça e Dante Luiz Voi

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

Medidas consideradas inéditas de seções de choques totais para nêutrons de compostos químicos de estrutura molecular complexa foram obtidas por meio das técnicas de difração e transmissão de nêutrons, utilizando o espectrômetro de cristal do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), disponível nas instalações do Reator Argonauta. A associação entre as medidas realizadas com esse sistema e o método do agrupamento e parcelamento permite a obtenção, de forma prática, de informações sobre a composição de moléculas complexas, de moléculas pequenas e de grupos moleculares.

OBJETIVO

Este projeto tem como objetivo realizar a medida de seção de choque de todos os componentes da solução de aminoácidos e avaliar a qualidade de solução de aminoácidos ministrada em pacientes com necessidade de alimentação artificial, por meio dessas medidas.

METODOLOGIA

Para melhor interação com as técnicas empregadas, foi necessário o estudo de artigos científicos sobre seção de choque e também assisti a algumas aulas ministradas no SE-REA (IEN).

Preparação de solução seca de aminoácidos nas quantidades apresentadas na composição da solução, usando técnicas de mistura

e de pesagem analítica e aplicação do método do agrupamento e parcelamento nos valores obtidos de seção de choque calculada de um composto, para comparação com o valor de seção de choque obtido experimentalmente, após a interpretação dos agrupamentos funcionais presentes nos aminoácidos.

RESULTADOS

Revisão bibliográfica: estudo de artigos científicos sobre seção de choque por nêutrons; valores da medida de seção de choque de grupos moleculares pelo método de equivalência e similaridade (E&S); elaboração do artigo "Analysis of amino acids and the construction of a neutron database using neutron spectrometry in the argonauta reactor", publicado no Progress Report 2018 – IEN; valores de seções de choque do Ouro e de aminoácidos utilizando o Reator Argonauta.

CONCLUSÕES

Considero que as atividades desenvolvidas no IEN contribuíram significativamente na minha carreira acadêmica e no meu aprimoramento profissional. Os estudos das referências bibliográficas contribuíram para o conhecimento da técnica de seção de choque. Considero que os métodos e atividades do projeto estão caminhando bem e espero concluí-los da melhor forma possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[71]D. L.Voi, H. F. Rocha, F. J. O. Ferreira, R. C. Nunes, L. Carvalheira, I. T. Collaça, "Analysis of amino acids and the construction of a neutron database using neutron spectrometry in the Argonauta reactor", Instituto de Engenharia Nuclear: Progress Report, v. 3, p.10, 2018.

[72]D. L.Voi, F. J. O. Ferreira, H. F. Rocha, R. C. Nunes, L. Carvalheira, "Analytical Methods for Analysis of Neutron Cross-sections of Amino Acids and Proteins", INAC 2017, Belo Horizonte, MG, 2017.

[73]D. L.Voi, "Detecção de Nêutrons & Determinação de Seções de Choque para Nêutrons".

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa de Bolsas de Iniciação Científica - PROBIC

Visão Computacional Aplicada a Segurança na Área Nuclear

Julia O. Melhorim, Eduardo M. Dias Filho e Carlos Alexandre F. Jorge

Instituto de Engenharia Nuclear – IEN

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é otimizar um sistema computacional para rastreamento de pessoas em vídeo, para monitoração das doses de radiação recebidas por trabalhadores em plantas nucleares.

OBJETIVO

Este trabalho tem por finalidade o aperfeiçoamento de um sistema para detecção e rastreamento de pessoas em vídeo para monitoração das doses de radiação recebidas por trabalhadores em plantas nucleares, com ênfase no tratamento de dados e na apresentação visual dos resultados obtidos. Para tanto, foram desenvolvidas funções de suavização do movimento, padronização do tamanho das imagens dos quadros e, também, renderizados vídeos após esse pós-processamento.

METODOLOGIA

Em um primeiro momento, foi projetada uma função para a plotagem dos *bounding boxes* (após o chaveamento das câmeras) em um único vídeo, uma vez que o programa somente gerava vídeos independentes para cada câmera. Como esse vídeo final foi feito em relação à visão da câmera direita, foi necessário fazer a conversão dos pontos captados pela câmera esquerda: da câmera esquerda para as coordenadas do mundo, e do mundo para a câmera direita. Para isso, padronizou-se o tamanho dos quadros, visto que as filmagens foram realizadas com resoluções distintas. Sendo assim, as imagens foram cortadas e, conseqüentemente, teve-

se que recalculas as matrizes de homografia e projeção de cada filmagem.

De posse desse vídeo observou-se que ainda existiam eventuais oscilações bruscas das posições calculadas pelo programa (devido a perdas de detecção). Sendo assim, foi desenvolvida uma função que mitigasse tais oscilações. Primeiramente, as posições corretas foram estimadas e interpoladas nos trechos e que houve perdas, a fim de gerar trajetórias mais fiéis à realidade, uma vez que o programa (devido a pontos cegos) perdia a detecção de alguma identidade e repetia a última detecção até encontrar uma nova.

Diante dos resultados encontrados, observou-se ainda a necessidade de eliminar *outliers*, que seriam deslocamentos inviáveis em curtos intervalos de tempo. Sendo assim, criou-se uma função que identificava e retirava esses pontos com a condição de que fossem superiores a três vezes o desvio padrão das distâncias das posições entre quadros.

Por fim, para uma melhor apresentação dos dados, criaram-se dois métodos visuais, resultando em duas opções de vídeos de saída de resultados: um vídeo da vista superior da sala que plota a posição calculada pelo programa concomitante à posição correta, *ground truth* (GT); e outro vídeo em relação à câmera direita que plota as posições GT e calculada, com rastro das últimas posições calculadas.

RESULTADOS

Na Fig. 1, está representado o resultado do processamento após o vídeo final. Nota-se

que há uma perda de detecção, com isso o *bounding box* ficou estático enquanto um trabalhador permanecia em movimento. Na Fig. 2, de um quadro para outro há um salto do *bounding box*.



Fig. 1. Vídeo final (quadros 1101 e 1110).



Fig. 2. Vídeo final (quadros 1373 e 1374).

A Fig. 3 mostra que a perda de detecção da Fig. 1 foi corrigida com a função interpolação das posições estimadas corretas. A Fig. 4 mostra a correção das variações bruscas entre quadros, através da função que elimina *outliers*. A Fig. 5 mostra um vídeo com os rastros.

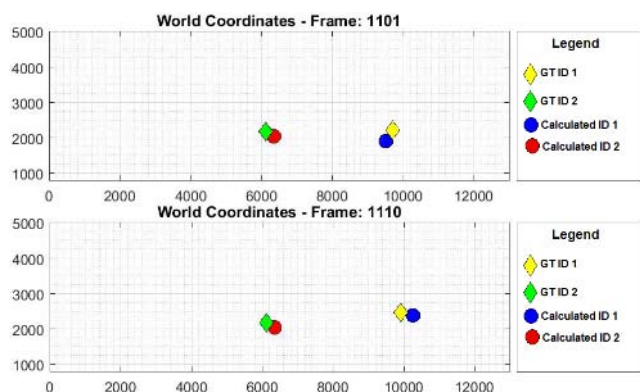


Fig. 3. Vídeo Vista Superior (quadros 1101 e 1110).

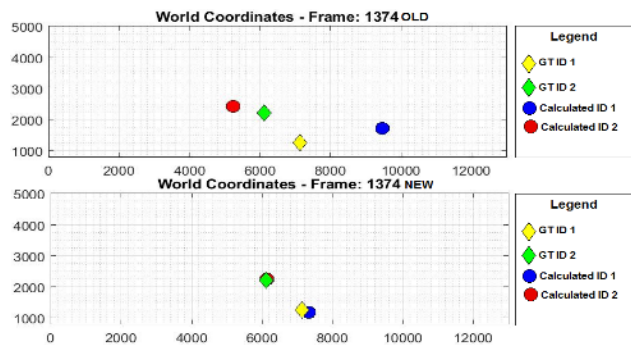


Fig. 4. Vídeo Vista Superior: quadro 1374 (antes e depois do tratamento de dados, respectivamente).



Fig. 5. Vídeo Rastro.

CONCLUSÃO

A partir das mudanças no pós-processamento do programa conseguiu-se resultados mais verossímeis, uma vez que foram eliminados *outliers* e perdas de detecção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[74] Jorge, C.A.F., *et al.*, "Assessment of radiation dose received by nuclear plant personnel through a video-based surveillance system", *Progress in Nuclear Energy*, v. 103, pp. 51-59, Mar/2018.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq.

Estudo do filme em queda ao redor de bolhas de Taylor em ascensão em colunas verticais com líquido estagnado

Julianne Rodrigues Coelho Moreira, Marcos Bertrand de Azevedo e Jian Su
Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

O estudo do escoamento multifásico e seus parâmetros possui uma grande importância em muitas áreas da engenharia, tais como Nuclear, Aeroespacial e Química. Um dos padrões que são encontrados em aplicações industriais é o escoamento tipo “slug”. O escoamento tipo “slug” é caracterizado por uma sequência de bolhas de Taylor separadas por pistões de líquido.

OBJETIVO

Esse trabalho tem como foco o estudo dos filmes líquidos plenamente desenvolvidos que caem ao redor de bolhas de Taylor em ascensão em colunas verticais de líquido estagnado. Os parâmetros estudados foram as espessuras médias, as dispersões em relação a essas médias, bem como as espessuras mínimas e máximas nas regiões de equilíbrio dos filmes. A partir desses parâmetros, espera-se obter informações a respeito das ondulações na interface gás-líquido da bolha [1]. Além disso, mediu-se as velocidades de ascensão das bolhas U_b .

METODOLOGIA

O aparato experimental usado foi uma coluna que consistiu em um tubo de acrílico com diâmetro interno D de 0,024 m e comprimento de 2 m parcialmente cheio com o líquido de trabalho, deixando apenas um bolsão de ar de comprimento preestabelecido. Foram posicionados dois transdutores ultrassônicos à 0,75 e 0,80 m do topo da coluna, respectivamente. As bolhas estudadas foram geradas, girando-se o tubo em 180° e estabilizando a coluna na posição vertical.

Os líquidos de trabalho foram água destilada, glicerina e misturas água/glicerina a fim de permitir a avaliação da influência das propriedades do líquido nos parâmetros medidos do filme. Maiores detalhes sobre os procedimentos experimentais podem ser obtidos em [2].

Os parâmetros do filme foram determinados a partir do processamento dos sinais ultrassônicos, com o auxílio de programas desenvolvidos com a linguagem MatLab no Laboratório de Termo-Hidráulica Experimental do Instituto de Engenharia Nuclear (LTE/IEN).

RESULTADOS

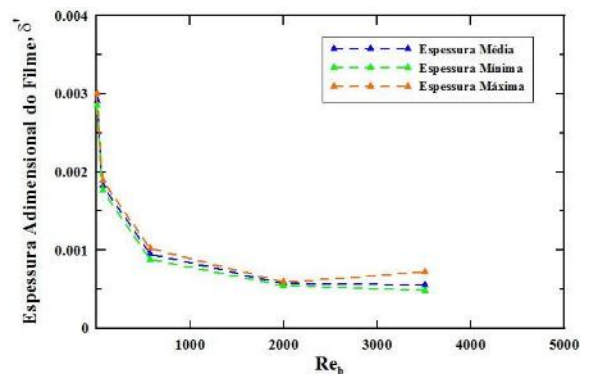


Figura 5 - Espessuras Adimensionais vs Re_b .

A Fig. 1 apresenta a relação entre as espessuras adimensionais ($\delta' = \delta/R$) mínimas, máximas e médias das bolhas de Taylor geradas em relação ao número de Reynolds da bolha ($Re_b = \rho U_b D / \mu$), onde R é o raio interno do tubo, ρ é a densidade do líquido e μ a sua viscosidade dinâmica. Já a Fig. 2, mostra a razão entre a dispersão e a espessura média em relação ao Re_b .

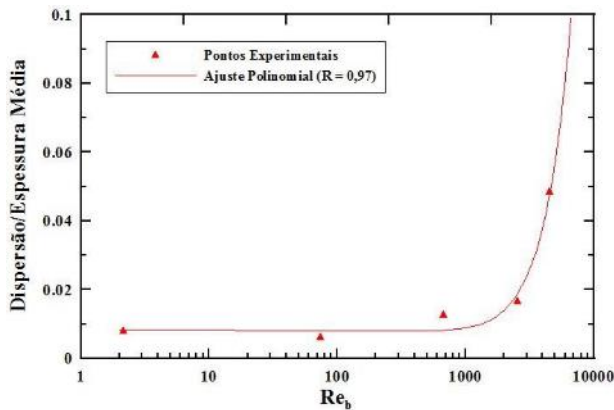


Figura 6 - Dispersão por espessura média vs Re_b .

CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que, com o aumento da viscosidade do líquido de trabalho, as velocidades das bolhas diminuíram. Além disso, os resultados obtidos se mostraram em concordância com uma correlação universal para estimar a velocidade de ascensão de bolhas de Taylor em diferentes condições [3].

Verificou-se, também, que a relação Dispersão/Espessura Média se manteve estável até um valor de Re_b da ordem de 1000. Para $Re_b > 1000$, foi observado um súbito aumento de tal relação, o que seria um indício de um forte aumento na ondulação da interface gás-líquido da bolha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[75] T.D. Karapantsios, S.V. Paras and A.J. Karabelas (1989). Statistical characteristics of free falling films at high Reynolds numbers. *International Journal of Multiphase Flow*, 15, pp 1-21.

[76] M. B. de Azevedo, D. dos Santos, J. L.H. Faccini, J. Su (2017). Experimental study of the falling film of liquid around a Taylor bubble. *International Journal of Multiphase Flow*, 88, pp 133-141.

[77] F. Viana, R. Pardo, R. Yáñez, J. L. Tralero and D. D. Joseph (2003). Universal correlation for the rise velocity of long gas bubbles in round pipes. *Journal of Fluid Mechanics*, 494, pp 379-398.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem ao CNPq, FINEP, FAPERJ e IEN/CNEN pelo apoio financeiro.

Uso da Realidade Virtual na Criação de um Jogo Virtual Interativo para conscientização da população sobre o que vem a ser um Repositório de Rejeitos Radioativo

Julio Andrade dos Santos e Antônio Carlos de Abreu Mól

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

Um dos Projetos prioritários da CNEN é o “Projeto RBMN” (Repositório para Rejeitos radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação) que está relacionado com o descarte dos rejeitos radioativos produzidos no Brasil. O Projeto RBMN é parte da solução para o descarte de rejeitos radioativos produzidos pelas atividades de energia nuclear no país. Outro ponto importante é divulgar de forma clara para o público em geral o seu modo de operação e os critérios de segurança envolvido. Também é de igual importância criar ferramentas que possam auxiliar no planejamento prévio das atividades a serem realizadas nas áreas sujeitas à radiação, estimando possíveis doses recebidas pelos operadores, para que os limites de segurança radioativa sejam respeitados. Uma das formas possíveis de realizar essas tarefas é por meio do uso de realidade virtual [1].

Neste contexto, este plano de trabalho tem como objetivo utilizar a tecnologia de realidade virtual para ensinar, informar e conscientizar à população de forma lúdica e prazerosa a respeito do repositório de rejeitos radioativos.

OBJETIVO

Esta proposta, de característica multidisciplinar, busca utilizar tecnologias de Realidade Virtual para informar e conscientizar à população a respeito da energia nuclear, seus benefícios e riscos, além dos aspectos ligados

a segurança das instalações e da população do entorno das unidades nucleares. Para este fim é proposto a criação de um Jogo computacional 3D, jogo educativo interativo, para conscientização da população sobre o que vem a ser um Repositório de Rejeitos Radioativo.

OBJETIVO

Para a criação do jogo interativo foi necessário desenvolver um ambiente virtual, utilizando os modelos de edifícios do repositório. O núcleo do jogo Unity 3D foi utilizado para realizar a modelagem do terreno do repositório. Usando as medidas e proporções das imagens topográficas da instalação nuclear, o terreno do Unity 3D foi dimensionado. Após o desenvolvimento do terreno, foram adicionados os objetos e edifícios existentes no ambiente real. Por fim, para possibilitar a interação com o cenário desenvolvido, foram inseridos avatares, personagens virtuais, controlados pelo usuário do aplicativo.

RESULTADOS

O método aplicado na construção do ambiente virtual permitiu a criação de todos os itens desejados e gerou como resultado um ambiente virtual que representa o repositório de rejeitos radioativos, possibilitando ao usuário percorrer a instalação virtual.

A figura 1 ilustra o funcionamento de uma das edificações.



Figura 1. Edificação do repositório

A figura 2 mostra o repositório funcionando em rede, ou seja, com mais de um usuário conectado no sistema. O usuário pode visualizar, interagir e simular alguns procedimentos operacionais realizados.



Figura 2. Repositório virtual com múltiplos usuários conectados

uma animação da principal atividade de uma das instalações e interagir com elementos do cenário. Este tipo de ferramenta pode extrapolar o limites dos profissionais nucleares e contribuir para uma melhor compreensão do setor pela população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Mol, A.C.A., HENRIQUE, M, COTELLI, A., Legey, A.P, Using virtual reality to support the physical security of nuclear facilities. Progress in Nuclear Energy, v.78, p.19 - 24, 2015.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, FAPERJ

CONCLUSÕES

Pela análise dos resultados é possível perceber que foi desenvolvido um ambiente virtual que permite ao usuário percorrer no repositório de rejeitos radioativos, observar

Criação de Jogo Interativo para Auxiliar na Assimilação de Protocolos de Segurança em Instalações Nucleares

Karen Salazar Ribeiro de Mattos e Márcio Henrique da Silva

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia, os computadores estão cada vez mais presentes em nossas vidas e desempenham um papel fundamental em muitas de nossas tarefas cotidianas.

As interfaces tangíveis introduzem novas formas de interação que podem ser mais naturais para os seres humanos e podem ser aplicadas em vários campos, incluindo sítios nucleares. Indo ao encontro de tais necessidades, a utilização da realidade virtual tem se mostrado importante na construção de interfaces em ambientes virtuais tridimensionais [1].

Neste contexto, é proposto neste projeto o estudo de técnicas de Realidade Virtual para ajudar na criação de jogos interativos, auxiliando na assimilação de protocolos de segurança em instalações nucleares.

OBJETIVO

O projeto tem como objetivo desenvolver uma ferramenta específica para a área nuclear, empregando técnicas de Realidade Virtual e Interfaces tangíveis.

Esta ferramenta permite a melhoria das instalações nucleares virtuais, a fim de proporcionar um ambiente mais realista e imersivo

para treinamento ou simulação de tais instalações. Utilizando a ferramenta Leap Motion (sensor de movimentos), o usuário, no ambiente virtual, poderá executar procedimentos/protocolos de segurança de instalações nucleares.

OBJETIVO

As ferramentas exploradas por este trabalho são o Unity 3D, uma plataforma para desenvolvimento de jogos e ambientes virtuais, o capacete de realidade virtual Oculus Rift e o sensor de movimento Leap Motion.

O Unity 3D é uma plataforma flexível e eficiente para o desenvolvimento de jogos e experiências interativas, dando suporte para diversos equipamentos.

Oculus Rift é um equipamento de realidade virtual para jogos eletrônicos. Usando este capacete para exibição, foi possível reproduzir um ambiente virtual estereoscópico com um grau maior de realismo.

O Leap Motion é um pequeno dispositivo composto por um sensor capaz de capturar movimentos dos dez dedos do usuário. O sensor foi adicionado ao ambiente virtual para mover o avatar no cenário usando apenas as mãos do usuário, em vez das formas tradicionais, como: o mouse e o teclado.

RESULTADOS

As figuras abaixo mostram o ambiente virtual desenvolvido. Também é possível visualizar na imagem como o Oculus Rift foi usado para dar mais realismo e uma visão estereoscópica ao cenário virtual (figura 1). Finalmente, o Leap Motion que foi responsável por mover o avatar.



Figura 1. Visão do jogador no mundo virtual

Colocando as mãos na frente do sensor, estas são detectadas, causando o movimento do personagem virtual. Quando o usuário executa uma pequena rotação na mão, o avatar também é girado em torno do eixo, no ambiente virtual (figura 2).



Figura 2. Locomoção do personagem utilizando o sensor de movimento

Este trabalho mostrou a possibilidade do uso da realidade virtual para criação de um jogo interativo para o treinamento de protocolos e procedimentos em instalações nucleares. Com o Oculus Rift e o Leap Motion essa interação entre o real e o virtual ocorreu de forma mais intensa, obtendo um grau de realismo em 360°.

Espera-se que o simulador ajude a elaborar, testar e aprimorar formas de manter a integridade física das instalações e possa proporcionar ao usuário final uma melhor sensação de imersão e atratividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] MOL, A.C.A., et al. Virtual reality for emergency preparedness: simulating evacuation from buildings. Instituto de Engenharia Nuclear: Progress report, 1, p. 120-120, 2013c.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, FAPERJ

CONCLUSÕES

Jogo educativo digital para computação móvel (smartphones e tablets), sobre o funcionamento de uma Usina Nuclear

Lucas Henriques Hecth Ferreira e Ana Paula Legey de Siqueira

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

Com o crescimento e expansão das usinas nucleares brasileiras, é importante frisar os benefícios e a segurança desse tipo de energia. Dentre estes benefícios podem-se destacar: a geração de energia elétrica, a inspeção e ensaios não destrutivos de diversos tipos de materiais nas indústrias, a datação de fósseis e a medicina nuclear.

Entretanto, mesmo com todos esses benefícios, a população, por desconhecimento, não associa os mesmos como fruto da energia nuclear. Portanto, é necessário o aumento da carga de informações que as pessoas possuem disponíveis e facilitar o acesso a estas, clarificando o que de fato é a energia nuclear, tal como todos os seus processos e tarefas.

Ainda com este fim, os jogos digitais podem ser uma alternativa de orientação à população, já que se vive em um mundo cada vez mais conectado, onde estes softwares são muito bem-aceitos pela população. Como exemplo, jogos computacionais, criados a partir de técnicas de Realidade Virtual (RV). A RV é um termo usado para descrever um conjunto de técnicas e métodos dedicados a interfaces avançadas, capaz de permitir a integração sensorial entre usuários e máquinas, gerando uma maior sensação de imersão no mundo virtual, permitindo assim, que se explore e interaja em um mundo virtual [1].

Neste contexto, este plano de trabalho tem como objetivo utilizar a tecnologia de realidade virtual para ensinar, informar e conscientizar à população de forma lúdica e

prazerosa a respeito dos benefícios da energia nuclear.

OBJETIVO

Este projeto tem como objetivo utilizar a realidade virtual para auxiliar no desenvolvimento de um jogo educativo digital para computação móvel (smartphones e tablets), onde será ensinado como é o funcionamento de uma Usina Nuclear

O jogo educativo foi desenvolvido utilizando os programas: SketchUp Make e Unity 3D. O primeiro foi responsável por modelar todo o cenário apresentado no jogo, como as edificações e seus objetos. O núcleo de jogo Unity 3D foi utilizado para a criação do ambiente virtual, possibilitando todas as ações, movimentos, controles e interação do personagem com a cena (figura 1).



Figura 1. Movimentação do personagem no jogo educativo

RESULTADOS

O jogo educativo, mostrado na figura 2, pode ser executado em qualquer celular ou tablet com o sistema operacional Android, cujo sistema é o mais utilizado do mundo. Com a

utilização das ferramentas de otimização e design do Unity 3D, o jogo é executado sem problemas na maioria dos dispositivos.



Figura 2. O jogo digital executado em um tablet

CONCLUSÕES

Este projeto representa uma opção estratégica para divulgar informações importantes sobre a energia nuclear e suas aplicações para o público. O jogo digital se mostrou como uma ótima ferramenta de divulgação sobre as usinas nucleares, seus protocolos e procedimentos.

Espera-se que o jogo educativo seja utilizado pela população e incorporado nas escolas para que assim crianças e jovens possam aprender de forma mais lúdica e divertida, o funcionamento de uma usina nuclear.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CHELLES D. ; LEGEY, A.P. ; MARINS E.R. ; MOL, A.C.A. ; SANTOS-OLIVEIRA R . Nuclear Pharmacy And Virtual Reality: Coupling Technology In Supporting Of Learning Simulated Interface For Education In Brazil. Acta Farmacéutica Bonaerense, v. 31, p. 782-784, 2012.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, FAPERJ

Análise do comportamento da migração do neptúnio em meio fraturado em quatro tipos de matrizes rochosas

Ludimila Silva Salles de Sá e Zelmo Rodrigues de Lima

Instituto de Engenharia Nuclear – IEN

INTRODUÇÃO

Uma das preocupações que envolvem o gerenciamento dos rejeitos de longa vida e alta atividade é o seu isolamento do meio ambiente, sendo os locais de disposição desses rejeitos escolhidos de modo a garantir segurança por muitos milhares de anos.

A tendência atual consiste em dispor os rejeitos radioativos em repositórios definitivos de profundidade, geologicamente estáveis e de baixa permeabilidade. Nesse contexto, tem-se uma grande relevância o enfoque dado à questão do processo de movimentação da água subterrânea, pois o mecanismo pelo qual os radionuclídeos em um repositório com fraturas poderiam retornar à superfície seria justamente através do sistema de circulação das águas subterrâneas.

Um problema comum encontrado é a modelagem da migração dos radionuclídeos em um meio fraturado. Neste trabalho, o sistema físico adotado consiste na rocha matriz contendo uma fratura discreta em um meio poroso saturado de água. As equações diferenciais parciais que descrevem o movimento dos radionuclídeos foram discretizadas por diferenças finitas.

OBJETIVO

O objetivo deste estudo é avaliar o comportamento da migração de radionuclídeos em diversos tipos de matrizes rochosas, considerando as seguintes propriedades: densidade volumétrica, porosidade, coeficiente de distribuição e o coeficiente de difusão molecular.

METODOLOGIA

O sistema físico foi idealizado como mostra a figura 1. Considerou-se que a rocha contém uma fratura plana, com largura $2b$. A rocha matriz foi simplificada como sendo um ambiente poroso plenamente saturado, de porosidade θ . A velocidade da água foi assumida constante com o tempo, espacialmente uniforme dentro da fratura e zero dentro dos poros da rocha matriz.

Da teoria do balanço de massa e das considerações feitas para o problema, a equação diferencial parcial que descreve o movimento dos radionuclídeos no poro (rocha matriz) é dada por [1]:

$$R_p \frac{\partial C_p(z, y, t)}{\partial t} - D_p \frac{\partial^2 C_p(z, y, t)}{\partial y^2} + R_p \lambda C_p(z, y, t) = 0, \quad (1)$$

para $|y| \geq b, z > 0$ e $t > 0$,

onde:

$R_p \rightarrow$ coeficiente de retardo na rocha definido como:

$$R_p = 1 + \frac{1 - \theta}{\theta} \rho_p K_p$$

$K_p \rightarrow$ coeficiente de distribuição na rocha, (m^3 / Kg);

$D_p \rightarrow$ coeficiente de difusão no poro (m^2 / ano);

$\rho_p \rightarrow$ densidade da rocha, (Kg/m^3).

A equação 1 foi resolvida numericamente através do método de diferenças finitas.

A equação 1 foi resolvida numericamente através do método de diferenças finitas.

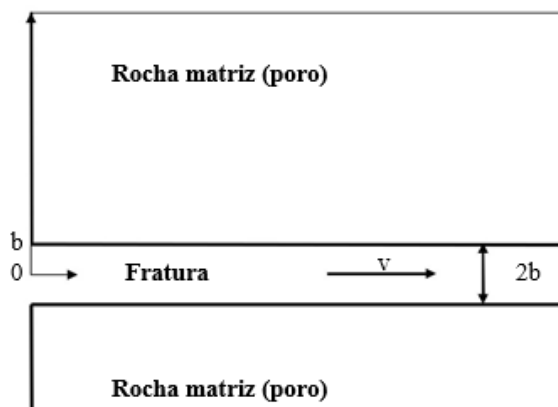


Fig. 1 - Geometria do modelo com uma fratura singular, plana e de comprimento infinito.

Essa metodologia foi implementada em [1], onde está descrita em maiores detalhes.

RESULTADOS

Foram considerados quatro casos de rocha matriz: granito, basalto, riolito e tufo vulcânico. O radionuclídeo considerado foi o Np^{237} , um dos actínídeos mais importantes no rejeito nuclear, devido à sua meia-vida longa ($T_{1/2} = 2,14 \times 10^6 \text{ anos}$) e seu alto fator de dose. Dados da tabela 1 podem ser encontrados nas referências [1-4] Na figura 2 é apresentado o comportamento das concentrações do Np^{237} em função da distância a partir do meio da fratura para as diferentes rochas matriz após mil anos.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o basalto possui uma distância a partir do meio da fratura menor do que em relação às outras rochas. Esse resultado já poderia ser esperado, pois o basalto apresenta o menor coeficiente de difusão e o maior coeficiente de retardo, dentre as quatro rochas.

Tabela 1

Rocha	θ	D_p	R_p	ρ_p
Granito	0,01	0,01	1,0	$2,7 \times 10^3$
Riolito	0,05	$5,68 \times 10^{-3}$	18	$2,4 \times 10^3$
Basalto	0,059	$8,84 \times 10^{-6}$	442	$2,8 \times 10^3$
Tufo	0,10	$2,99 \times 10^{-3}$	206	$2,3 \times 10^3$

$b = 0,0005 \text{ m}; v = 1 \text{ m/ano}$

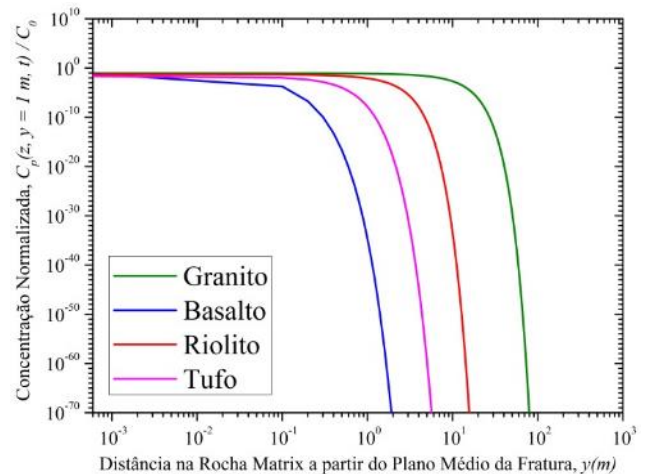


Fig. 2 – Concentração do Np^{237} em função da distância do meio da fratura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cláudia C. Silveira. Migração de Radionuclídeos: Estudo Numérico da Convecção-Difusão na Fratura e Difusão na Rocha Matriz e Solução Numérica para o modelo de Dissolução de Solubilidade Limita, Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, 2008.
- [2] Tetsuro Hirono, Satoru Nakashima, Christopher J. Spiers. Measurements of ionic diffusivity in various rock samples: Low diffusivity through nanoscale pores. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 45 (2008) 450–459.
- [3] I.G. McKinley and A. Scholtis. A comparison of radionuclide sorption databases used in recent performance assessments. *Journal of Contaminant Hydrology*, 13 (1993) 347–363.
- [4] Yoshito Nakashima. The use of X-ray CT to measure diffusion coefficients of heavy ions in water-saturated porous media. *Engineering Geology* 56 (2000) 11–17.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq e da CNEN.

Utilização de albumina humana em nanopartículas de sílica mesoporosa para evitar o Sistema Mononuclear Fagocítico: Estratégias de Camuflagem de Nanopartículas

Luis Filipe Cavalcanti Santos e Ralph Santos-Oliveira

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

As nanopartículas já são conhecidas na literatura pela capacidade de transpor limitações farmacocinéticas que encontra-se em medicamentos convencionais, alcançando um maior tempo de meia vida e maior eficácia na entrega do medicamento ao alvo farmacológico [1] e, minimizando efeitos adversos. Um dos maiores desafios no uso das nanopartículas é sua captação pelo Sistema Mononuclear Fagocítico (SMF) [2].

Diversos grupos vem trabalhando na solução desse problema. Dentre as estratégias utilizadas, destaca-se o uso da albumina humana, como camuflagem natural do SMF [3].

OBJETIVO

Avaliar a eficiência de nanopartículas de sílica mesoporosas dopadas com anticorpos monoclonal e revestida com albumina como tentativa de evitar a depuração pelo SMF.

METODOLOGIA

As nanopartículas de sílica mesoporosa foram sintetizadas [4 - 5] e analisadas para determinação morfológica. Após, foram separadas em quatro classes de acordo com o tratamento recebido:

TABELA 1. Classificação e Características das Amostras Utilizadas Neste Estudo.

Amostraa	Composiçãoa
Ia	Sílica mesoporosaa
IIa	Sílica mesoporosa carregada com bevacizumabea
IIIa	Sílica mesoporosa banhada em albumina humanaa
IVa	Sílica mesoporosa carregada com bevacizumabe e banhada em albumina humanaa

Os animais utilizados estavam de acordo com os protocolos aprovados na Universidade Federal do Rio de Janeiro (IBCCF - 009/2014)..

As amostras foram radiomarcadas com ^{99m}Tc através do método de radiomarcção direta. O controle de qualidade da radiomarcção foi realizada em cromatografia em papel e mensurada em um contador gama.

Após a radiomarcção, as amostras III e IV foram banhadas em solução de albumina humana Grifols®. O controle de qualidade do banho de albumina humana foi feito a partir do sobrenadante como forma de analisar se o banho em albumina causou interferência na radiomarcção das nanopartículas.

Para os estudos de biodistribuição, as nanopartículas foram injetadas de forma retro-orbital nos camundongos anestesiados e após o sacrifício, órgãos de interesse foram coletados (coração, cérebro, estômago, intestino, bexiga, rins, pulmões, fígado, baço e sangue).

RESULTADOS

Os testes de microscopia eletrônica de transmissão revelaram que as nanopartículas obtidas eram esféricas com diâmetros entre 200 e 300 nm.

Todas as amostras (I-IV) foram radiomarcadas com ^{99m}Tc com sucesso (>99%). E a albumina não alterou o perfil de radiomarcção.

O resultado da biodistribuição mostrou que o revestimento de albumina nas amostras III e IV reduziu a absorção das mesmas pelo SMF.

O revestimento de albumina humana se mostrou capaz de reduzir a absorção das nanopartículas pelo baço e pelo fígado, sugerindo assim que o revestimento foi capaz de transpor a depuração do SMF.

CONCLUSÕES

Nesse estudo foi comprovado que o revestimento de albumina é capaz de camuflar as nanopartículas do SMF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[78] Torchilin VP. Recent advances with liposomes as pharmaceutical carriers. *Nature reviews Drug discovery*. 2005; 4(2):145-160.

[79] Alexis F, Pridgen E, Molnar LK and Farokhzad OC. Factors affecting the clearance and biodistribution of polymeric

nanoparticles. *Molecular pharmaceutics*. 2008; 5(4):505-515

[80] Gradishar WJ. Albumin-bound paclitaxel: a next-generation taxane. *Expert opinion on pharmacotherapy*. 2006; 7(8):1041-1053.

[81] Kavruk M, Celikbicak O, Ozalp VC, Borsa BA, Hernandez FJ, Bayramoglu G, Salihi B and Arica MY. Antibiotic loaded nanocapsules functionalized with aptamer gates for targeted destruction of pathogens.

[82] Barrett EP, Joyner LG and Halenda PP. The Determination of Pore Volume and Area Distributions in Porous Substances. I. Computations from Nitrogen Isotherms. *Journal of the American Chemical Society*. 1951;

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro.

Uso de metadados na curadoria digital dos dados de pesquisa do Instituto de Engenharia Nuclear

Marcelle Costal de Castro dos Santos e Luana Faria Sales

Instituto de Engenharia Nuclear – IEN

INTRODUÇÃO

Indica como resultado do movimento em direção a Gestão do Conhecimento Nuclear que os Repositórios Institucionais são utilizados nas organizações como uma ferramenta facilitadora do acesso e recuperação da informação digital [2] (SAYÃO; SALES, 2016).

A partir da experiência desenvolvida no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), aponta-se que o Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) possui dados de pesquisa e informações em formato digital, que necessitam de tratamento adequado no intuito de contribuir para a preservação, disseminação e para interoperabilidade [8] (SAYÃO, 2005; 2010), bem como no compartilhamento e reuso desses itens [4] (SAYÃO; SALES, 2015). No âmbito do IEN a plataforma *Carpe dIEN* no formato *Dspace* é o recurso que vem sendo adotado para padronizar os metadados, de acordo com os padrões internacionais, e organizar a informação institucional. A Revista *Progress Report IEN* é outra ferramenta, disponibilizada em formato *Open Journal Systems*, para divulgação dos resumos das pesquisas realizadas pelo corpo técnico e científico do Instituto.

OBJETIVO

Tem por objetivo ser um Repositório Institucional para preservar a memória técnico-científica composta pela produção bibliográfica dos pesquisadores e também por dados

brutos oriundos das pesquisas científicas desenvolvidas no Instituto.

METODOLOGIA

Levantar os dados bibliográficos produzidos pelos pesquisadores do IEN que estão atualizados na plataforma *Lattes*. Rastrear a produção dos pesquisadores disponível na *web* e caso não estejam compartilhadas digitalmente requisitá-las junto aos pesquisadores. Padronizar os itens de acordo com a Norma da ABNT 6023. Catalogar, indexar e inserir a produção técnico-científica do IEN na plataforma *Carpe dIEN*, bem como os resumos no *Progress Report IEN*.

RESULTADOS

Demonstra, a partir da análise feita na plataforma *Carpe dIEN* no período de 01/08/2017 a 30/10/2017, o levantamento e atualização da lista de teses e dissertações dos servidores do IEN, tendo como base a informação contida no Currículo *Lattes* dos pesquisadores. Recuperou-se um total de 67 dissertações de mestrado e 37 teses de doutorado, depositadas no repositório por área temática correspondente ao pesquisador. Entre 01/11/2017 à 29/12/2017, identificou-se um total de 111 servidores que não possuíam vínculos temáticos e que não apresentavam trabalhos inseridos na plataforma. Para o depósito de suas teses e dissertações criou-se um novo campo no sistema denominado “Outras produções”. Como estratégias complementares de busca na *web* foram utilizadas as seguintes bases: Memória CNEN; PHL da Rede de Bibliotecas da CNEN;

Banco de teses e dissertações dos Programas de Pós-graduação relacionadas aos itens nas instituições: UFF, UFRJ, PUC, Estácio de Sá e IME; INIS *Collection*; Portal de Periódicos da CAPES; Base Minerva UFRJ; BDTD; Plataforma Sucupira e *Google* acadêmico. Em 2/01/2018 iniciou-se a inserção no repositório dos Relatórios Técnicos institucionais. A etapa foi concluída em 20/04/2018 com um total de 236 relatórios técnicos inseridos na *Carpe diem*. No processo desenvolvido junto ao repositório, não existiu um manual prévio para guiar o padrão de metadados. Em paralelo a partir 12/01/2018, realizou-se a normalização dos metadados e formatação editorial dos resumos submetidos ao *Progress Report IEN*, para a edição comemorativa de maio de 2018. Formatou-se um total de 112 trabalhos para a Revista. Observou-se que a falta de uma referência de padronização para os artigos na página, tal como a norma de Referência da ABNT 6023, gerou a ocorrência de informações incompletas ou erradas em todos os artigos. Em 01/05/2018 foi iniciado o depósito na Plataforma *Carpe diem* dos artigos dos servidores do IEN submetidos à *International Nuclear Atlantic Conference*. Foram inseridos os seguintes anos: 2017: 56 artigos; 2015: 39 artigos; 2013: 57 artigos; 2011: 48 artigos; 2007: 18 artigos; Os anos de 2009, 2007, 2005, 2000, 2002, 1997 e 1998 estão em andamento. Em todos os aspectos este cenário evidencia as dificuldades no processo de recuperação da informação institucional em longo prazo.

CONCLUSÕES

O projeto permitiu reconhecer que na prática biblioteconômica existem outros tipos de informações que necessitam ser tratadas, preservadas e disseminadas. Identificou-se que para o IEN o caminho inicial para a Preservação do Conhecimento Nuclear é via repositórios eletrônicos institucionais. O *software Dspace* foi uma ferramenta nova para o aprendizado acadêmico que possibilitou um treinamento diferenciado e um olhar mais reflexivo relativo ao uso de metadados para a

catalogação e indexação de materiais eletrônicos. O Contato com a comunicação científica e temas correspondentes ao campo da Ciência da Informação permitiu ampliar horizontes epistêmicos e metodológicos. Conclui que no ambiente institucional os repositórios são uma etapa para a gestão, curadoria e a criação de uma infraestrutura que permita que as publicações e os dados produzidos na instituição se interliguem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[2] SAYÃO, L. S. F.; SALES, L. F. Algumas considerações sobre os repositórios digitais de dados de pesquisa. **Informação & Informação**, Londrina, v. 21, n. 2, p. 90-115, 2016. Disponível em: <<http://www.brapci.inf.br/v/a/22200>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

[4] SAYÃO, L. F.; SALES, L. F. **Guia de gestão de dados de pesquisa para bibliotecários e pesquisadores**. Rio de Janeiro: CNEN/IEN, 2015. 90 p.

[7] SAYÃO, L. F. et al. **Implantação e gestão de repositórios institucionais: políticas, memória, livre acesso e preservação**. 1. ed. Salvador: EDFBA, 2010. 1 v. 365 p.

[8] SAYÃO, L. F. Preservação digital no contexto das bibliotecas digitais: uma breve introdução. IN: SAYÃO, L. F. et al. (Org.). **Bibliotecas digitais: saberes e práticas**. Salvador: EDUFBA; Brasília: IBICT, 2005. p. 115-146.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

PIBIC/CNPq.

Aptâmero Y no tratamento do câncer de mama

Thamires de Oliveira Vieira e Ralph Santos

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

O câncer é uma doença altamente mortal e disseminada pelo mundo, suas formas de tratamento apesar de eficazes na maioria dos casos ainda apresenta falhas e efeitos colaterais significativos, muitas vezes as mortes por câncer estão atreladas a consequências secundárias, dentre elas os efeitos secundários do tratamento¹. A superexpressão da MUC 1 foi caracterizada como um marcador neoplásico, a MUC1/Y é uma isoforma dessa proteína altamente expressa em vários tumores malignos e, em muitos casos, não é detectada em tumores benignos ou células normais, além disso esta isoforma não sofre de clivagem proteolítica, tornando-a um alvo inovador particularmente interessante para a descoberta de novas drogas².

Depois da ascensão da nanotecnologia seu uso foi aplicado ao desenvolvimento de novos radiofármacos mais específicos para o tratamento do câncer, os chamados radiofármacos de segunda geração, suas características principais são a eficácia e especificidade para o tratamento. Dentre as novas moléculas de interesse científico os aptâmeros vem se destacando por atender as exigências necessárias da nova classe, por não apresentarem genotoxicidade, toxicidade ou imunogenicidade e por apresentarem como vantagem a bioestabilidade e a via de administração³.

OBJETIVO

Elucidar a aplicabilidade do Aptâmero Y no tratamento do câncer de mama, frente ao biomarcador tumoral MUC 1/Y.

METODOLOGIA

Para a realização dos ensaios foi feito um estudo comparativo entre camundongos saudáveis ou com câncer de mama induzido por xenoenxerto de células da linhagem MDA-MB-231. Foram feitos dois testes distintos, com duração de 5 e 10 dias com, respectivamente, 5 animais, sendo todos tratados e 14 animais, onde foram 7 tratados versus 7 controles.

RESULTADOS

A partir da análise de dados observamos que em todos os camundongos a lesão a sofreu uma redução de tamanho, também foi observado um efeito anti-inflamatório, confirmado por PCR em tempo real. A partir dos bons resultados demonstrados no tratamento de 5 dias, expandimos o número de animais e testes, nas mesmas condições, um grupo maior e também inserimos o grupo controle, e assim, observamos que houve 100% de sobrevivência do grupo tratado, bem como, redução no tamanho do tumor em todos os camundongos.

CONCLUSÕES

Concluimos que os testes demonstraram um efeito antineoplásico significativo bem como um efeito anti-inflamatório inesperado, devido a isso, apontamos que o uso do aptâmero Y contra o marcador tumoral MUC1/Y é uma estratégia futura para o tratamento do câncer de mama considerando, ainda, que o MUC1/Y não é detectado em células normais, a abordagem terapêutica tende a ser menos agressiva e debilitante à paciente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. **Estimativa 2016 – Incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro. 126p. 2015

[2] NAGHAVI, M. The Global Burden of Cancer 2013. **Europe PubMed Central**, v.1, n. 4, p. 505-527, 2015.

[3] SANTOSH, B., YADAVA, P. K. Nucleic acid aptamers: research tools in disease diagnostics and therapeutics. **BioMed Research International**. p. 1-13, 2014.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (**PIBIC**)

Desenvolvimento de um vídeo educativo holográfico para demonstrar o processo de geração de energia elétrica dentro de uma Usina Nuclear

Tiago Lima Rocha e Ana Paula Legey de Siqueira

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

Em virtude do avanço tecnológico, alunos estão mergulhados em uma sociedade com muitas possibilidades de interação, seja através das redes sociais, telefones móveis com múltiplas funções, computadores extremamente portáteis o que torna as informações cada vez mais rápidas.

Por outro lado, as escolas têm adotado práticas pedagógicas não atrativas e dissociadas da realidade dos alunos [1]. É uma forma de educação que não consegue prender a atenção dos alunos e motivá-los a se envolverem no processo de aprendizagem, poderá fazer com que estes se desinteressem pelas aulas e abandonem prematuramente as escolas. Nesse sentido, os docentes e as escolas devem estar preparados para este desafio utilizando a tecnologia como um suporte pedagógico.

Motivado pelo exposto acima, pretende-se nesta proposta unir a tecnologia digital às metodologias de ensino, objetivando conceber mecanismos de aprendizagem mais atrativos a realidade dos alunos, na elaboração de um vídeo educativo holográfico para demonstrar o processo de geração de energia elétrica dentro de uma Usina Nuclear

OBJETIVO

Este projeto tem como objetivo desenvolver um vídeo digital holográfico didático com a finalidade de demonstrar o processo de geração de energia elétrica dentro de uma Usina

Nuclear. Com isso, apresentando novas ferramentas pedagógicas e incluindo-as como nova forma de ensino.

O projeto de criação de vídeo envolve alguns estágios, como: pesquisa, roteiro, storyboard, narração, modelagem, animação, render e pós-produção. Na pesquisa é feita uma análise dos elementos que irão compor o vídeo, enquanto no roteiro é estabelecido o que será exibido, quando e os diálogos. O storyboard é o guia visual narrando as principais cenas através de desenhos simplificados e a narração é gravação das falas dos personagens. No processo de modelagem é recriado virtualmente, utilizando o Autodesk 3ds Max e Maya, tudo aquilo que foi definido no storyboard, e criada as animações de cada objeto. Para o efeito holográfico são inseridas três imagens que serão responsáveis pelo efeito de profundidade (figura 1). Neste, as imagens convergirão criando o efeito tridimensional. Por fim, com as cenas prontas é iniciado o processo de pós-produção, onde todas elas são compiladas em um único arquivo.

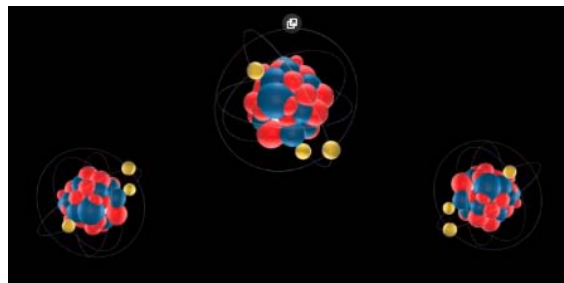


Figura 1. Efeito holográfico

RESULTADOS

Na holografia foram utilizados os mesmos personagens do vídeo, permitindo assim que os usuários tivessem uma experiência real diferenciando as duas tecnologias. Nesse modo, o vídeo é projetado através do reflexo das 3 faces da pirâmide acrílica, figura 2, torna a visão tridimensional realista sem a necessidade do uso de óculos 3D.



Figura 2. Vídeo holográfico

CONCLUSÕES

O uso dos vídeos digitais holográficos com a finalidade de ensinar o processo de geração de energia elétrica dentro de uma usina nuclear mostrou-se ser instigante e atrativo. Pode-se concluir que o uso de vídeos animados e holográficos podem ser aplicados aos alunos como grande estímulo a obtenção de conhecimento.

A realidade virtual propiciará uma mudança positiva na aprendizagem dos alunos e fazer com que estes mobilizem uma maior atenção ao tema a ser abordado e vivenciem melhor o conteúdo abordado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Legey, A.P., Sá, F.S.G., Maciel, B.B., Bernardo, T.C.M., Chelles, D.R., Passos, C.A., Mol, A.C.A. Desenvolvimento de vídeos estereoscópicos 3D para o ensino na área médica. Revista de Ciência e Tecnologia, 2013.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, FAPERJ

Monitoração de Radiação em Áreas Externas

Victor Emmanuel de Carvalho Duque e Paulo Victor Rodrigues de Carvalho

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

Em concordância com normas nacionais [1] e internacionais [2], o uso de energia nuclear deve ser seguro, não devendo causar danos às pessoas ou danos ao meio ambiente ou à propriedade. Assim, a segurança da radiação dos funcionários e do meio ambiente deve ser assegurada no projeto de uma instalação nuclear. O objetivo é manter as doses de radiação dos trabalhadores tão baixas quanto possíveis, não excedendo os limites de dose estabelecidos. O objetivo dos sistemas de monitoração é medir as taxas de dose de radiação e as exposições de radiação dentro da planta. Eles também são usados para medir as remotamente possíveis liberações radioativas para o ambiente externo.

OBJETIVO

Este trabalho visa estabelecer as bases de tecnologia atuais para desenvolver a monitoração de radiação em grande área ao redor de instalações nucleares.

O principal objetivo é criar uma rede de monitoração de radiação nuclear, automática e em tempo real, que possa detectar, o mais rapidamente possível, níveis anômalos de radioatividade no meio ambiente, especialmente aqueles no entorno de instalações nucleares. É objetivo também integrar a identificação de radionuclídeos ao sistema.

METODOLOGIA

Os seguintes passos foram realizados para estabelecer as bases do sistema de monitoração de radiação e identificação de radionuclídeos:

- Testes de captura de radiação através de detectores cintilométricos - Iodeto de Sódio ativado com Tálcio - NaI(Tl) – que permite análise da energia da radiação.
- Estudos de dispositivos reconfiguráveis Field Programmable Gate Array (FPGA) para o desenvolvimento de um multicanal para a análise do espectro de energia detectado pelas sondas de NaI(Tl) e identificação do radionuclídeo.
- Estudo para implementação de painel solar e baterias como alimentação do sistema.
- Desenho da montagem mecânica do sistema.
- Desenvolvimento de protótipo de software supervisorio para o sistema de monitoração.

Os testes e estudos executados permitiram estabelecer uma base de tecnologias para o sistema, onde se destaca os detectores cintilométricos de NaI(Tl), de custo acessível para a aplicação; os dispositivos FPGA, que permitem criar hardware de grande desempenho e baixo consumo; e os painéis solares e baterias, que permitem a utilização do sistema em áreas remotas, sem rede de energia disponível.

RESULTADOS

O desenvolvimento de um protótipo de software supervisorio permitiu estabelecer as bases de protocolo de comunicação entre monitores e um elemento central de captura de dados. O supervisorio desenvolvido se comunica por protocolo Modbus e interface wi-fi com um monitor de área já desenvolvido pelo Serviço de Instrumentação do IEN,

o Monitor MMRR-7032 [3] (figura 1).



Fig. 1 – Monitor MMRR-7032.

A tela do protótipo do supervisor, desenvolvido em Labview, é mostrada na figura 2. Neste, a medida da radiação é solicitada ao monitor, mostrada em um display e plotada em um gráfico. O monitor tem um endereço IP na rede Wi-Fi.

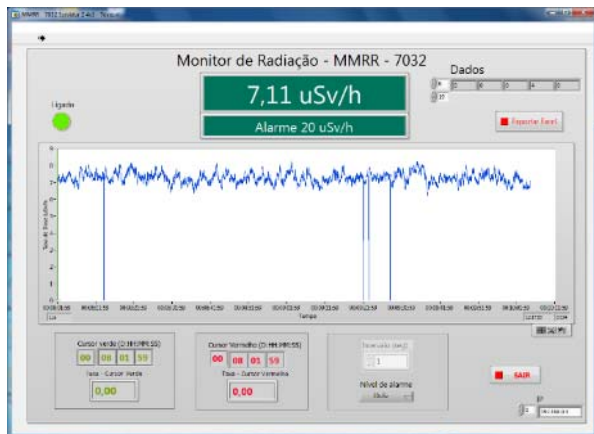


Fig. 2 – Tela do protótipo do supervisor.

A montagem mecânica do sistema de monitoração foi definida a partir do desenho da figura 3. O painel solar possui angulação adequada, estabelecida em testes, para conseguir a maior incidência durante o dia, um fator importante para que a carga na bateria seja máxima e permita a alimentação do sistema durante todo o dia.

CONCLUSÕES

O trabalho terá continuidade com o desenvolvimento do analisador multicanal baseado em FPGA, que será integrado em um só

módulo na instrumentação do detetor de NaI(Tl), com fonte de alta-tensão e amplificador gaussiano.

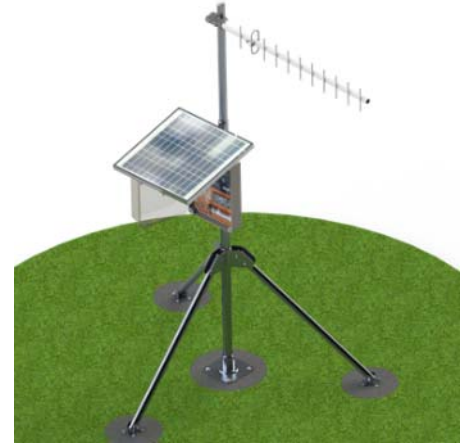


Fig. 3 – Montagem do sistema.

Testes de sistemas de comunicação por rádio e GSM (Sistema Global para Comunicações Móveis), entre os módulos detetores e o supervisor, também definirão os dispositivos para transmissão de dados em grandes distâncias que serão incorporados ao sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Diretrizes Básicas de Radioproteção. Norma CNEN-NE-3.01. Rio de Janeiro, RJ: CNEN (2011).

[2] Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2014).

[4] Lacerda, F.; Farias, M. S.; Aghina, M. A. C.; Oliveira, M. V. Monitor Modular Remoto de Radiação. 2014, Brasil. Patente: Modelo de Utilidade. Número do registro: BR10201400352, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Depositante (s): Comissão Nacional de Energia Nuclear, Depósito: 14/02/2014

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem ao suporte propiciado pelo CNPQ e pela CNEN.

Adverse Reactions to Radiopharmaceuticals: A Survey Based on Clinical Cases Using Criteria of Systematic Review

Vitória da Silva Gomes e Ralph Santos de Oliveira

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

Com o estabelecimento do radioármaco como medicamento, tornou-se essencial a realização de estudos sobre a ocorrência de efeitos adversos. Entretanto, as reações adversas aos radiofármacos não têm sido relatadas no mundo todo.

Os dados epidemiológicos sobre reações adversas não são atualizados, tendo em vista que a maioria dos estudos foram realizados 10 a 30 anos atrás, além de serem restritos. Um alto nível de subnotificação de reações adversas foi observado por Lazarou e seus colaboradores¹, o que causou diversas mortes nos Estados Unidos no período entre 1999 e 2006.

Os radiofármacos raramente causam efeitos adversos, ao contrário dos outros tipos de medicamentos. Devido à uma massa muito pequena de droga injetada ou ingerida e por serem administrados em dose única ou um número limitado de vezes, a administração de radiofármacos apresenta maior segurança. No entanto, a ocorrência de reação adversas ainda existe.

OBJETIVO

Elaborar uma revisão sistemática da literatura sobre a ocorrência de reações adversas a radiofármacos.

METODOLOGIA

A revisão da literatura baseou-se em critérios de revisão sistemática e utilizaram-se 12 bases de dados para radiofármacos, como MEDLINE, EMBASE e o International Pharmaceutical Abstracts e Science Citation Index. Os estudos contemplados para essa

revisão deveriam ser publicados entre 1956 e 2016.

RESULTADOS

As reações adversas ocasionadas após utilização de Tecnécio mais comuns são reações alérgicas. Como descrito no artigo de Spicer et al, uma mulher em tratamento com MDP (metil difosfonato associado com Tc-99m). Um outro caso semelhante também foi documentado e descrito por Balan e colaboradores², onde uma mulher também em tratamento por MDP apresentou uma reação sistêmica severa, caracterizado por inchaço ao redor dos olhos e erupção eritematosa cutânea no tronco. Além disso, testes bioquímicos indicaram função hepáticas e renais anormais. Outros casos de reação alérgica também foram descritos por Chicken³ e Mu-tjtaba⁴, onde este último descreve o caso onde houve reação anafilática após a utilização de sestamibi Tc-99m. Laroche e seus colaboradores⁵ elaboraram um estudo de farmacovigilância de 1989 e 2013, que engloba 304 notificações de reações adversas aos radiofármacos com 12 mortes.

Em relação ao fluorodeoxyglucose (FDG), existem casos relatados sobre a ocorrência de reação sarcóide em pacientes, o que ocasiona o acúmulo de FDG sem metástase tumoral.⁶ Esse fator reitera a influência da reação sarcóide no diagnóstico e a importância da análise patológica em caso de suspeita.

Um artigo publicado por Galetta e seus colaboradores⁷, identificou que no período entre novembro de 2007 a maio de 2013, 112 paciente foram submetidos à injeção de radio-traçador pré-operatório, com diversos eventos adversos como pneumotórax (33), hemorragias parenquimatosas (23) e reação alérgica ao contraste (1).

Reação de falso-positivo também foram incluídas nessa revisão, como os casos relatados por Iwasaki, Hurwitz e Modi. Esses casos relatam resultados falso-positivos obtidos com FDG-PE e PET-CT, geralmente por uma captação errônea de FDG. Com isso, os autores atentam para a importância de analisar o histórico médico dos pacientes cuidadosamente para evitar esse tipo de reação.

Um grande número de estudos foi desenvolvido para avaliar a real incidência de reações adversas aos radiofármacos, como o estudo elaborado por Silberstein e Ryan, onde de um total de 783.525 injeções de radiofármacos em um estudo prospectivo de 5 anos, foram encontradas 18 ocorrências de reações adversas. Um outro estudo realizado por Hesselwood e Keeling abordou 71.046 administrações radiofarmacêuticas na Europa de janeiro a dezembro de 1996 e apenas 18 relatos de reações foram documentadas. O 27º Relatório sobre Pesquisa de Reações Adversas Radiofarmacêuticas é baseado em respostas a questionários enviados a instituições de medicina nuclear e, entre as 1120 instituições contatadas, 968 responderam. De um total de 1.277.906 administrações de radiofármacos, apenas 16 casos de reações adversas foram relatados.

CONCLUSÕES

Como conclusão dessa revisão sistemática, concluiu-se que existem poucos estudos realizados sobre reação adversas à radiofármacos, ou seja, existem poucos casos de efeitos adversos relatados o que não é compatível com a ampla utilização de radiofármacos. Sendo assim, faz-se documentar e relatar tais reações adversas com mais eficiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Lazarou J, Pomeranz BH, Corey PN. Incidence of adverse drug reactions in hospitalized patients—a meta-analysis of prospective studies. *JAMA*. 1998;279(15):1200-1204.

[2] Balan KK, Choudhary AK, Balan A, Wishart G. Severe systemic reaction to (99m)Tc-methylene diphosphate: a case report.

J Nucl Med Tech. 2003;31(2):76-78.

[3] Pirmohamed M, James S, Meakin S, et al. Adverse drug reaction

as cause of admission to hospital: prospective analysis of 18 820

patients. *BMJ* 2004;329:15-19.

[6] Weber WA, Petersen V, Schimdt B, et al. Positron emission

tomography in non-small-cell lung cancer: prediction of response

to chemotherapy by quantitative assessment of glucose use. *J Clin*

Oncol. 2003;21:2651-2657.

[7] Galetta D, Bellomi M, Grana C, et al. Radio-guided localization

and resection of small or ill-defined pulmonary lesions. *Ann*

Thorac Surg. 2015;100(4):1175-1180.

[8] Iwasaki T, Kakagawa K, Ktsura H, et al. Pulmonary suture

abscess with false-positive 18-F-fluorodeoxyglucose positron

emission scan mimicking lung cancer recurrence. *Jpn J Thorac*

Cardiovasc Surg. 2006;54:351-355.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Desenvolvimento de um Sensor Capacitivo para Medições de Fração de Vazio em Escoamentos Bifásicos

Yan Guilherme Abrahão Fernandes Cirto, Luiz Carlos Reina Pereira da Silva, José L. H. Faccini e Su Jian

Instituto de Engenharia Nuclear - IEN

INTRODUÇÃO

Em aplicações industriais, os escoamentos bifásicos são amplamente encontrados na área nuclear, onde o escoamento do tipo gás-líquido é o mais comum.

O estudo desses escoamentos é importante tanto para a realização de projetos quanto para o monitoramento e controle de processos de plantas aonde eles ocorrem. O parâmetro de estudo abordado nesse trabalho é a fração de vazio, que indica a proporção de gás em escoamentos gás-líquido.

OBJETIVO

Este estudo visa desenvolver um sensor simples, não invasivo e de baixo custo para a determinação da fração de vazio em uma tubulação por onde passa um escoamento gás-líquido.

METODOLOGIA

O sensor é composto por um capacitor de duas placas paralelas e quatro circuitos eletrônicos: um circuito de entrada de sinal, um amplificador de sinal, um gerador de frequência e uma fonte de energia. Um sinal senoidal é emitido pelo gerador de sinal com uma frequência apropriada para o circuito de entrada de sinal que converte o valor de capacitância do sensor em um sinal analógico de tensão a ser amplificado e então,

fornecendo um valor proporcional a capacitância do sensor.

Durante o projeto, as medições e testes foram realizados no Laboratório de Termo-Hidráulica Experimental do Instituto de Engenharia Nuclear (LTE/IEN). Um tubo de acrílico horizontal de 63.6mm de diâmetro externo e 289 mm de comprimento foi usado para testes estáticos simulando uma tubulação com um escoamento ar-água, no qual foram feitas diversas medidas com diferentes níveis de água, variando assim, a capacitância do sensor. Desse modo medindo-se a tensão de saída do amplificador de sinal para os diversos níveis de água no tubo, foi determinada a fração de vazio, conforme a equação 1.

$$\alpha = 1 - \frac{V_m - V_{empty}}{V_{outputM} - V_{empty}} \quad (1)$$

Sendo α a fração de vazio, V_m o valor da tensão do sinal amplificado, V_{empty} a tensão quando o nível de água é nulo e $V_{outputM}$ a tensão do amplificador quando o nível de água é máximo no tubo.

Os dados fornecidos pelo sensor capacitivo foram comparados com os dados de outro método de medição por ultrassom, já implementado.

RESULTADOS

Após diversos testes com diferentes níveis de água, foi elaborada uma curva de ajuste dos dados do sensor capacitivo, em função dos dados do sistema ultrassônico, apresentada na Figura 1. Pode-se notar a boa concordância entre as duas técnicas.

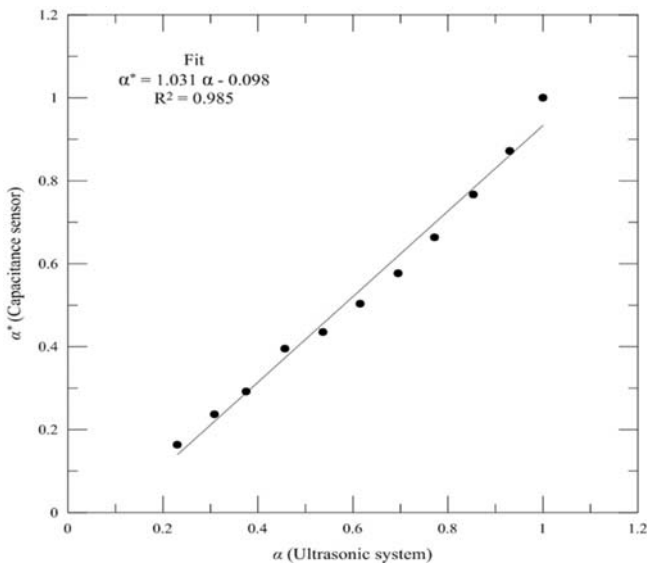


Figura 1: Fração de vazio medida pelo sensor capacitivo versus a fração de vazio medida pelo sensor ultrassônico.

CONCLUSÕES

Um sensor capacitivo simples e de baixo custo foi desenvolvido para a medição de escoamentos bifásicos. Testes estáticos realizados no LTE/IEN mostraram existir uma boa relação linear entre as medições de fração de vazio pelo método capacitivo em comparação com um método ultrassônico já implementado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

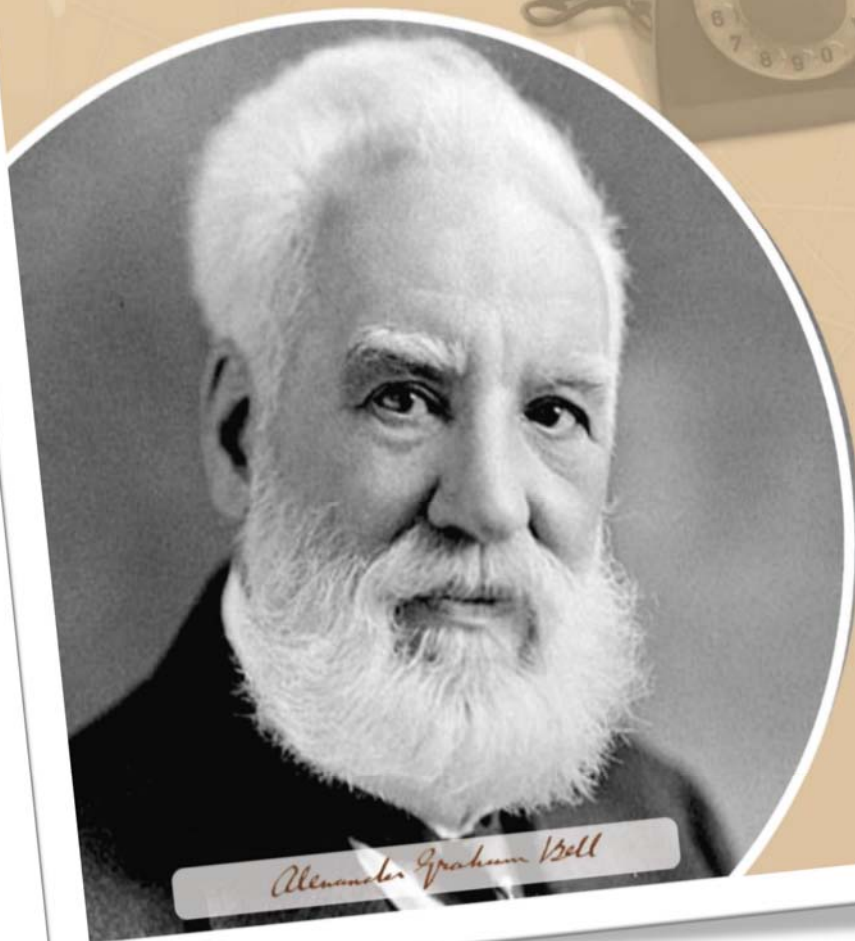
- [83] M. T. Shu, C. B. Weinberger, Y. H. Lee, "A simple capacitance sensor for void fraction measurement in two-phase flow", *Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals*, **Volume 21**, pp. 175–181 (1982).
- [84] J. S. Chang, E. C. Morala, "Determination of two-phase interfacial area by an ultrasonic technique", *Nuclear Engineering and Design*, **Volume 122**, pp. 143–156 (1990).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem o apoio financeiro de FAPERJ e CNPQ.

IPEN

Instituto de Pesquisas Energéticas
e Nucleares



Alexander Graham Bell

A invenção que mudou a história da humanidade
(Homenageado de 2018)

ALEXANDER
ALEXANDER
GRAHAM BELL

[1847-1922]

o inventor do telefone

Avaliação da presença de radicais de nitrogênio no potencial clonogênico de células de melanoma humano (SK-MEL-37)

Ana Cristina Gomes Nascimento, Leticia Bonfim e Daniel Perez Vieira
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

No mundo, o câncer de pele é o mais comum e pode ser classificado de duas formas, como melanoma e não melanoma. O melanoma, tem origem a partir de células de pigmentação da pele, melanócitos e pode ocorrer na pele, olhos, boca e intestino. Se manifesta habitualmente de duas formas, o carcinoma basocelular e o carcinoma espinocelular. Apesar de ter baixa incidência (2.920 casos novos em homens e 3.340 casos novos em mulheres) tem alta letalidade. Em 2012, o câncer de pele melanoma, representou 55.488 óbitos no mundo, devido à sua elevada propensão para produzir metástases, apresentando também uma alta taxa de recidiva e resistência tumoral. O melanoma é citado na literatura como radioresistente, sendo assim, terapias alvos como a radioterapia não são eficazes.⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

O óxido nítrico (NO) é uma pequena molécula inorgânica sinalizadora gasosa que age no melanoma através de radicais livres e processos enzimáticos. Estudos demonstraram múltiplos papéis do NO na patologia do melanoma via vigilância imunológica, apoptose, angiogênese e na própria célula do melanoma. Desta forma, este trabalho visa avaliar o potencial radiomodificador de um doador de radicais de nitrogênio em cultura celular de melanoma humano (SK-MEL-37).⁽⁴⁾

OBJETIVO

Avaliar possíveis efeitos da administração de um doador de radicais de nitrogênio (Nitroprussiato de Sódio) no potencial proliferativo de células de melanoma humano, SK-MEL-37, irradiadas por radiação gama.

METODOLOGIA

Cultura celular: Linhagem celular de melanoma humano (SK-MEL-37, CVCL_3878, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, Nova Iorque) foi cultivada em garrafas de 25 cm² em meio RPMI 1640 com vermelho de fenol (Vitrocell - Embriolife), suplementado com 10% de soro fetal bovino (SFB – GIBCO-BRL) e 1% de antibióticos (Penicilina, Pstreptomicina – GIBCO-BRL), incubadas a 37°C na presença de 5% de CO₂.

Ensaio de Potencial Clonogênico: a cultura celular foi tratada com as concentrações de 60 e 500 µM de Nitroprussiato de Sódio (SNP, Sodium Nitroprusside, Na₂[Fe(CN)₅NO]·2H₂O, Sigma-Aldrich, São Paulo, Brasil), diluído em RPMI 1640. As células (SK-MEL-37) foram incubadas por 24h antes da irradiação. Logo após as células foram tripsinizadas e o pellet ressuscitado em 1 mL de solução salina-tamponada fosfato (PBS, Phosphate Buffered Saline), e a suspensão foi fracionada em seis tubos estéreis identificados com as seguintes dosagens (0; 0,5; 1; 2; 4; e 8 Gy). Cada tubo foi irradiado em uma fonte de ⁶⁰Co, 70% de atenuação, localizado no Centro de Tecnologia das Radiações, IPEN/CNEN-SP, (GAMMA-CELL 220 - Irradiation Unit of Canadian Atomic Energy Commission, Ltd.). Após irradiação as células foram centrifugadas, e o pellet ressuscitado em 1mL de meio de cultura e as frações viáveis foram determinadas pela coloração do azul de tripano. As células viáveis foram semeadas, 600 células por poço e cultivadas até a obtenção de 50 células por colônia.

RESULTADOS

A radiosensibilidade celular, o potencial clonogênico e a capacidade proliferativa foram avaliadas com ensaios de formação de colônias. Após tratamento com Nitroprussiato de sódio (NPS) em baixa concentração (60 μM) e doses acima de 0,5 Gy, observou-se radioproteção celular. Já na presença de uma alta concentração de NPS (500 μM) o NPS induziu efeitos opostos, de radiosensibilidade. No presente estudo podemos observar a DL_{50} , com uma queda no potencial proliferativo, a curva de sobrevivência da figura 1 que tende a decair. O NO demonstrou neste ensaio a sua atuação como um radiomodificador.

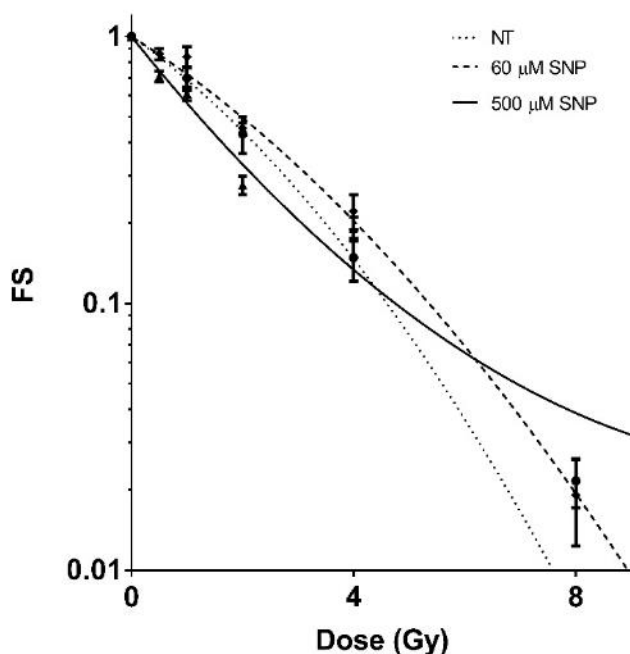


Figura 1 – Dose letal (DL_{50}) de células de melanoma humano tratadas com concentrações de NPS.

CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos biológicos de um doador de óxido nítrico

(NO) em células de melanoma humano irradiadas por radiação gama. O NO produzido pela iNOS foi considerado importante na proliferação celular na linha celular de melanoma. Por meio de um doador de óxido nítrico analisamos colônias após irradiação, que demonstrou que este composto em baixas concentrações funciona como um radioprotetor para as células pois aumenta a curva de sobrevivência das mesmas. É expresso o oposto em altas concentrações que age como um radiosensibilizador para as células, deixando-as mais vulneráveis ao dano biológico causado por radiação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[85]INCA. Estimativa 2018-Incidência de câncer no Brasil [Internet]. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. 2017. 130 p. Available.

[86]Instituto Nacional de Câncer, (INCA) C de P e V (Conprev). Fisiopatologia do câncer. Ações Enferm para o Control do câncer uma Propos Integr ensino-serviço. 2008;51.

[87]Khan, M. K.; Khan, N., Almasan, A.; Macklis, R. Future of radiation therapy for malignant melanoma in an era of newer, more effective biological agents, *OncoTargets and Therapy*, 4, p. 137–148, 2011.

[88]Yarlagadda, K., Hassani, J., Foote, I. P., e Markowitz, J., *The role of nitric oxide in (BBA)-Reviews on Cancer*, v. 1868, p. 500-509, 2017.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ/PIBIC

Padronização do ^{166m}Ho em sistema de coincidência por software

Ana Cristina Ribeiro de Carvalho e Denise Simões Moreira
Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares- IPEN

INTRODUÇÃO

A importância de se determinar a atividade de radionuclídeos, a taxa de desintegração e os parâmetros de decaimento, é tal que permite que os pesquisadores e usuários de instrumentos de medição da radiação tenham estes calibrados, o que influi diretamente na qualidade de suas medidas.

Dentre os métodos para a medição da atividade, destaca-se o método de coincidências, utilizado para o estudo de radionuclídeos que decaem por dois tipos diferentes de radiação. É um método de medida absoluto, não necessitando de nenhum parâmetro além das taxas de contagem registradas, o que lhe confere uma alta confiabilidade e baixas incertezas nos resultados.

O método de coincidências é formado por basicamente dois tipos de detectores, um para cada tipo de radiação. Com o uso do sistema desenvolvido no Laboratório de Metrologia Nuclear (LMN) do IPEN, chamado de Sistema de Coincidência por Software (SCS) [1], é possível fazer a medição e análise com dados coletados em curto período de tempo (geralmente realizando somente uma medida para cada amostra) e sem precisar modificar a fonte amostrada, sendo o objetivo deste trabalho a aplicação deste método..

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo geral o estudo da padronização do ^{166m}Ho em sistema de medida absoluta, realizando aquisição de dados no sistema de coincidência $4\pi(\text{PC})\beta\text{-}\gamma$ por software, gerando os dados para a curva de extrapolação da eficiência [2,3] e obtendo a atividade da amostra.

METODOLOGIA

A padronização do ^{166m}Ho foi feita no SCS, que é formado por um detector proporcional (PC) com geometria 4π para a detecção das partículas beta, acoplado a um detector cintilador de iodeto de sódio $\text{NaI}(\text{TI})$, para a detecção da radiação gama.

A fonte foi preparada depositando-se gotas da solução radioativa de ^{166m}Ho , com massa bem determinada, sobre filmes finos de Colodion, metalizado com ouro em ambos os lados.

A fonte em estudo foi colocada no interior do detector proporcional e foram feitas as medidas armazenando os dados dos pulsos provenientes dos detectores em arquivos de dados. Após as medidas, as taxas de contagem N_β e N_γ e as coincidências N_c foram determinadas por software, pela análise e comparação dos pulsos registrados na medição. Os dados analisados deram origem a pontos experimentais para a construção da curva de extrapolação da eficiência, sendo a atividade da amostra determinada por meio do seu ajuste.

As medidas foram analisadas pelo programa SCTAC, desenvolvido no LMN, em linguagem Fortran, determinando a eficiência e a atividade da fonte, aplicando ainda correções do tempo morto, da radiação de fundo, tempo de resolução e decaimento.

O tempo de medida foi de 9000 segundos.

RESULTADOS

O gráfico da Fig. 1 mostra os dados obtidos para a coincidência da emissão beta com a radiação gama de 184 KeV.

Para chegar a eles, o programa SCTAC fez a variação da eficiência beta simulando a discriminação eletrônica do método de coincidências convencional, por meio de cortes sucessivos no espectro beta, obtendo, no caso deste trabalho, nove pontos diferentes.

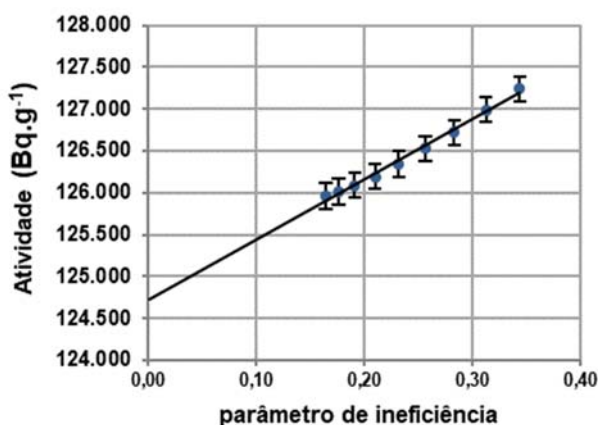


Figura 1. Curva de extrapolação da eficiência beta selecionando a emissão gama de 184 keV.

O ajuste da curva foi feito com o programa LINFIT [4], e o valor obtido para a atividade da fonte é de 124698 Bq.g-1 com incerteza de 0,55%.

CONCLUSÕES

O objetivo proposto foi alcançado, obtendo-se o valor da atividade de uma fonte de ^{166m}Ho por meio de uma única medida e a utilização de um programa desenvolvido *in loco* para o cálculo das coincidências. A incerteza de 0,55% está na faixa de valores adequada para este tipo de medida, em sistema de medição absoluta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[89] BRANCACCIO, Franco. Metodologia de aquisição de dados e análise por software, para sistemas de coincidências $4\pi\beta - \gamma$ e sua implicação na padronização de radionuclídeos, com ênfase em transições metaestáveis. 2013. 126p. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

[90] MOREIRA, D. S. Medida absoluta da taxa de desintegração e da probabilidade de emissão gama ⁴²K. 2000. 96p. Tese (mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

[91] MOREIRA, D. S. Padronização dos Radionuclídeos multi-emissores gama ^{166m}Ho e ⁷²Ga e determinação de suas intensidades gama por decaimento. 2005. 116p. Tese (Doutorado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear- Aplicações) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

[92] DIAS, M. S. Programa computacional LINFIT –Comunicação Pessoal, 1997.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Bolsa PIBIC/CNPq

Uma análise a respeito do uso de Th/Pu em PWR's

André Luiz Pimenta Pinheiro dos Santos e Giovanni Laranjo de Stefani
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Existem duas preocupações centrais a respeito da utilização de urânio nos reatores nucleares nos dias atuais: que as reservas de urânio se tornem cada vez menores e a acumulação de plutônio e outros resíduos nucleares[1]. Uma alternativa viável para ajudar com estes problemas citados é a utilização de um combustível composto de urânio e plutônio reprocessado (MOX). Uma segunda alternativa menos estudada, porém também viável[2][3], é a utilização de Th-Pu como combustível.

OBJETIVO

Mostrar, através de um estudo bibliográfico, o potencial que o tório possui como combustível alternativo ao urânio, as suas características e vantagens, sua utilidade para ajudar a redução de plutônio e transurânicos.

Foi feita uma revisão bibliográfica através da pesquisa e análise de artigos relacionados utilização de tório como combustível alternativo para reatores, em particular os reatores de água pressurizada.

RESULTADOS

1. Viabilidade do Th-Pu como alternativa ao MOX: uma vez que os PWR's são de longe os mais utilizados comercialmente pelo mundo inteiro, há um interesse e particular em adaptar o Th-Pu para estes reatores. Com poucas adaptações, Th-Pu tem mostrado maior queima de Pu comparado ao MOX[4].

2. Diferença no controle do MTC com relação ao urânio: Geralmente um coeficiente de temperatura positivo (MTC) é relacionado a concentração e boro solúvel usada para controlar a reatividade. Com Pu-Th parece não ser o caso, como mostrado por [5]. O efeito mais importante são devido ao aumento do número de fissões na região epitermica, especialmente devido a presença de U-233 e Pu-241. O fator mais eficiente na redução do MTC é a fuga de neutrons.

3. Uma característica importante do Th-Pu é que U-233 e Pu-239 geram uma fração muito menor de neutrons atrasados que o U-235[6].

4. Comparativo entre misturas homogêneas e heterogêneas de combustíveis mostram uma maior queima de Pu no caso homogêneo[7]. No caso homogêneo, o Pu queima rapidamente e o U-233 mantém a reação quando o Pu não pode mais sustentá-la. No caso heterogêneo o U-233 começa a queimar muito cedo, mas tem a vantagem de uma separação mais fácil do U-233 restante para utilização futura.

CONCLUSÕES

Tório é um combustível em potencial para reatores nucleares. É mais abundante que urânio e tem suas vantagens. Necessidades econômicas e ambientais justificam as pesquisas realizadas em adaptar o tório para ser utilizado em reatores de água pressurizada e ajudar numa solução para o problema de rejeitos transurânicos.

As preocupações a respeito do uso de Th-Pu como combustível são a respeito de sua

reatividade reduzida, devido a baixa fração de neutrons atrasados, e por ser um absorvedor epitermico. Maiores investigações devem ser feitas uma vez que o potencial deste combustível esta demonstrado. Países como Índia, que também possuem grandes reservas de tório, tem realizado pesquisas propondo reatores alimentados por este combustível. No Reino Unido, o tório tem sido estudado como uma solução para o grande acúmulo de Pu.

Este estudo propôs-se a mostrar as características e vantagens do tório no cenário atual e apresentar brevemente pesquisas realizadas a seu respeito. Tal pesquisa certamente se justifica no caso do Brasil, por ter uma das maiores reservas de tório do mundo[4].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

“UK’s plutonium stockpile dilemma”, <http://www.bbc.com/news/uk-21505271> (2013).

E. Fridman, S. Kliem, “Pu recycling in a full Th-MOX PWR core. Part I: Steady state analysis”, *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 241, pp. 193–202, (2011).

J. R. Maiorino, G. L. Stefani, J. M. L. Moreira, P. C. R. Rossi, T. A. Santos, “Feasibility to convert an advanced PWR from UO₂ to a mixed U/ThO₂ core Part I: Parametric studies”, *Annals of Nuclear Energy*, Vol. 102, pp. 47–55, (2017).

A. Galperin, “Utilization of light water reactors for plutonium incineration”, *Annals of Nuclear Energy*, Vol. 22, No. 8, pp. 507–511, (1995).

N. Z. Zainuddin, G. T. Parks, E. Shwageraus, “The factors affecting MTC of thorium-plutonium-fuelled PWRs”, *Annals of Nuclear Energy*, Vol. 98, pp. 132–143, (2016).

J. R. Lamarsh. *Introducion to Nuclear Reactor Theory*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts (1972).

N. Z. Zainuddin, G. T. Parks, E. Shwageraus, “Assembly-level analysis of heterogeneous Th-Pu PWR fuel”, *Annals of Nuclear Energy*, Vol. 100, pp. 160–168, (2017).

“Uranium 2016: Resources, Production and Demand”, <http://www.oecd-neo.org/ndd/pubs/2016/7301-uranium-2016.pdf> (2016).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

Estudo de diferentes revestimentos em nanopartícula aplicada ao tratamento de câncer

Andreza Aparecida Del Carmen Castro Gonzalez e Maria Elisa Chuery Martins Rostelato
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O câncer é responsável por mais de 8 milhões de mortes em todo o mundo, é caracterizado pelo crescimento descontrolado de células anômalas que prejudicam o funcionamento do organismo. Quando descoberta em estágios iniciais, permite o uso de tratamento menos invasivos, como a Braquiterapia. A braquiterapia, é uma modalidade da radioterapia em que a fonte radioativa é colocada próxima ou em contato com a região a ser tratada. O tratamento direciona a radiação apenas para o alvo, poupando os tecidos saudáveis e reduzindo a quantidade de efeitos colaterais ^{1,2}.

A nanotecnologia, é a ciência que estuda as propriedades dos materiais nanométricos com o objetivo de criar novos materiais, produtos, entre outros, através da manipulação de átomos e molécula ³. Como a maioria dos processos biológicos é dada pela escala nanométrica, na área médica mais especificamente na quimioterapia e radioterapia, o uso desses tratamentos pode focar apenas no alvo e, conseqüentemente, diminuir os efeitos colaterais. Partindo disto, uma vertente inexplorada é a nanobraquiterapia que une as vantagens da braquiterapia, com o pequeno tamanho da nanopartícula, resultando em um tratamento ainda menos invasivo.

Um papel fundamental é feito pelos revestimentos, pois como as nanopartículas “nuas” possuem um potencial elevado, quando em contato com ambientes

fisiológicos tendem a se agregar, além disso, os revestimentos também estabilizam e controlam suas propriedades funcionais³. Outro fator importante é a possibilidade de poder adicionar moléculas de interesse, como antibióticos e antiinflamatórios que trariam uma vantagem a mais no tratamento. Entre a gama de revestimentos, os mais destacados são o polietilenoglicol (PEG). O PEG melhora as propriedades superficiais das nanopartículas e apresenta alta estabilidade sob condições biomédicas. As nanopartículas têm seu tamanho controlado, o que facilita sua penetração na vasculatura.

OBJETIVO

O projeto baseia-se no desenvolvimento e validação de uma nova nanopartícula radioativa, que será utilizada para o tratamento de câncer.

O objetivo do trabalho é estudar mais profundamente o revestimento largamente utilizado em nanobraquiterapia: o Polietileno glicol, pois não há nenhum trabalho que estude o revestimento e a estabilidade da partícula.

METODOLOGIA

Para a síntese das Nanopartículas de Ouro (AuNPs) prepara-se 50 mL de HAuCl₄ (0,1 mM) contendo 100 µL de NaOH (1 M) em um balão de três saídas de 100 ml equipado com um condensador de refluxo. A solução deve ser levada à ebulição (80-90 °C). Em seguida, adiciona-se rapidamente 5 mL de Na₃Ctr (34 mM). A reação passa de amarelo claro a preto claro, preto e escuro até a solução atingir a cor vermelha do vinho.

TABELA 1: Proporção de reagentes¶¶

H ₂ AuCl ₄ ¶¶	NaOH¶¶	Nacit¶¶	AuNps¶¶
0.1mM¶¶	1·M¶¶	0.034M¶¶	¶¶
50mL¶¶	100µL¶¶	5mL¶¶	¶¶
0.0195g¶¶	0.004g¶¶	0.05g¶¶	¶¶

Após a síntese da nanopartícula, o procedimento clássico para o revestimento, mistura-se 1mL da solução de nanopartículas com 1 mL do agente de revestimento (0,1 mM). A reação é mantida sob agitação em um tubo eppendorf por 24 horas. Após as 24 horas o excesso de agente é suspenso por diálise. A caracterização é feita em Dinamic light scattering (DLS) para avaliar o tamanho da partícula. A incorporação do agente de revestimento é confirmado por DLS, Espectrofotometria Infravermelho (FT-IR) e Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM).

RESULTADOS

O fim da reação de síntese resultou em cor final vinho-vermelho indicando que todos os íons de ouro em solução foram consumidos pela reação.

A análise em DLS da amostra, apresentou resultados semelhantes nos três testes, em tamanho de partícula, foram encontrados resultados de 10,2 e 16,4 nm enquanto a execução 3 resultou em 10,8 e 17,1 nm.

O revestimento de PEG produziu partículas dentro do tamanho desejável (30-50 nm) e teve boa polidispersão e distribuição. O FTIR foi realizado, foi comparado o citrato de sódio e as nanopartículas com o espectrômetro. Comparou-se o AuNP revestido com PEG com o reagente de PEG. Os picos se coincidiram com indicação clara de uma reação de revestimento bem-sucedida representado pela figura 1.

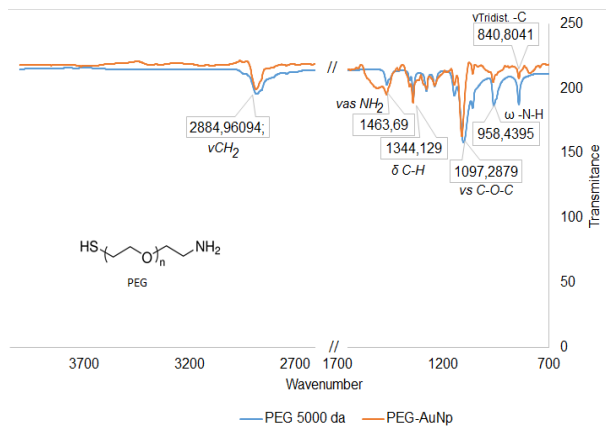


Figura 1. PEG e PEG-AuNP FTIR.

CONCLUSÕES

A Reação de síntese das nanopartículas de ouro foram positivas, houve mudança de coloração. A análise em DLS mostrou que as nanopartículas produzidas estavam dentro do tamanho esperado. A reação de revestimento com PEG apresentou resultados positivos, mostrando a variação de tamanho ainda dentro dos padrões esperados e os picos de ligação similares como mostram as análises em DLS e FTIR respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer, *Incidência de Câncer no Brasil, 2014*.
2. Podgorsak, E.B., *Radiation Oncology Physics: A Handbook For Teachers And Students, International Atomic Energy Agency, Editor 2005: Viena*.
3. ZHANG, Xiao-dong et al. *Size-dependent radiosensitization of PEG-coated gold nanoparticles for cancer radiation therapy. Biomaterials. Beijing, p. 6408-6419. 21 maio 2012*

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC

Determinação da composição elementar de plantas medicinais aplicando Análise por Ativação com Nêutrons

Árissa Takamoto e Mitiko Saiki
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O consumo de plantas medicinais para fins terapêuticos é reconhecido como uma das formas mais antigas no tratamento de doenças. Atualmente 80% da população mundial, predominantemente em países em desenvolvimento, dependem da medicina tradicional [1], devido principalmente aos seus baixos custos. A preocupação com o uso excessivo de drogas sintéticas faz a população optar por tratamentos naturais. Entretanto, as plantas medicinais podem conter além dos elementos essenciais, também os tóxicos que mesmo em baixas concentrações são prejudiciais à saúde humana. Consequentemente, as determinações de elementos químicos em plantas medicinais são de grande interesse para o posterior estudo da correlação entre os elementos encontrados com as suas atividades terapêuticas e para identificação de seus riscos à saúde humana. Neste trabalho foi dada a continuidade às análises de plantas medicinais aplicando o método de Análise por Ativação com Nêutrons (NAA).

OBJETIVO

O objetivo foi determinar a composição elementar das plantas medicinais *Aloe vera* (Babosa), *Morus nigra* (Amoreira) e *Moringa oleífera* (Moringa) pelo método de NAA.

Plantas analisadas e seu preparo para análise. As folhas de *Aloe vera* foram coletadas no jardim de uma residência, e as de *Morus nigra*, no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). Já as folhas de *Moringa oleífera*, foram adquiridas em uma loja de produtos naturais. O preparo das

amostras consistiu na limpeza, secagem e moagem das folhas.

Procedimento da NAA. Alíquotas das amostras foram irradiadas no reator nuclear IEA-R1 juntamente com os padrões sintéticos de elementos por um período de 16 h e sob fluxo de nêutrons térmicos de $5 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na irradiação longa e por um 20 s sob fluxo de nêutrons térmicos de $1,9 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na irradiação curta. Esses padrões sintéticos foram preparados pipetando-se soluções padrões em tiras de papel de filtro. As atividades gama induzidas foram medidas pela espectrometria de raios gama (detector de alta resolução). Os radioisótopos formados na irradiação foram identificados pela meia vida e energias dos raios gama e as concentrações dos elementos calculadas pelo método comparativo [2]. Foi avaliada a qualidade dos resultados quanto à precisão e a exatidão pela análise do material de referência certificado (MRC) INCT-TL-1 *Tea Leaves*.

RESULTADOS

Os valores de desvio padrão relativo, erro relativo e dos parâmetros Z-score [3], obtidos para MRC *Tea Leaves*, da TABELA 1, indicam em geral boa precisão e exatidão dos resultados. Na TABELA 2 estão os resultados das análises das plantas medicinais. Pelo procedimento de NAA foi possível determinar: As, Br, Ca, Cl, Co, Cs, K, Mg, Mn, Rb, Sb e Zn.

TABELA 1. Concentrações de Elementos no MRC *Tea Leaves* (INCT-TL-1)

M ± DP = Média e desvio padrão; n: número de determinações; DPR: Desvio Padrão Relativo; ER: Erro Relativo.

TABELA 2. Concentrações de Elementos nas Plantas Medicinais

OBS: Resultado da média aritmética de 3 a 6 determinações.

TABELA 1. Concentrações de Elementos no MRC *Tea Leaves* (INCT-TL-1)

Elementos	M ± DP (n)	DPR, %	ER, %	Z-score	Valor do certificado
As, ng g ⁻¹	76,1 ± 6,0 (7)	7,3	28,2	2,76	106 ± 21
Br, µg g ⁻¹	13,30 ± 0,46 (7)	3,8	7,9	2,00	12,3 ± 1,0
Ca, %	0,595 ± 0,031 (8)	5,2	2,2	0,48	0,582 ± 0,052
Cl, µg g ⁻¹	538,72 ± 1,96 (3)	0,4	6,0	0,47	573 ± 48
Co, ng g ⁻¹	404 ± 21 (7)	5,1	4,5	0,80	387 ± 42
Cs, µg g ⁻¹	3,75 ± 0,17 (8)	4,5	4,0	0,75	3,61 ± 0,37
K, %	1,70 ± 0,11 (8)	6,7	0,0	0,00	1,70 ± 0,12
Mg, µg g ⁻¹	2675 ± 593 (2)	22,2	19,4	2,56	2240 ± 170
Mn, µg g ⁻¹	1434 ± 139 (3)	9,7	8,7	2,47	1570 ± 110
Rb, µg g ⁻¹	83,9 ± 3,9 (8)	4,6	2,9	0,74	81,5 ± 6,5
Zn, µg g ⁻¹	37,1 ± 3,4 (8)	9,1	6,8	1,77	34,7 ± 2,7

M ± DP = Média e desvio padrão; n: número de determinações; DPR: Desvio Padrão Relativo; ER: Erro Relativo.

TABELA 2. Concentrações de Elementos nas Plantas Medicinais

Elementos	<i>Aloe vera</i>	<i>Morus nigra</i>	<i>Moringa oleifera</i>
	M ± DP (DPR, %)	M ± DP (DPR, %)	M ± DP (DPR, %)
As, ng g ⁻¹	(não detectado)	26,0 ± 7,4 (28,3)	(não detectado)
Br, µg g ⁻¹	8,14 ± 0,60 (7,4)	2,86 ± 0,14 (4,9)	35,2 ± 1,4 (4,0)
Ca, %	2,73 ± 0,11 (4,0)	2,79 ± 0,11 (3,9)	2,08 ± 0,13 (6,3)
Cl, µg g ⁻¹	11062 ± 531 (4,8)	1651 ± 25 (1,5)	407 ± 44 (10,7)
Co, ng g ⁻¹	615 ± 24 (3,9)	46,0 ± 5,8 (12,6)	21,9 ± 1,5 (6,8)
Cs, ng g ⁻¹	50,2 ± 2,9 (5,8)	137,5 ± 8,8 (6,4)	132,0 ± 8,2 (6,2)
K, %	3,22 ± 0,33 (10,2)	2,34 ± 0,11 (4,7)	1,76 ± 0,10 (5,7)
Mg, µg g ⁻¹	8492 ± 618 (7,3)	3036 ± 101 (3,3)	2668 ± 338 (12,6)
Mn, µg g ⁻¹	555 ± 63 (11,4)	43,7 ± 3,0 (6,9)	48,1 ± 6,7 (13,9)
Rb, µg g ⁻¹	51,1 ± 2,1 (4,1)	51,1 ± 2,5 (4,9)	17,73 ± 0,76 (4,3)
Sb, ng g ⁻¹	34,3 ± 2,5 (7,3)	84,9 ± 10,5 (12,4)	15,6 ± 1,5 (9,6)
Zn, µg g ⁻¹	198,6 ± 14,1 (7,1)	22,73 ± 0,62 (2,7)	19,69 ± 0,80 (4,1)

OBS: Resultado da média aritmética de 3 a 6 determinações.

CONCLUSÕES

Os elementos Ca e K estão em maiores concentrações nas amostras de plantas analisadas. O elemento Ca tem ação neutralizante, e o K apresenta ação diurética. As folhas de *Aloe vera* apresentaram alta concentração de Zn, elemento presente em remédios cicatrizantes. Os elementos tóxicos Cu e Cd não foram detectados, e os elementos As e Sb estão em concentrações muito baixas, não apresentando riscos significativos no consumo diário dessas plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Springfield, E. P.; Eagles, P. K. F.; Scott, G. *Journal of Ethnopharmacology*, v.101, p. 75-83, 2005.
- [2] De Soete, D; Gijels, R; Hoste, J. *Neutron activation analysis*, Wiley-Interscience, 1972.
- [3] Konieczka, P; Namiesnik, J. *Quality assurance and quality control in the analytical chemical laboratory. A practical approach*, CRC Press, p.27, 2009.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO
CNPq/PIBIC

Otimização dos parâmetros de fabricação de MEAs para células a combustível de membrana de troca protônica (PEMFC) de alto desempenho.

Camila Marinho Godoi Santos e Elisabete Inacio Santiago
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Células a combustível são dispositivos eletroquímicos que convertem energia química em energia elétrica e calor diretamente. Existem 5 tipos de células a combustível, que são classificadas em termos do tipo de eletrólito e, por consequência, temperatura de operação [1]. Dentre estas, a tecnologia da PEMFC tem se mostrado bastante promissora devido à elevada densidade de potência teórica, baixo peso e fácil operação. O componente-base de uma PEMFC é o conjunto membrana-eletrodos (MEA do inglês membrane-electrodes assembly), o qual é composto por dois eletrodos (ânodo e cátodo) aderidos à uma membrana polimérica condutora de prótons. Os eletrodos empregados em PEMFC, também chamados de eletrodos de difusão gasosa (EDG), são formados por uma camada difusora de gases (GDL do inglês gas diffusion layer) e uma camada catalisadora (CL do inglês catalyst layer) sobrepostas. As principais funcionalidades da GDL são o livre acesso do gás reagente (combustível ou oxidante) à CL, prover a condução elétrica e distribuição homogênea do gás reagente de água e gases na área eletroativa do eletrodo. Na CL ocorrem as reações eletroquímicas, ou seja, reação de oxidação do combustível hidrogênio (no ânodo) e reação de redução de oxigênio (no cátodo) [2]. Como dito anteriormente, o eletrólito, ou seja, o condutor protônico, comumente empregado em PEMFC é o Nafion (DuPont). Essa membrana é baseada em um esqueleto de PTFE e cadeias laterais perfluoradas (alquil vinil éter) com terminações sulfônicas (SO₃H), que são responsáveis pela condução protônica. Um dos desafios envolvendo a tecnologia de

PEMFC é a produção de MEA, que combine baixas cargas de Pt, que resulta em diminuição de custos, com alto desempenho energético. A otimização de MEA, tais como o emprego de técnicas de impregnação de CL diretamente em membranas, o que proporciona uma melhora no contato elétrico entre os componentes, e uso de membranas de menor espessura, que colabora com a diminuição das perdas por queda ôhmica e redução de custos.

OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo estudar a otimização dos parâmetros de fabricação da célula a combustível de membrana de troca protônica visando o aumento da área ativa de reação. Para que isso seja possível é necessário realizar estudos de comparação de hidrofobicidade e condutividade, na camada difusora entre diferentes surfactantes possibilitando assim definir o que gera melhor resultado.[1]

METODOLOGIA

Na camada difusora foram confeccionadas amostras de diferentes surfactantes, sendo eles: Dimetilacetamida, Dimetilsulfóxido, Dimetilformamida, Etilenoglicol, glicerol, Álcool Etilico, Álcool Isopropílico, solução de Dodecil sulfato de sódio. Foram realizados testes de resistividade através da medida da corrente e tensão elétrica, foi analisada a hidrofobicidade das amostras pelo ângulo de contato entre uma gotícula de água e a camada difusora. O eletrodo de difusão gasosa (EDG) é uma mistura de negro de fumo, teflon e surfactante, feita para obter uma pasta condutora de elétrons com características hidrofóbicas. Por fim, o EDG é tratado

termicamente a 360 graus por uma hora. As amostras de EDG foram submetidas as condições de pressão encontradas dentro de uma célula unitária, através de duas pontas de ouro foi aplicada uma corrente elétrica e a tensão elétrica foi obtida através de outras duas pontas de ouro[2]. O Preparo da camada catalítica seguiu o método usado no laboratório Los Alamos National Laboratory, composta por negro de fumo, solução Nafion 5%, solução glicerol e tetrabutilamônio em proporções definidas pelo método. A solução obtida é aplicada em um sustentáculo até atingir 0,2 mg Pt/cm² e depois prensado junto com a membrana de Nafion 212 à 210°C com 110lbs/cm². [2]

RESULTADOS

Foram realizados testes de resistividade através da medida da corrente elétrica e também da tensão elétrica, foi analisada a hidrofobicidade das amostras pelo ângulo de contato entre uma gotícula de água e a camada difusora. As análises de hidrofobicidade mostraram que a melhor amostra foi a obtida usando solução de Dodecil sulfato de sódio como surfactante, a segunda melhor foi a que utilizou Dimetilacetamida, sendo a pior amostra a usando Álcool Isopropílico.

Figura 1 Gráfico de ângulo de contato

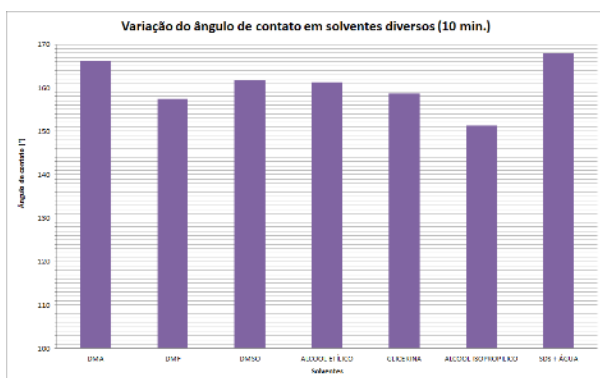
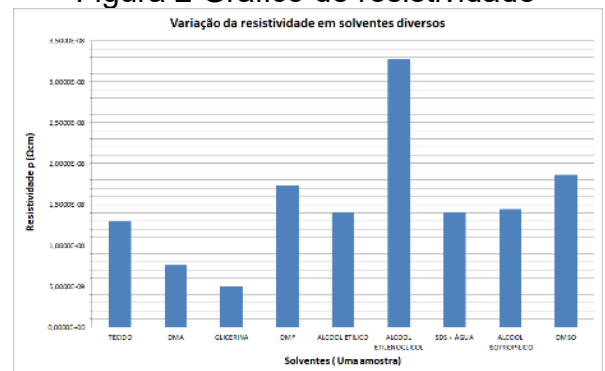


Figura 2 Gráfico de resistividade



CONCLUSÕES

Os testes feitos até agora mostraram que o surfactante Dodecil sulfato de sódio tem mostrado os melhores resultados na análise de hidrofobicidade e mesmo usando um método pouco satisfatório ele demonstra um melhor resultado, o segundo melhor surfactante tem se mostrado a Dimetilacetamida, sendo a pior amostra a usando Álcool Isopropílico. As amostras usando Dimetilsulfóxido, Etilenoglicol, glicerol, Álcool Etilico mostraram resultados semelhantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. ANDRADE, A. B. Desenvolvimento de conjuntos eletrodo-membrana- eletrodo para células a combustível a membrana trocadora de prótons (PEMFC) por impressão à tela. Dissertação (Mestrado) - Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, 2008.

[2]. The Regents of the University of California, Oakland, Calif. Mahlon S. Wilson, Los Alamos, N. Mex. MEMBRANE CATALYST LAYER FOR FUEL CELLS. Patent Number: 5,211,984. Date of Patent: May 18, 1993.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ/PIBITI

Estudo da permissividade elétrica de óxidos mistos

Deborah Yohana Bertoldo da Silva e Eliana Navarro dos Santos Muccillo
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-IPEN/CNEN

INTRODUÇÃO

Materiais dielétricos possuem diversas aplicações tecnológicas e são amplamente utilizados na indústria eletrônica e de microeletrônica devido à necessidade de otimização de novas tecnologias. Cerâmicas policristalinas com estrutura tipo perovskita são conhecidas por suas propriedades elétricas, como o $\text{Bi}_{2/3}\text{Cu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ (BCTO) que apresenta permissividade elétrica gigante baixas perdas dielétricas. Sua microestrutura que consiste em grãos semicondutores e contorno de grão isolante origina tais propriedades elétricas (modelo "IBLC") [1].

OBJETIVO

Os principais objetivos deste projeto são: a obtenção da cerâmica $\text{Bi}_{2/3}\text{Cu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ pelo método convencional de mistura dos reagentes e reação em estado sólido, e o estudo da dependência das propriedades elétricas e microscópicas em função dos parâmetros de processamento do BCTO, visando obter um conjunto de dados que possibilite escolher o melhor roteiro, de baixo custo, para sua elaboração, com propriedades otimizadas.

METODOLOGIA

Foram utilizados como materiais de partida os óxidos de bismuto, titânio e cobre de alta pureza (> 99%). Foi feita a mistura dos materiais de partida na proporção estequiométrica em misturador mecânico por 5 h com álcool isopropílico. Após a secagem a mistura foi homogeneizada. A mistura resultante foi tratada termicamente em 860°C por um tempo total de 10 h. O pó calcinado foi compactado com pressão de 12,5 MPa durante um minuto. Foram feitos também tratamentos térmicos em temperatura fixa de 950°C e

variando o tempo entre 2 e 12 h. As amostras foram caracterizadas por difração de raios X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de impedância.

RESULTADOS

A evolução da permissividade elétrica e das perdas dielétricas para o BCTO é mostrados na figura 1 e dados foram sumarizados na tabela I.

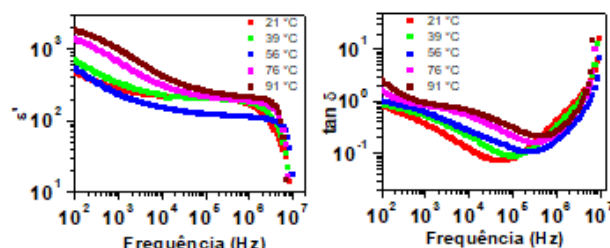


Figura 1: Variação da permissividade elétrica (esquerda) e perdas dielétricas (direita) para diferentes temperaturas de medida de amostras sinterizadas a 950°C por 5 h.

A permissividade elétrica aumenta ao elevar a temperatura de medida, evidenciando que a temperatura é um fator que influencia os mecanismos de polarização dos grãos.

É possível obter valores de permissividade gigante ($\epsilon' > 1000$) para baixas frequências (≤ 1000 Hz). As perdas dielétricas não são baixas ($\tan \delta > 1$) para temperaturas acima de 56°C até 1 kHz. Para a temperatura de 76° e 91° existe um pico em torno de 10 kHz. Nesta região existe um processo de relaxação do BCTO.

Tabela I: Constante dielétrica e permissividade de perda para diferentes temperaturas de medida na frequência de 1 kHz.

Temperatura de medida (°C)	ϵ'	Tan δ
21	2290	0,8
39	1817	0,7
56	2213	0,9
76	3472	2,4
91	3908	3,4

O resultado mais significativo é aquele obtido na temperatura ambiente (21°C), como apresentado na tabela I.

Foi possível obter valores da energia de ativação do processo de condução elétrica através do grão para o BCTO sinterizado em diferentes condições de temperatura e tempo, como mostrado nas figuras 2 e 3.

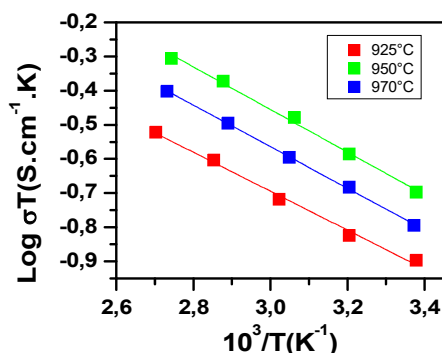


Figura 2: Gráfico de Arrhenius da condutividade elétrica intragranular, para amostras sinterizadas a 2 h por diferentes temperaturas.

Os valores da energia de ativação são 0,202; 0,282 e 0,250 eV para as temperaturas de sinterização de 925, 950 e 970°C, respectivamente. A energia é baixa, o que indica a facilidade de condução de cargas elétricas através dos grãos.

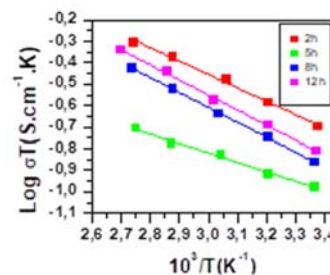


Figura 3: Gráfico de Arrhenius da condutividade elétrica intragranular, para amostras sinterizadas a 950°C por diferentes tempos.

Nota-se que o tempo de sinterização influencia no processo de condução através do grão. Os valores de energia de ativação encontrados foram 0,282; 0,200; 0,289 e 0,301 eV para os tempos de sinterização de 2, 5, 8 e 12 h, respectivamente.

CONCLUSÕES

O BCTO mostra-se candidato viável como material dielétrico, possuindo elevados valores de permissividade elétrica (em torno de 2.000) e baixas perdas dielétricas (aproximadamente 0,7) para uma ampla faixa de frequência (em torno de 1 kHz). A variação de temperatura não promove mudanças bruscas de permissividade elétrica, entretanto ainda é possível concluir que há influência térmica nos mecanismos de polarização. Grãos apresentam comportamento semicondutor, o que evidencia que o modelo IBLC é satisfatório para descrever a cerâmica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

OBJETIVO Jianjun Liu, Chun-Gang Duan, Wei-Guo Yin, W. N. Mei, R. W. Smith, J. R. Hardy, "Large Dielectric Constant and Maxwell-Wagner Relaxation in $\text{Bi}_{2/3}\text{Cu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ ", *Physical Review B* 70 (2004) 144106.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq /PIBIC

Produção de microesferas de ferrita por gelificação interna

Diego Santiago Matos e Luis Antonio Genova
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

INTRODUÇÃO

As ferritas são uma classe de materiais de fórmula molecular MFe_2O_4 , em que M representa um cátion de um metal bivalente, tal como: cobre, zinco, cobalto, níquel, entre outros. São considerados óxidos mistos com uma composição molar de 70% de óxido de ferro e 30% de um óxido de um cátion bivalente [1]. As ferritas possuem propriedades magnéticas e estabilidade química e térmica, com propriedades para serem utilizadas como adsorventes de metais pesados [2], no tratamento de câncer por hipertermia [3], como absorvedores de microondas ou como blindagem contra interferência eletromagnética [4], na fotocatalise excitada pela luz visível [5,6], entre outras aplicações. Estes óxidos são considerados materiais cerâmicos magnéticos e possuem normalmente estrutura cristalina do tipo espinélio, podendo ainda conter estruturas do tipo granada, hexaferritas, dentre outras [7]

OBJETIVO

Produzir por meio do processo de gelificação interna, microesferas de ferrita dopada com Ni e Zn, avaliando-se o efeito de diferentes parâmetros para a obtenção de microesferas isentas de trincas.

METODOLOGIA

Utilizamos como base a composição $Ni_{0,2}Zn_{0,5}Fe_2O_4$. Através de diferentes testes, variando a relação entre os reagentes, estão sendo avaliadas composições, sendo apresentados a seguir os resultados referentes à mistura apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 – Composição dos reagentes para a produção de microesferas de ferrita.

Reagentes	Quantidade (g)
$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	16,99
$Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	3,13
$NiCl_2 \cdot 6H_2O$	2,50
Ureia	2,39
HMTA	5,59
Água	2,00

Feita a solução, são misturadas a frio (3 a 5°C) de forma a inibir a gelificação, que deverá ocorrer somente quando a mistura for gotejada em coluna contendo óleo aquecido. Foi utilizado óleo de silicone, aquecido a 90°C, mas sabe-se que a gelificação pode ocorrer acima de 70 °C. As microesferas gelificadas foram mantidas por 1 h no óleo aquecido para que completasse toda a reação.

Após o término, as microesferas foram calcinadas a diferentes temperaturas (700 e 900 °C / 1h), e caracterizadas quanto às fases cristalinas presentes por difração de raios X, a superfície específica e a morfologia e tamanho por microscopia eletrônica de varredura.

Por fim foram realizados diversos experimentos durante a etapa de lavagem das microesferas, buscando-se extrair nesta etapa, o máximo da fase orgânica, com a consequente redução da massa a ser retirada durante a calcinação, por meio da utilização da autoclave de esterilização. Após a lavagem as microesferas foram secas ao ar por 24 horas, seguida de secagem em estufa a 110 °C, também por 24 h, e calcinação.

RESULTADOS

As microesferas secas e calcinadas a 700 °C podem ser avaliadas pelas figuras 1 e 2, podendo-se observar que após a calcinação ocorreu elevado índice de trincamento das mesmas. Supõe-se que os tratamentos de lavagem antes da secagem não tenham sido eficientes o suficiente para extrair a fase orgânica das microesferas, o que fez com que esta fase fosse retirada com o tratamento térmico, provocando a formação das trincas. Assim, esse tema deverá ser melhor explorado. Na figura 3 observa-se o difratograma de raios-X, podendo-se observar a formação da fase ferrita.



Figura 1 – microesferas de ferrita após a etapa de lavagem.

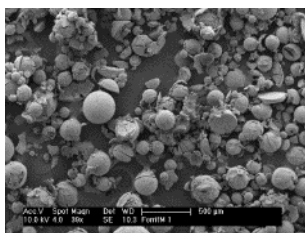


Figura 2 – Micrografias das microesferas após calcinação a 700 °C, observando-se a elevada formação de trincas.

CONCLUSÕES

O método da gelificação interna se mostrou eficiente para a produção de microesferas de ferrita. Os tratamentos de lavagem e térmico empregados ainda não proporcionaram a eliminação das trincas, e por isso deverão ser realizados estudos e experimentos com

novas composições e novos tratamentos, baseando-se em ensaios de análise térmica (ATG e ATD), e de adsorção/dessorção para avaliar a estrutura de poros e a superfície específica destas microesferas.

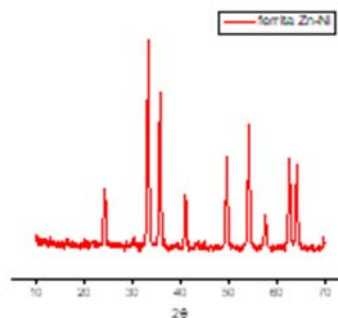


Figura 3 – Difração de raios X das microesferas de ferrita

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Hajalilou, A.; Mazlan, S. A.; Appl. Phys. A 680 2016 1-15.
- [2] Liu, F.; Zhou, K.; Chen, Q.; Wang, A.; Chen, W.; Adsorption Science & Technology 36(7–8) 2018 1456–1469
- [3] Miyazaki, T.; Miyaoka, A.; Ishida, E.; Li, Z.; Kawashita, M.; Hiraoka, M.; Materials Science and Engineering C 32 2012 692–696
- [4] Harris, V. G.; IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, 48(3) 2012 1075-1104
- [5] Casbeer, E.; Sharma, V. K.; Li, X-Z; Separation and Purification Technology 87 2012 1–14
- [6] Liu, Y.; Hsu, J.; Fu, Y.; Tsai, K.; International Journal of Hydrogen Energy 41 2016 15696-15702
- [7] Pullar, R. C.; Progress in Materials Science 57 2012 1191–1334

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, CNEN

Nanoestrelas de óxido de zinco decorados com ouro e níquel para aplicações em catálise e reforma de etanol

Eduardo Guimarães Candido e Thenner Silva Rodrigues
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

INTRODUÇÃO

No trabalho apresentado buscou-se mostrar as aplicações e particularidades das nanoestrelas de ZnO, desenvolvidas por um método de precipitação¹ e que possui como diferencial, o fato de ser mais ambientalmente seguro, uma vez que é desenvolvido em temperatura ambiente, com reagentes menos agressivos e pode ser feito em um laboratório com poucos recursos.

OBJETIVO

Este trabalho objetiva demonstrar a utilização das nanoestrelas de ZnO como suporte para a deposição de nanopartículas controladas de ouro, e mostrar sua aplicação na desidrogenação a vapor, e consequente produção de acetaldeído, do etanol.

METODOLOGIA

Nanoestrelas de ZnO:

As nanoestrelas de ZnO foram desenvolvidas pelo método de precipitação em solução aquosa, e para isso foi utilizado 1g de Zn(NO₃)₂ de grau analítico (99,9%), dissolvido em 100 mL de água deionizada. Adiciona-se 30,00 mL de NH₄OH 0,15M e NaOH 1M até pH 9. Todos os reagentes são Sigma Aldrich.

Deposição de Au NPs nas nanoestrelas:

Tipicamente², adiciona-se 40mg de estrelas de ZnO e 13 mg de PVP são adicionados em 10 mL de etilenoglicol.

A suspensão obtida é então transferida para um balão de fundo redondo de 25 mL e mantido sob agitação vigorosa a 90°C por cerca de 15 minutos. Então, 1,00 mL de solução 120mM de NaBH₄ e 1,00 mL de solução 25mM de AuCl₄⁻ foram adicionados à reação. Essa suspensão ficou sob agitação por 1 hora. A lavagem foi feita com água e etanol, 3 vezes com cada um deles.

RESULTADOS

A principal reação de interesse era a reforma a vapor do etanol, cujo mote principal é a sustentabilidade. No entanto, foi observado que a reforma não ocorreu ou ocorreu por um período muito curto, o que não levaria à um apelo maior.

Neste caso, observou-se que a reação de desidrogenação² foi muito superior em termos de seletividade e conversão; a estabilidade do catalisador foi avaliada também e se mostrou um catalisador robusto, como visto na **Figura 1**, assim sendo optou-se por utilizar as nanoestrelas decoradas com ouro como catalisador em reações de desidrogenação.

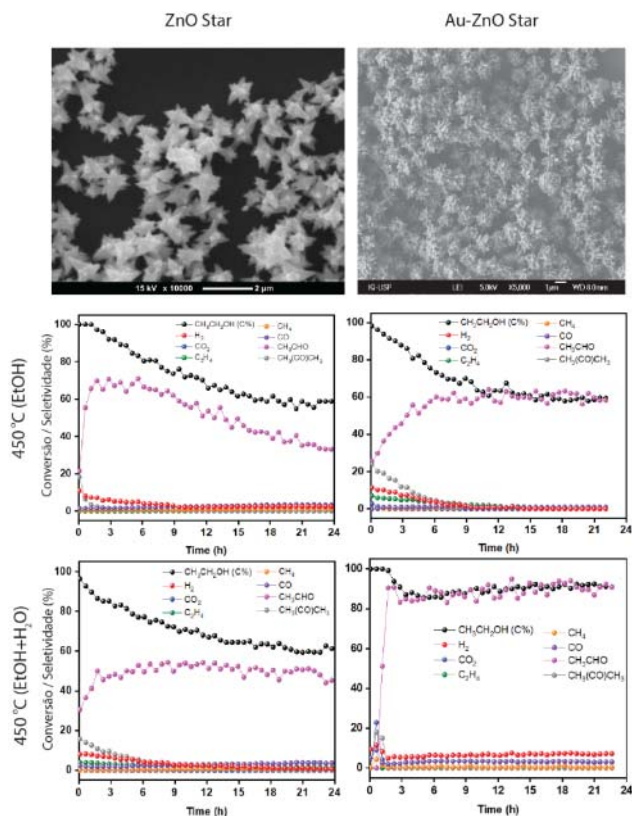


Figura 1: Imagens de MEV das nanoestrelas de ZnO (A - puras e B - decoradas com Au) e suas performances frente à desidrogenação a 450°C, com e sem água como auxiliar.

O grande diferencial da nanoestrutura híbrida Au-ZnO, é que a seletividade para acetaldeído aumenta com a utilização do metal, e interessante, quando se utiliza o sistema com água e etanol, a seletividade e taxa de conversão são maiores.

Isso pode ser explicado quando se pensa que a água, ao interagir com os sítios ativos do ZnO e do Au, remove de sua superfície espécies provenientes de reações secundárias como a desidratação, ou intermediários de reação na formação do acetaldeído, como é o caso do crotonaldeído.

CONCLUSÕES

Da imagem, e através das performances, pode-se concluir que a seletividade e taxa de conversão de etanol para acetaldeído, ocorre de maneira muito mais expressiva quando se utiliza as nanoestrelas decoradas com ouro em um sistema que emprega água e etanol na reação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *J. Chem. Educ.* 94, 6, 743-750
2. A.G.M. da Silva et al. / *Applied Catalysis B: Environmental* 184 (2016) 35–43
3. Rahman, M.M., Davidson, S.D., Sun, J. et al. *Top Catal* (2016) 59: 37

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ/FAPESP

NANOPARTÍCULAS METÁLICAS SUPORTADAS EM ÓXIDOS SÓLIDOS COMERCIAIS: SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO NA REFORMA A VAPOR DO ETANOL

Felipe Anchieta e Silva e Thenner Silva Rodrigues
Centro de Células a Combustível e Hidrogênio - IPEN

INTRODUÇÃO

Nesse presente estudo, foi demonstrado a performance da influência do suporte na reforma a vapor do etanol. Dentre os suportes mais usados na literatura, foram escolhidos os presentes: CeO₂, SiO₂, ZnO, TiO₂ e Al₂O₃ comerciais, que foram decorados com Rh [1], um dos metais mais usados para a reforma.

OBJETIVO

O trabalho objetiva sinergia entre metal ativo e suporte. Neste contexto, o presente estudo demonstra a influência e desempenho dos catalisadores na reforma a vapor do etanol, propondo a síntese, caracterização e catálise através das nanopartículas de Rh suportado em óxidos comerciais: CeO₂, SiO₂, ZnO, TiO₂ e Al₂O₃.

METODOLOGIA

Os catalisadores foram preparados pelo método de deposição por ureia, seguindo o procedimento descrito no artigo [2]. Para ser depositado 1 %_(mol/mol) metal, adicionaram-se 2,0 g de suporte em 0,1 mol.L⁻¹ de ureia, em aquecimento a 90 °C sob agitação.

Posteriormente, adicionou-se 1 % (m metal do óxido / m metal a ser depositado) e solução resultante foi mantida sob homogeneização por 4 h a 90 °C. Em seguida, lavou-se 6 vezes consecutivas com água e 3 vezes com etanol, posteriormente secou-se a 110 °C por 2 h, e calcinou a 450 °C por 4 h com rampa de aquecimento de 10 °C.min⁻¹.

A fim de caracterizar os catalisadores foram realizadas as seguintes técnicas: análise termogravimétrica, análise de temperatura de dessorção programada de CO, análise de redução a temperatura programada, análise BET, análise de quimissorção, difração de raio X, espectroscopia Raman, espectroscopia de raio X por dispersão de energia, espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente, microscopia eletrônica de varredura e microscopia eletrônica de transmissão de alta resolução.

Os experimentos catalíticos foram realizados à pressão atmosférica em um reator tubular com 0,28 mmol de metal no catalisador diluído, se necessário, em carvão de silício para obter 1 cm de leito a 550 °C.

RESULTADOS

Através da Figura 1 pôde-se observar que o catalisador de Rh-CeO₂ teve 100 % de conversão em todo o ensaio, maior seletividade pelo H₂, aproximadamente 40 %. Com o catalisador Rh/TiO₂ também obteve 100 % de conversão, porém com menos rendimento de em H₂.

Já os catalisadores de Rh depositado em Al₂O₃, SiO₂ e ZnO também obtiveram 100 % da conversão do etanol, porém, por tempo limitado, tiveram baixa seletividade pelo hidrogênio, com alta produção acetaldéido, dessa forma podendo ser mais bem aproveitados em outras reações.

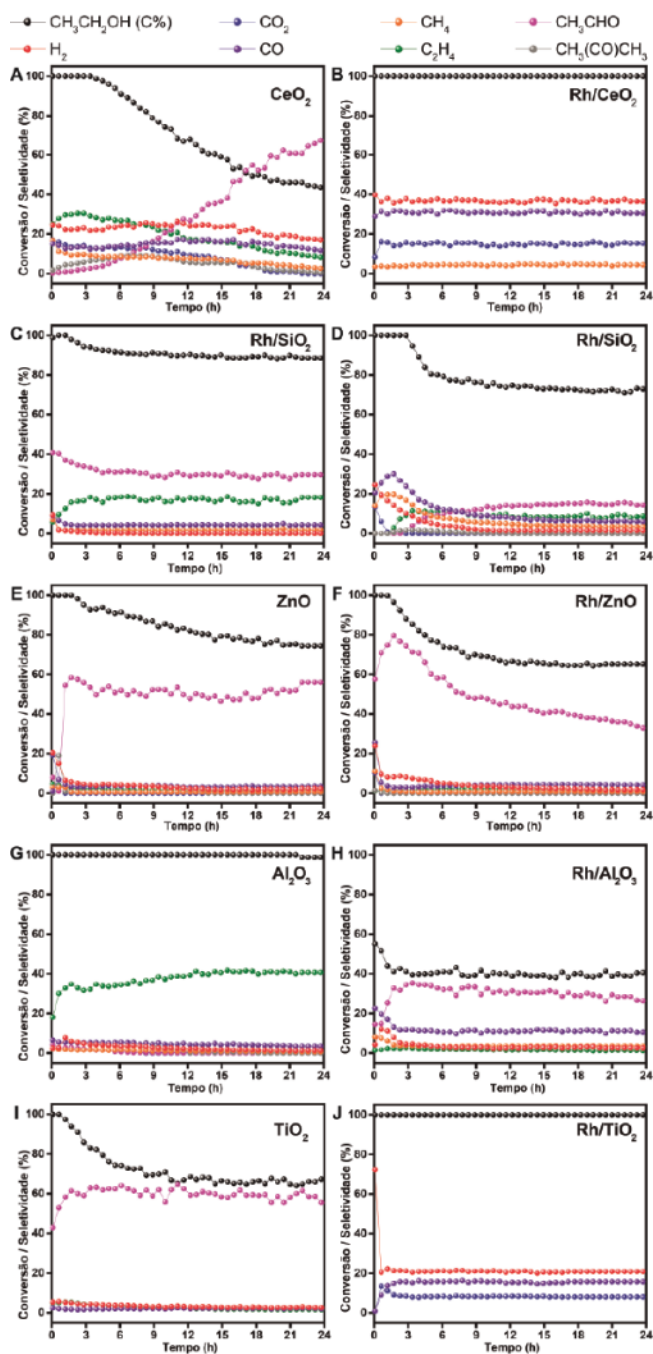


Figura 1. Reforma a vapor do etanol dos catalisadores CeO_2 , SiO_2 , ZnO , Al_2O_3 , TiO_2 , Rh/CeO_2 , Rh/SiO_2 , Rh/ZnO , Rh/TiO_2 e $\text{Rh/Al}_2\text{O}_3$.

CONCLUSÕES

Ao observar os dados da Figura 1, conclui-se que de fato há profunda influência do suporte nos catalisadores, devido às suas características ácido-base, quanto à vacância e oxigênio e entre outras peculiaridades de

cada. Tendo parâmetros como seletividade pelo hidrogênio, conversão, e seletividade pelo monóxido de carbono, podendo produzir coque, o melhor suporte é CeO_2 , seguido de TiO_2 , SiO_2 , ZnO e Al_2O_3 .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] WANG, C. *et al.*, Three-way catalytic reactions on Rh-based catalyst: Effect of Rh/ceria interfaces, *Applied Catalysis A: General*, 544, 30–39, ago. 2017.

[2] GU, D. *et al.* Gold on Different Manganese Oxides: Ultra-Low-Temperature CO Oxidation over Colloidal Gold Supported on Bulk- MnO_2 Nanomaterials. *Journal of the American Chemical Society*, 138, 9572–9580, ago. 2016b.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Esse projeto teve apoio financeiro do CNPq/PIBIC.

Efeito da radiação gama em propriedades reológicas da mucilagem de chia

Gabriel De Souza Chierentin e Nélida Lúcia Del Mastro
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A chia (*Salvia hispanica* L.) é uma herbácea pertencente à família Lamiaceae, a qual é nativa da região do sul do México e do norte da Guatemala [1]. A composição química da semente de chia é composta por proteínas (15-25%), lipídios (30-33%), fibras dietéticas (18-30%), carboidratos (26-41%), cinzas (4-5%), minerais e vitaminas, além de dispor de uma quantidade elevada de componentes antioxidantes [2], ácido α -linolênico (Ω -3) e linoleico (Ω -6) [3]. Quando as sementes de chia são embebidas em água, elas se expandem e se tornam muito gelatinosas em sua textura. A mucilagem da semente de chia possui uma alta quantidade de fibra solúvel que permanece firmemente aderida às sementes. Os polissacarídeos do exsudato da chia encontram aplicações na indústria alimentícia [4].

Certos produtos podem ser beneficiados por ações específicas da interação da radiação ionizante com componentes dos alimentos [5]. A irradiação de alimentos é uma tecnologia promissora que pode contribuir para a segurança de abastecimento de alimentos e que oferece algumas vantagens sobre outros métodos de preservação de alimentos [6].

OBJETIVO

Estudar o efeito da radiação gama em propriedades reológicas da mucilagem de chia desenvolvendo as seguintes etapas: i) Extrair mucilagem de chia hidratada; ii) Irradiações; iii) Separar fase aquosa e mucilagem; iv) Analisar e classificar comportamento reológico da mucilagem de chia.

METODOLOGIA

Foram seguidos 2 procedimentos:

A) As sementes de chia foram adquiridas em mercado de produtos alimentícios de São Paulo. A irradiação das sementes foi realizada em uma fonte de ^{60}Co Gammacell 220 (AECL) com doses de 0, 5 e 10 kGy, com taxa de dose de $0,8 \text{ kGy h}^{-1}$. Após 7 dias de armazenamento, a mucilagem de chia foi obtida através do processo de hidratação [7], em água destilada em uma proporção 1:30 (semente: água), com agitação magnética por 2h em temperatura ambiente. A mucilagem formada foi separada por centrifugação a 11600 g por 30 minutos, em tubos de 50 mL. Após esse processo a nuvem de mucilagem mais densa foi pipetada e analisada imediatamente em viscosímetro Brookfield, a $25 \pm 1^\circ \text{C}$, em triplicata.

B) A mucilagem de chia foi obtida através do mesmo processo de hidratação, separada por centrifugação a 11600 g por 30 minutos, em tubos de 50 mL. Após esse processo a nuvem de mucilagem mais densa foi pipetada e irradiada imediatamente. A irradiação da mucilagem foi realizada em fonte de ^{60}Co Gammacell 220 (AECL), com doses de 0, 5 e 10 kGy. A taxa de dose foi de $\sim 0,8 \text{ kGy h}^{-1}$. As amostras irradiadas foram armazenadas em geladeira (6 a 10°C) por 7 dias até a data das análises. As amostras foram analisadas em viscosímetro Brookfield, a $25 \pm 1^\circ \text{C}$ em triplicata.

RESULTADOS

As amostras obtidas pelo método B, possuem tensão de cisalhamento

significativamente maior em relação as amostras obtidas pelo método A (Fig. 1).

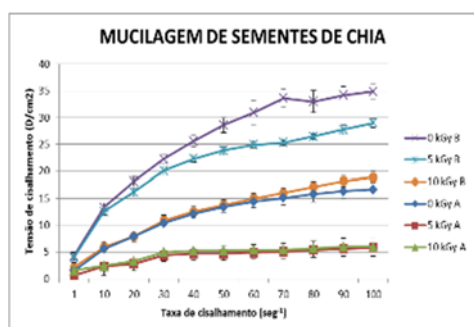


Fig. 1. Tensão de cisalhamento vs taxa de cisalhamento de mucilagem de chia obtida por diferentes métodos

É possível observar em todas as amostras que há um acréscimo de tensão de cisalhamento conforme o aumento da taxa de cisalhamento aplicada.

A mucilagem extraída das sementes irradiadas tem viscosidade muito maior em relação à mucilagem irradiada, conforme evidenciado na Fig. 2.

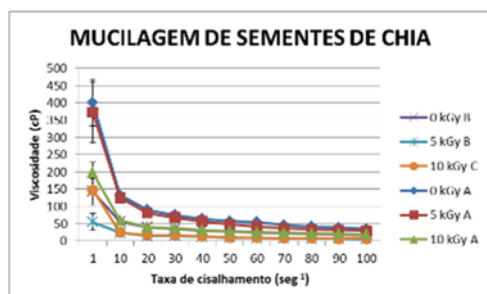


Fig. 2. Viscosidade vs taxa de cisalhamento de mucilagem de chia obtida por diferentes métodos.

CONCLUSÕES

A radiação gama afetou significativamente a viscosidade da mucilagem de chia.

De acordo com os dados obtidos, podemos classificar a mucilagem de chia como um fluido Não Newtoniano, independente do tempo, sem tensão de cisalhamento inicial, caracterizado como pseudoplástico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[93] Ayerza R, Coates W. Chia: Rediscovering a forgotten crop of the Aztecs. Tucson: The University of Arizona Press, 2005.

[94] Migliavacca RA, Silva TRB, Vasconcelos ALS, Filho WM, Baptistella JLC. O cultivo da chia no Brasil: futuro e expectativas. Journal of Agronomic Sciences, Umuarama. 2014. v.3, n. especial, p.161-179.

[95] Peiretti, PG, Gai, F. Fatty Acid and Nutritive Quality of Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds and Plant During Growth. Animal Feed Science and Technology, Amsterdam. 2009. v.148, n.2-4, p. 267-275.

[96] Craig R. Application for approval of whole chia (*Salvia hispanica* L.) seed and ground whole seed as novel food ingredient. Company Representative Mr D Armstrong, Northern Ireland. 2004.

[97] Mastro NLD. A radiação ionizante na promoção da alimentação adequada e saudável. Vigilância Sanitária em Debate. 2015, v.3, n.2, p. 114-121.

[98] Hayes DJ. Et al. Food irradiation. A sourcebook. Ames, I.A. 1995.

[99] Dick M. Et al. Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. Carbohydrate Polymers. 2015. v.130, p.198 – 205.

APOIO FINANCEIRO

CNPq. Bolsa Iniciação científica.

Preparação e caracterização de pó cerâmico ZrO_2-SiO_2 pelo método sol-gel para aplicação em biomateriais

Gabriel Trindade Eretides e Chieko Yamagata
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O zircônio tem atraído considerável interesse dos pesquisadores devido às suas excelentes propriedades de dureza, resistência a choques e resistência química. Sendo assim, o zircônio é um material importante em aplicações de alta resistência mecânica e tenacidade à fratura [1]. A zircônia pura possui três formas polimórficas: cúbica (c), tetragonal (t) e monoclinica (m). A estrutura cúbica é estável desde a temperatura de fusão $2680^\circ C$ até $2350^\circ C$, quando se transforma em tetragonal, que por sua vez se transforma em monoclinica a $1170^\circ C$, que é estável à temperatura ambiente. A t- ZrO_2 tem sido a mais estudada por suas características mecânicas estáveis. A zircônia que se encontra na sua fase m, na sinterização transforma-se em t, no resfriamento a transição da fase t para a fase m, ocorre um aumento de volume de 3% a 5% na rede cristalina. Este aumento de volume é suficiente para fazer com que o material exceda os limites elásticos e de fratura, levando a rachaduras. Uma forma de resolver esse problema é estabilizar a fase t em temperatura ambiente, com dopantes. A estabilização do ZrO_2 tetragonal metaestável em uma ampla faixa de temperatura pode ser obtida pela preparação de óxidos binários dopantes, como $CaO-ZrO_2$, $MgO-ZrO_2$ ou $Y_2O_3-ZrO_2$. Essa zircônia dopada, que é a chamada zircônia estabilizada, apresenta resistência à fratura e resistência ao choque térmico melhorado em comparação com a zircônia não dopada, a não estabilizada. Contudo, mesmo estabilizada a ZrO_2 na fase t é pobre de características bioativas. Uma alternativa potencial para a solução disso, seria a dopagem da zircônia com SiO_2 [2]. A SiO_2 desempenha um papel significativo em características bioativas. A interação dela

com os fluidos corporais circundantes resulta na formação de uma camada de silanol superficial (Si-OH) que atua como um local de nucleação para a formação da camada de apatita. Os estudos sobre o sistema ZrO_2-SiO_2 aplicados em áreas de biomateriais e biomedicina ainda são relativamente recentes, porém suas propriedades são de excelência. Uma das novas aplicações é utilização da ZrO_2-SiO_2 como revestimento cerâmico para reduzir a suscetibilidade de próteses de titânio à corrosão. Este estudo, concentra-se principalmente na preparação de óxidos binários ZrO_2-SiO_2 contendo alto teor de SiO_2 , sintetizados por meio do processo sol-gel de forma eficiente e minuciosa para diversas aplicações na área biomédica.

OBJETIVO

Síntese e caracterização de pó cerâmico sistema ZrO_2-SiO_2 em uma ampla faixa de composição, variando a concentração de SiO_2 e fazendo o tratamento térmico a fim de alcançar vantagens duplas na obtenção de uma fase de ZrO_2 tetragonal e características bioativas, promovidas pela adição de SiO_2 , para aplicação como biomaterial.

METODOLOGIA

Os reagentes usados para a síntese do pó cerâmico foram soluções de Na_2SiO_3 , $ZrOCl_2$ e HCl. A Fig. 1 mostra um fluxograma de processo seguido para a síntese do material.

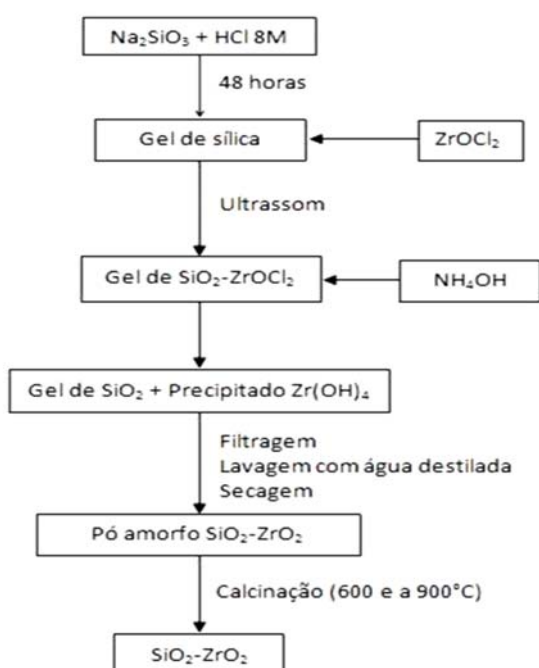


Figura 7: Fluxograma da síntese de SiO₂-ZrO₂.

Após as calcinações o material foi caracterizado por DRX.

RESULTADOS

A 600°C a fase predominante para todas as amostras é amorfa e a 900°C na amostra ZS60 (1,60% de mol de sílica a mais que de zircônia) foi obtido a fase tetragonal da zircônia. A tabela 1 mostra os resultados obtidos a partir da calcinação na temperatura de 900°C.

Tabela 1 - Relação das amostras preparadas com a composição e fase cristalina após calcinação a 900°C por 1h.

Amostra de ZrO ₂ SiO ₂	ZrO ₂ : SiO ₂ (mol)	Fase Cristalina
ZS1	1,00:1,00	Amorfo
ZS15	1,00:1,15	Amorfo
ZS30	1,00:1,30	Amorfo
ZS45	1,00:1,45	Amorfo
ZS60	1,00:1,60	Tetragonal

A Fig. 2 mostra difratograma obtido por DRX da amostra ZS60 após calcinação a 900°C por 1h.

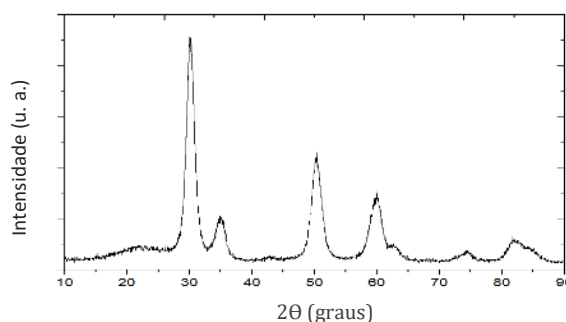


Figura 2: Difratograma da amostra ZS60 calcinada a 900°C.

Comparando-se os resultados mostrados na Fig. 2 com padrões de DRX, verificou-se que a fase obtida se identifica com a ficha ICDD no. -01-079-1765- t-ZrO₂.

CONCLUSÕES

No presente trabalho, foi sintetizado pó cerâmico de ZrO₂-SiO₂ por meio do processo sol-gel. O método possibilita a mistura homogênea dos reagentes, além da facilidade no controle estequiométrico para obtenção da fase cristalina adequada para a aplicação específica. A fase tetragonal desejada para aplicação biomédica foi obtida por tratamento térmico do pó precursor a 900°C por 1h.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[100] C. Picioni, G. Maccauro, "Zirconia as a ceramic biomaterial" *Biomaterials*, v. 20, p. 1-5, (2000).

[101] R. A. Shalliker, L. Rintoul, G. K. Douglas, and S. C. Russell, "A Sol-Gel Preparation of Silica Coated Zirconia Microspheres as Chromatographic Support Materials," *J. Mater. Sci.*, 32, 2949-55 (1997).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa CNPq/PIBIC.

Avaliação das frações mássicas de elementos em cascas de árvores de uma pequena área urbana

Gabriel Ishimaru, Eliane Conceição dos Santos e Mitiko Saiki
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

As cascas de árvores têm sido mostradas como uma importante fonte de informações sobre a poluição aérea [1]. Isto devido às diversas vantagens no seu uso como biomonitor, com ampla disponibilidade de espécies arbóreas em extensas regiões geográficas, sua resistência às variações ambientais, facilidade na coleta e tratamento das amostras e retenção de aerossóis nas superfícies porosas das cascas. Consequentemente é de grande interesse estudar sobre a variabilidade espacial dos teores de elementos em cascas de árvores para avaliar a extensão em que os elementos das cascas obtidos em um determinado ponto de amostragem são representativos. No caso dos poluentes medidos pelas redes de monitoramento automático da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) as medições são representativas dentro de uma pequena área de um raio de 100 m no entorno da estação [2]. Entretanto estes dados para o caso das cascas são praticamente inexistentes.

Apresenta-se neste trabalho os resultados preliminares dos teores de elementos em cascas da espécie Sibipiruna (*Poicianaella pluviosa*) coletada numa pequena área urbana da cidade de São Paulo dentro de um raio de 320 m da estação da rede de monitoramento da CETESB.

OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi analisar cascas de árvores coletadas numa pequena área urbana para avaliar a variabilidade espacial das frações mássicas dos elementos.

METODOLOGIA

A metodologia analítica utilizada foi a análise por ativação com nêutrons (NAA).

Coleta e tratamento das amostras de cascas da Sibipiruna. As cascas das árvores foram coletadas a 1,5 m de altura do solo. Foram amostradas cascas de árvores das quatro faces dos troncos de diâmetros similares e os pontos situados a um raio de 320 m da estação de monitoramento da CETESB. Para análise, foram realizadas a limpeza das cascas e a remoção de cerca de 2 mm de espessura da camada superficial usando um ralador de titânio. As amostras obtidas foram moídas em um micro-moinho.

Procedimento da NAA Alíquotas das amostras foram irradiadas no reator nuclear IEA-R1 juntamente com os padrões sintéticos de elementos por um período de 16 h e sob fluxo de nêutrons térmicos de $4,2 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. As atividades gama induzidas foram medidas pela espectrometria de raios gama. Os radioisótopos formados na irradiação foram identificados pela meia vida e energias dos raios gama e as concentrações dos elementos calculadas pelo método comparativo. Foi avaliada a exatidão e a precisão dos resultados pela análise do material de referência certificado (MRC) INCT-MPH-2 *Mixed Polish Herbs*

RESULTADOS

Na TABELA 1 estão as médias das frações mássicas de elementos com desvios padrão relativos, erros relativos e valores de Zscore [3]. Estes resultados indicam, em geral, uma boa precisão com DPRs, inferiores a 15%. Os resultados obtidos indicam também uma

boa concordância com os valores do certificado e os valores de IZscorel foram inferiores a 2 indicando uma boa exatidão dos dados obtidos.

Os resultados preliminares da TABELA 2 mostram que as variações nas frações

mássicas nas cascas de diferentes árvores dependem do elemento. Os elementos Co, Cs e Sc que estão em teores mais baixos apresentaram maior variabilidade nas suas frações mássicas.

TABELA 1. Frações Mássicas de Elementos Obtidos no MRC INCT MPH-2 Mixed Polish Herbs

Elementos	M ± DP	DPR, %	ER, %	IZscorel	Valor do Certificado
As, ng g ⁻¹	169 ± 11	6,7	11,4	0,85	191 ± 23
Ca, %	1,121 ± 0,069	6,2	3,8	0,41	1,08 ± 0,07
Co, ng g ⁻¹	204 ± 0,14	6,8	2,8	0,21	210 ± 25
Cr, µg g ⁻¹	1,92 ± 0,25	13,2	13,8	0,82	1,69 ± 0,13
Cs, ng g ⁻¹	74,9 ± 3,2	4,3	1,4	0,14	76,0 ± 7,0
Fe, µg g ⁻¹	514 ± 29	5,7			(460)*
K, %	1,88 ± 2,7	14,1	1,5	0,096	1,91 ± 0,12
La, ng g ⁻¹	570,8 ± 100,6	17,6	0,04	0,002	571 ± 46
Rb, µg g ⁻¹	11,06 ± 0,45	4,1	3,4	0,43	10,7 ± 0,7
Sb, ng g ⁻¹	63,8 ± 4,2	6,6	1,8	0,12	65,5 ± 9,1
Sc, ng g ⁻¹	120,5 ± 6,2	5,2	2,0	0,23	123 ± 9
Zn, µg g ⁻¹	33,69 ± 0,97	2,9	0,6	0,08	33,5 ± 2,1

M ± DP = Média aritmética e desvio padrão de pelo menos 3 determinações; DPR = Desvio padrão relativo; ER = Erro relativo; * - Valor Informativo

TABELA 2. Frações Mássicas de Elementos Obtidos em Cascas de Árvores

Elemento	M ± DP (n)	Faixa
As, ng g ⁻¹	81 ± 48 (5)	54 - 165
Ca, %	4,34 ± 0,44 (7)	3,55 - 4,74
Co, ng g ⁻¹	303 ± 182 (5)	149 - 619
Cr, µg g ⁻¹	1,80 ± 0,89(5)	0,83 - 2,89
Cs, ng g ⁻¹	130 ± 143 (5)	49 - 384
Fe, µg g ⁻¹	496 ± 249 (5)	239 - 791
K, µg g ⁻¹	1479 ± 443 (7)	846 - 2137
La, ng g ⁻¹	1025 ± 378(7)	523 - 1451
Rb, µg g ⁻¹	3,48 ± 0,46 (7)	2,98 - 4,19
Sb, ng g ⁻¹	546 ± 273 (5)	332 - 929
Sc, ng g ⁻¹	99 ± 49 (5)	47 - 164
Zn, µg g ⁻¹	50,0 ± 26,7 (5)	28,6 - 95,9

M ± DP (n) = Média e desvio padrão de resultados de cascas de n arvores distintas

diferentes árvores indicaram a variabilidade nas frações mássicas apesar da coleta ter sido feita numa área muito pequena.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[102]Harabaszcz, M.; Mróz, L.Polish Journal of Environmental Studies, v.26, p.453-466, 2017.

[103]CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Emissões veiculares no Estado de São Paulo, 2013. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>.

[104] Konieczka, P; Namiesnik, J. Quality assurance and quality control in the analytical chemical laboratory. A practical approach, CRC Press, p.27, 2009.

CONCLUSÕES

Os resultados da análise do MRC demonstraram a viabilidade de aplicar o procedimento de NAA no presente estudo devido à boa exatidão e precisão dos dados obtidos. Os resultados preliminares das cascas de

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, FAPESP e CNEN

Estudo *in vitro* de um novo fotoabsorvedor para a irradiação de laser Nd:YAG na prevenção de erosão em esmalte

Gabriela Vieira Gomes, Daísa de Lima Pereira e Denise Maria Zezell
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O laser Nd:YAG apresenta bons resultados na prevenção de erosão dental através de seus efeitos térmicos na superfície irradiada, alterando química e morfológicamente sua estrutura por gerar mudanças nos parâmetros da rede cristalina, formando fases cristalográficas mais resistentes à desmineralização [105][106] [107]. Seu comprimento ($\lambda = 1064\text{nm}$) é pouco absorvido pela hidroxiapatita, sendo necessário o uso de um fotoabsorvedor compatível com a região de absorção do laser, favorecendo a absorção da maior parte dos fótons na superfície do tecido duro e diminuindo os riscos de danos à polpa dental por aquecimento [105]. Os fotoabsorvedores comumente utilizados apresentam resultados positivos, porém, podem causar pigmentação da superfície por serem de coloração escura [105][107]. Neste estudo, um novo fotoabsorvedor está sendo avaliado para a irradiação de Nd:YAG na prevenção da erosão em esmalte.

OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar o uso do dentifrício escuro *Black is White, Curaprox®* como novo composto fotoabsorvedor para irradiação de laser Nd:YAG ($\lambda = 1064\text{nm}$) na prevenção de erosão em esmalte.

METODOLOGIA

Estudo aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do IPEN – CNEN/SP sob N°149/14. Na primeira etapa do estudo, 75 blocos de esmalte bovino foram divididos em 5 grupos (n=15), de acordo com a microdureza inicial: G1 – esmalte sem tratamento; G2 – aplicação de flúor fostato acidulado

(APF, [F-]=1,23%, pH= 3,3 a 3,9); G3 – irradiação de laser Nd:YAG (1064nm, 0,6W, 10Hz); G4 – irradiação de laser Nd:YAG (padrões G3) utilizando uma pasta à base de carvão mineral como fotoabsorvedor; G5 – irradiação com laser Nd:YAG (padrões G3) utilizando dentifrício escuro (*Black is White, Curaprox®*) como fotoabsorvedor. Os grupos foram submetidos a um desafio erosivo de 3 dias (ácido cítrico 1%, pH = 3,6, 5min, 2x/dia) sob agitação e remineralização (saliva artificial, pH = 7,0, 120min), mimetizando o ambiente oral de um paciente com refluxo gástrico. Na segunda etapa do estudo, para avaliar a variação de cor da superfície, 30 blocos de esmalte bovino (n=5) foram divididos randomicamente em 6 grupos: G1 – esmalte sem tratamento; G2 – irradiação com Nd:YAG (1064nm, 0,6W, 10Hz) utilizando uma pasta à base de carvão mineral como fotoabsorvedor; G3 – irradiação com Nd:YAG (1064nm, 0,6W, 10Hz) utilizando dentifrício escuro (*Black is White, Curaprox®*) como fotoabsorvedor. Os grupos iniciais foram analisados pelas técnicas de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Espectroscopia de Fluorescência de Raios X (WDXRF) e Tomografia por Coerência Óptica (OCT). As amostras da segunda etapa do estudo passaram por OCT para determinação do coeficiente de atenuação, MEV e pelo Sistema Cielab de Análise de Variação de Cor. Todos os métodos de análise são não-destrutivos e foram utilizados antes e após os tratamentos.



Figura 01 – Primeira etapa do estudo: efeitos do dentifrício escuro quando utilizado como fotoabsorvedor na irradiação de Nd:YAG.

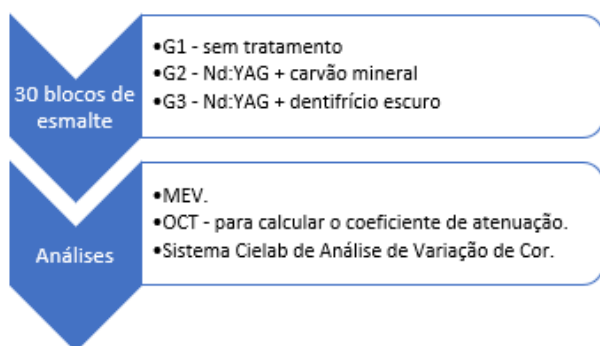


Figura 02 – Segunda etapa do estudo: análise da variação de cor da superfície.

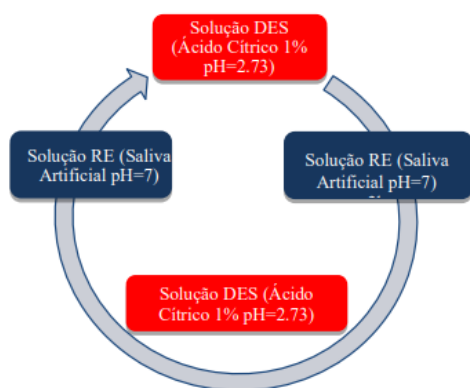


Figura 03 – Ciclagem de pH.

RESULTADOS

Grupos irradiados com laser Nd:YAG e dentifrício escuro como fotoabsorvedor (G5 no primeiro estudo e G3 e G6 na segunda etapa) apresentaram menor pigmentação, enquanto a utilização de carvão mineral

acarretou em manchamento da superfície das amostras. Morfologicamente, foi possível observar a formação de melting na superfície dos grupos irradiados, com destaque aos grupos que utilizaram fotoabsorvedores. As concentrações de cálcio e fosfato diminuíram nos grupos irradiados com laser, indicando a formação de novas fases cristalinas. O valor do coeficiente de atenuação dos grupos irradiados aumentou, principalmente nos grupos que utilizaram dentifrício escuro como fotoabsorvedor, demonstrando aumento da absorção de Nd:YAG pelo tecido quando este material é utilizado [105].

CONCLUSÕES

Foi possível concluir que o dentifrício escuro pode ser utilizado como fotoabsorvedor na irradiação de laser de Nd:YAG na prevenção de erosão em esmalte, pois não causa pigmentação da superfície irradiada e apresenta resultados semelhantes aos estudos já aceitos em literatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[105] PEREIRA, D.L.; FREITAS, A.Z.; BACHMANN, L.; BENETTI, C.; ZE-ZELL, D.M.; ANA, P.A. Variation on Molecular Structure, Crystallinity, and Optical Properties of Dentin Due to Nd:YAG Laser and Fluoride Aimed at Tooth Erosion Prevention. *Int J Mol Sci*. pii: E433. 2018.

[106] ANA, P.A.; TABCHOURY, C.P.M.; ZE-ZELL, D.M. *Caries Res*, 46, 441, 2012

[107] ZECELLI, D.M., BOARI, H.G.; ANA, EDUARDO, C.P., Powell, G.L. *Med*, 41, 31-35, 2009.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC

Avaliação da qualidade da água subterrânea no campus do IPEN

Gabrielle da Silva Miranda e Marycel Elena Barboza Cotrim
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

INTRODUÇÃO

Segundo a International Organization for Standardization (ISO), o monitoramento é definido como “um processo programado de amostragem, medições e armazenamento de dados sobre várias características da água” [1]. A importância do monitoramento de águas subterrâneas deve-se fundamentalmente ao fato da água ser um recurso limitado, além de vulnerável a contaminações por ações e condições antrópicas. Faz-se necessário um monitoramento efetivo, tanto qualitativo quanto quantitativo, dos poços de monitoramento, subsidiando a tomada de decisões e avaliando a eficácia dessas decisões na proteção, manutenção, melhoria e remediação dos recursos hídricos [1]. O Programa de Monitoramento Ambiental do IPEN contempla a caracterização semestral da qualidade da água subterrânea, avaliando compostos químicos estáveis. As legislações utilizadas foram a CONAMA n° 396/08 e a Portaria do Ministério da Saúde 2914/11.

OBJETIVO

Avaliar a qualidade da água subterrânea nos poços de monitoramento localizados no campus do IPEN avaliando os parâmetros: pH, série de sólidos, ânions e metais e semi metais, a fim de manter um registro contínuo do controle de qualidade.

METODOLOGIA

As amostras foram coletadas em três campanhas nos meses de março e setembro de 2017 e março de 2018, nos 8 poços de monitoramento utilizando um coletor tipo bailleur. Na Figura 1 apresenta-se a distribuição dos poços de monitoramento no campus do IPEN.

As coletas foram realizadas conforme recomendação do guia de coletas da CETESB (CETESB, 1987) e Standard Methods (APHA AWWA WPCF, 2005) e analisadas no Laboratório de Análises Químicas e Ambientais – LAQA

Figura 8- Mapa com a localização dos pontos de monitoramento no campus do IPEN.



In situ foram realizadas as medições da profundidade e nível d'água dos poços utilizando um medidor de nível hidrosuprimentos, modelo HSNA-30, além das medidas de pH, temperatura e condutividade com o auxílio da sonda multiparâmetro YPI 556MP.

A carga de sólidos totais (ST), fixos (STF) e voláteis (STV) foi determinada utilizando a metodologia estabelecida na ABNT NBR 10664/1989. A alcalinidade foi realizada segundo ABNT NBR 13736:1996.

Para análise de ânions o procedimento utilizado foi a US EPA 300.0 com a técnica de cromatografia iônica. Os metais e semi-metais foram avaliados utilizando a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma de Argônio (ICP-OES) analisando Al, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn [2].

RESULTADOS

Não houve coleta no ponto PM-01, pois ocorreu uma queda significativa em sua coluna d'água [3].

Os valores de pH e temperatura medidos *in-situ* nas coletas realizadas em de 2017 variaram entre 4,55 a 6,33. No ano de 2018 a variação foi entre 4,14 a 7,10. O valor médio de pH para as três coletas apresentou o valor de 5,47. Apesar de apresentarem limites inferiores a pH 6,00 nenhuma medida está em desacordo com a legislação federal.

Os valores de temperatura de 2017 variam entre 22,70 °C a 31,50 °C analisadas no mês

de março e de setembro, já em 2018 foi avaliado apenas o mês de março e a variação foi de 22,49 °C a 24,15 °C.

A alcalinidade em 2017 e 2018 não apresentou nenhuma alteração significativa e obteve uma média no valor de 65 mg L⁻¹.

A Tabela 1 apresenta os valores máximo, mínimo e a média das três campanhas. A legislação brasileira delimita valores para todos os ânions avaliados, e em todas as análises apresentaram valores dentro do limite permitido.

Tabela 1--Resultados das análises de ânions das três campanhas

Ponto	Fluoretos			Cloretos			Nitrato-NO ₃			Sulfatos		
	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	MED	MIN	MAX	MED
PM2	<0,10	<0,10	-	3,30	5,20	4,14	0,4	0,89	0,83	0,56	1,09	0,83
PM3	<0,10	<0,10	-	11,91	21,70	18,07	3,77	6,69	5,34	1,67	5,87	3,23
PM4	<0,10	<0,10	-	1,50	6,08	4,94	<0,11	1,16	0,80	3,19	13,56	7,45
PM6	<0,10	0,129	0,13	0,70	5,88	2,45	0,60	1,96	1,09	1,32	2,88	2,05
PM8	<0,10	<0,10	-	5,60	5,98	5,80	1,39	1,94	1,64	0,93	1,10	1,23
PM9	<0,10	0,26	0,21	7,88	8,11	8,02	<0,11	<0,11	-	0,50	0,61	1,19
PM10	<0,10	0,11	0,11	4,59	5,78	5,23	1,44	2,00	1,65	0,44	1,16	0,81

Os ensaios referentes à série de sólidos nas águas subterrâneas de março de 2017 quando comparado aos resultados de setembro apresenta uma queda significativa tanto nos sólidos totais, quanto nos dissolvidos. Já comparados ao de março de 2018 apresentou um pico significativo apenas no PM-02. As três coletas apresentaram uma média de 261,33 mg L⁻¹.

CONCLUSÃO

Os resultados do monitoramento indicam que as atividades desenvolvidas no IPEN não afetam a qualidade da água subterrânea. Os valores dos parâmetros avaliados atendem os valores máximos permitidos pela legislação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] UNEP/WHO. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. OMS. Genebra. 1996

[2] FAUSTINO, M, G. Desenvolvimento e validação de metodologia para determinação de metais em amostras de água por espectrometria de emissão óptica com plasma de argônio (ICP-OES). 2015. Dissertação (mestrado em Tecnologia Nuclear) IPEN, São Paulo.

[3] Relatório de Avaliação do Programa de Monitoramento Ambiental (PMA-Q) Atendendo aos Compostos Químicos Estáveis do IPEN – 2015.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Pesquisas – CNPq

Preparação e Caracterização de Compósitos de Náfion com Adição de Ácidos Sólidos para Células a Combustível

Giovana Victoria dos Santos e Bruno Ribeiro de Matos
Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares- IPEN

INTRODUÇÃO

As células a combustível de eletrólito polimérico (PEFC) são dispositivos eletroquímicos que transformam energia química em energia elétrica em forma de corrente contínua [1]. Apesar dos avanços obtidos nos estudos de células a combustível, um dos principais obstáculos é aperfeiçoamento dos eletrólitos condutores de prótons em média e alta temperatura [2]. Dentre os materiais estudados, eletrólitos compósitos têm sido apontados como promissores para aumentar a condutividade protônica e, conseqüentemente, aumentar o desempenho da PEFC. O hidrogenossulfato de céσιο (CsHSO_4) foi destacado por possuir uma alta condutividade iônica ($> 10^{-2} \sigma / \text{S.cm}^{-1}$) em elevadas temperaturas de transição da fase superprotônica ($T_c = 141^\circ\text{C}$) [3]. O ionômero perfluorado Nafion, de alta resistência química e mecânica, foi utilizado como matriz polimérica para a incorporação da fase CsHSO_4 formando os eletrólitos compósitos [2]. Neste contexto, ao adicionar à membrana Náfion partículas de CsHSO_4 pelo método de conformação por moldagem (casting), seria possível aumentar a absorção de água em elevadas temperaturas e, conseqüentemente, aumentar a condutividade do eletrólito [4].

OBJETIVO

O objetivo deste presente trabalho foi produzir compósitos condutores de prótons a fim de melhorar o funcionamento e desempenho das células a combustível PEFC em temperatura média/alta.

METODOLOGIA

As sínteses de formação dos compósitos foram feitas por meio de evaporação/precipitação in situ de partículas de hidrogenossulfato de céσιο, utilizando o Náfion como matriz polimérica e o dimetilsulfóxido (DMSO) [4]. Utilizou-se o código NCSP para diferenciar os compósitos que foram

preparados com o Náfion 115, 25 mL de CsHSO_4 e 30 mL de DMSO em temperaturas que variavam entre 140 e 160 °C. A amostra NCSP 1 possui 24%, a 2, 34,18%, a 9, 53,76% e a 10, 47,90% de CsHSO_4 . As amostras foram caracterizadas por espectroscopia vibracional de infravermelho (FT-IR) e espectroscopia de impedância [5]. Nas análises realizadas no FT-IR utilizou-se o espectrômetro Nicolet FT-IR 6700 com acessório ATR (Attenuated Total Reflectance) para medidas com cristais de ZnSe nas regiões de 4500 à 650 [6]. A medida de condutividade em temperaturas entre 60°C e 240°C, com uma tensão de perturbação de 100 mV em uma frequência de 30 MHz a 100 Hz, realizada por meio do Solartron 1260, determinou quanto os compósitos conduziam em determinada temperatura [6]. Através da espectroscopia de infravermelho (FT-IR) identificaram-se as frequências de vibração das amostras, sendo possível diferenciar os grupos funcionais presentes.

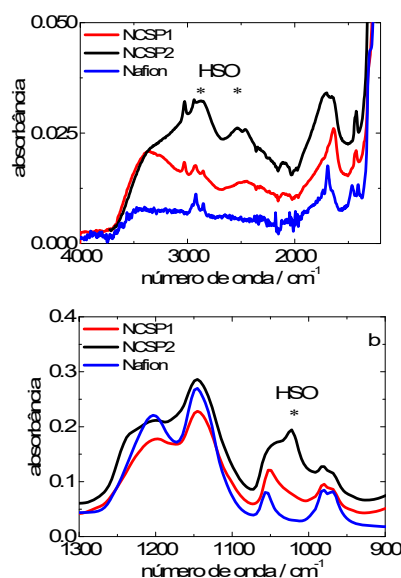


Figura 1 – (a) FTIR dos compósitos NCSP1 e NCSP 2 e do Náfion puro. (b) região da "impressão digital", onde podem-se ver os grupos HSO.

As análises no FTIR comprovam que os grupos funcionais das amostras medidas, havia grupos

de Náfion e do CsHSO₄. Como foi visto na literatura, pode-se observar na figura 1 que no intervalo entre 2000 cm⁻¹ e 4000 cm⁻¹ do comprimento de onda, que mostra as bandas das pontes de hidrogênio existentes nos grupos HSO nos cristais de CsHSO₄. O Náfion apresenta a banda de 1200 cm⁻¹ comum em todas as curvas. Nos intervalos entre 1100 a 900 denominado de fingerprint (“impressão digital”), é atribuído ao estiramento dos grupos HSO, característicos da fase dos cristais de CsHSO₄. Ou seja, na figura 1b pode-se provar que houve a incorporação do ácido sólido na membrana de Náfion. As medidas de condutividade protônica realizadas são mostradas em gráfico de Arrhenius como mostrado na Figura 2. Para comparação, uma membrana de Náfion 115 pura e uma pastilha do pó de CSP foram medidas em função da temperatura. Devido o transporte ser facilitado pela presença da água, pode-se afirmar que conforme o aumento da umidade relativa (RH) da amostra, melhor é seu desempenho em relação às pastilhas do CSP.

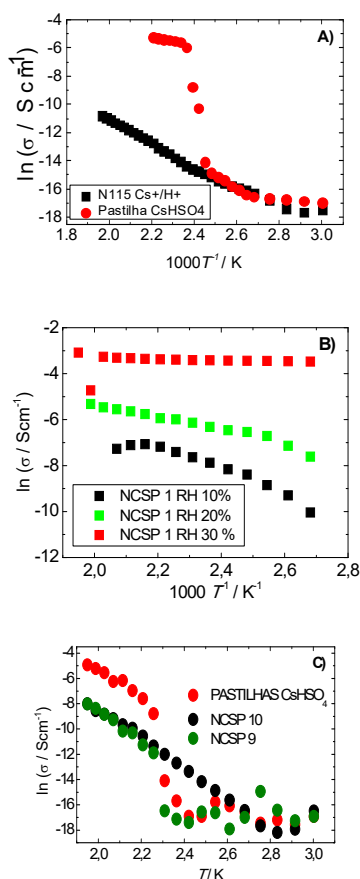


Figura 2 – (a) medida de condutividade da membrana de Náfion 115 puro e da pastilha do condutor superprotônico (CSP). (b) medida de condutividade da umidade relativa (RH) em 10%, 20% e 30%. (c) medida de condutividade dos compostos NCSP9 e NCSP10 e da pastilha.

Na figura 2b é possível observar que a condutividade é melhor em 30%, podendo chegar em $4,5 \times 10^{-2} \sigma / \text{S cm}^{-1}$. Em 60 °C a condutividade do Náfion e do CSP está por volta de $3,89 \times 10^{-7} \sigma / \text{S cm}^{-1}$, porém conforme a temperatura vai se elevando, mostra um excelente melhora na condutividade, em que o Náfion chega a $0,0072 \sigma / \text{S cm}^{-1}$ e o condutor superprótico em $0,0053 \sigma / \text{S cm}^{-1}$. A Figura 2c mostra o gráfico de Arrhenius para a condutividade dos compostos fabricados.

A adição de partículas CSP promoveu um aumento pronunciado da condutividade protônica do Náfion. Quando houve um aumento de temperatura, a transição de fase também obteve aumento de condutividade, onde na temperatura inicial (60°C) está por volta de $6,87 \times 10^{-8} \sigma / \text{S cm}^{-1}$ e em temperaturas mais elevadas (240°C) $3,35 \times 10^{-4} \sigma / \text{S cm}^{-1}$. A partir dos resultados obtidos, pode-se dizer que os compostos de Náfion com partículas de CsHSO₄ são promissores e estão prontos para os testes em célula à combustível.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados concluiu-se que os compostos de Náfion com partículas de ácido sólido do CsHSO₄ têm um grande potencial para melhorar o desempenho das células a combustível do tipo PEM e DMEFC em elevadas temperaturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SHARMA, Surbhi; POLLET, Bruno G. *Journal of Power Sources*, v. 208, p. 96-119, 2012.
- [2] UDA, Tetsuya; BOYSEN, Dane A.; HAILE, Sossina M. *Solid State Ionics*, v. 176, n. 1-2, p. 127-133, 2005.
- [3] ADJEMIAN, K. T. et al. *J. Electrochem. Soc.*, v. 149, n. 3, p. A256-A261, 2002.
- [4] STUART, Barbara. John Wiley & Sons, Inc., 2005
- [5] MATOS, Bruno Ribeiro de. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/ PIBIC

Síntese verde de nanopartículas de prata utilizando extrato de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.)

Giovani Rodrigues Morselli e Ademar Benévolo Lugão
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Nanopartículas de prata (AgNPs) são comumente sintetizadas em meio aquoso, através da redução química do íon Ag^+ . Este método envolve três passos: redução dos íons prata para átomos livres de prata, nucleação e crescimento [1]. É necessária a presença de um agente estabilizante na solução, capaz de controlar o crescimento das partículas e impedir a formação de agregados sólidos muito maiores que o tamanho desejado.

Um conceito recentemente apresentado como “síntese verde” consiste na aplicação de princípios de química verde em uma síntese química, como por exemplo, uso de solventes e reagentes não tóxicos, gasto reduzido de energia, reação conduzida a temperatura e pressão ambiente, matéria prima renovável, etc. A acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) é uma fruta nativa das Ilhas do Caribe, apreciada pelo seu alto teor de ácido ascórbico [2], substância de alta atividade antioxidante. O teor de ácido ascórbico pode atingir valores superiores a $1000 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de polpa de acerola [2]. Portanto, a acerola parece demonstrar grande potencial para uso em síntese de nanopartículas como agente redutor e estabilizante; hipótese que está em teste neste trabalho.

OBJETIVO

O trabalho tem como objetivos utilizar princípios da química verde, sintetizar AgNPs com extrato de acerola, testar a influência do pH do extrato na síntese.

METODOLOGIA

Preparo do extrato: O extrato de acerola foi preparado através da imersão de 1,0 g de fruta liofilizada em 100 mL de água destilada. A mistura foi levada à agitação por ultrassom a 35°C por 30 minutos, em seguida filtrada. A solução resultante foi ajustada para valores de pH 8, 10 e 11. Uma alíquota sem ajuste de pH também foi utilizada no procedimento.

Síntese de nanopartículas de prata: Adicionou-se 3 mL de solução de nitrato de prata $3,66 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ rapidamente em 20 mL de extrato sob agitação em um erlenmeyer. Após vinte e cinco minutos, a agitação foi interrompida e a solução dialisada contra água deionizada por 24 horas. O procedimento foi realizado com o extrato em pH natural, pH 8, pH 10 e pH 11.

RESULTADOS

A figura 1 exibe o espectro UV-Vis do extrato aquoso de acerola em pH natural. O pico definido em 249 nm provavelmente corresponde a transições eletrônicas do ácido ascórbico. Sabe-se que esta molécula absorve na faixa 240 nm - 270 nm. O pico também pode conter absorção de flavonoides, que estão presentes na acerola e exibem pico na mesma região, entretanto, geralmente exibem outros picos no visível que não constam no espectro.

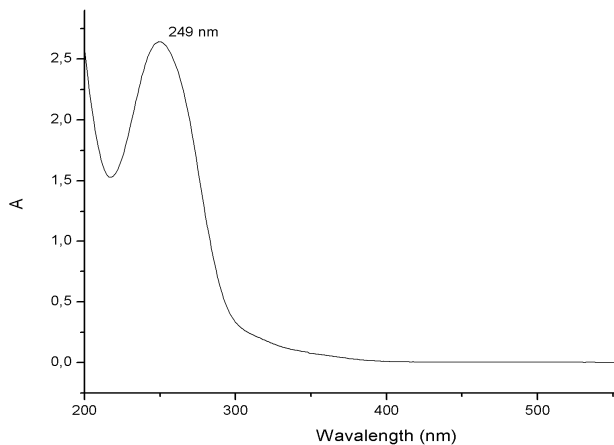


Figura 1. Espectro UV-Vis do extrato de acerola em pH natural (3,4).

O espectro UV-Vis das amostras de AgNPs encontra-se na Figura 2. Observa-se que quanto maior o pH do extrato, menor o comprimento de onda do pico - que é diretamente proporcional ao tamanho médio de partícula. A expressão em 600 nm – 650 nm das amostras em pH 10 e 11 representa agregação das partículas.

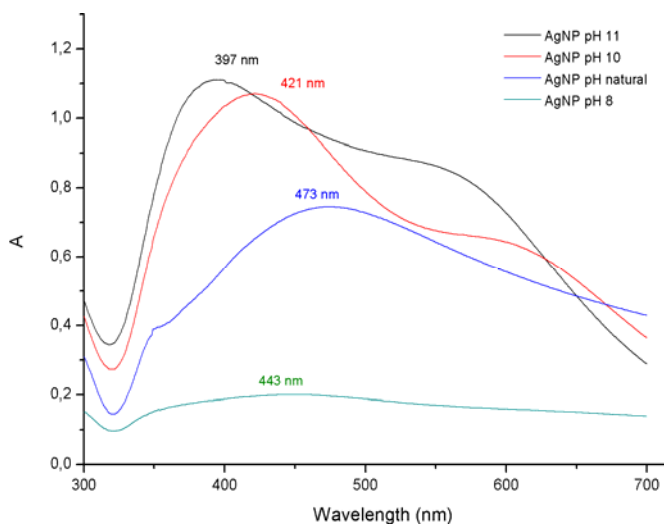


Figura 2. Espectro UV-Vis das amostras de AgNPs

CONCLUSÕES

Conclui-se que é possível produzir AgNPs com extrato de acerola e controlar parâmetros como tamanho médio de partícula e polidispersão através da variação do pH do extrato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COSERI, S., et al. Green synthesis of the silver nanoparticles mediated by pullulan and 6-carboxypullulan. *Carbohydrate Polymers*. 2014.
2. AQUINO, A. C. M. S. et al. Estabilidade de ácido ascórbico, carotenoides e antocianinas de frutos de acerola congelados por métodos criogênicos. *Braz. J. Food Technol.*, Campinas, v. 14, p. 154-163. 2011.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Isolamento e caracterização de metalopeptídamas do veneno de *Crotalus durissus terrificus*

Ighor Gomes Chaves e Patrick Jack Spencer
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Os venenos ofídicos são constituídos por secreções produzidas em glândulas especializadas que tem como principal função natural dominar, paralisar, e/ou matar potenciais presas. Essas secreções são complexas, constituída em sua grande parte por proteínas (grande variedade de enzimas), peptídeos, toxinas não-enzimáticas e proteínas não-tóxicas. Já foram descritas na literatura, além das proteínas, miotoxinas, fosfolipases A₂ (PLA₂), lectinas, serino-proteases, L-amino-oxidases, metalopeptidases (SVMP). [1,2]. As SVMPs formam uma família poligênica de enzimas, encontradas em grande quantidade no veneno da maioria dos viperídeos, principalmente em serpentes do gênero *Bothrops* sp. e são capazes de interagir com diferentes alvos moleculares que controlam funções fisiológicas da presa e/ou predador, como exemplo, a hemostasia. No local da picada, induzem a formação de hemorragia, edema, mionecrose, bolhas, dermonecrose e reação inflamatória, além dos efeitos sistêmicos [3]. Recentemente, Melani e colaboradores (2015), utilizando diferentes abordagens proteômicas, identificaram essas toxinas hemorrágicas (SVMPs) no veneno *Crotalus durissus terrificus* (cascavel brasileira), evidenciando seu potencial neurotóxico e miotóxico; os sintomas locais causados pelo envenenamento são menos expressivos. Em experimentos iniciais, o nosso grupo de pesquisa de venenos do Centro de Biotecnologia do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares identificou e purificou parcialmente metalopeptidases do veneno de *C. d. terrificus*. No entanto, o papel destas enzimas no quadro clínico ainda não foi descrito na literatura. O presente projeto visa isolar e caracterizar estas enzimas.

OBJETIVO

Isolar e caracterizar metalopeptidases do veneno de *Crotalus durissus terrificus*.

METODOLOGIA

Para o início do isolamento da proteína a ser caracterizada, primeiramente a amostra foi analisada por cromatografia de exclusão molecular (Superdex 75 10/300 GL) no sistema ÄKTA ambientado com tampão fosfato-salina (PBS) pH 7,3. As amostras foram diluídas em tampão PBS e aplicadas no equipamento. As frações foram coletadas de acordo com os picos resultantes. Uma segunda cromatografia de exclusão por afinidade a metal (HiTrap IMAC) foi ambientada com 1mL de zinco bivalente para isolar as metalopeptidases obtidas na primeira etapa cromatográfica. A coluna foi eluída com imidazol e as frações da eluições foram coletadas e armazenadas a -80 °C. Para a análise da purificação da amostra fracionadas pelas cromatografias, foram realizados ensaios de eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE) a 10% em condições não reduzidas, corando com Coomassie Blue – G. Foram realizados três ensaios para a caracterização da proteína,: um ensaio zimográfico, utilizando gelatina como substrato a ser degradado pela amostra; análise de atividade fibrinogenolítica, para demonstrar em diferentes períodos a clivagem das cadeias monoméricas alfa, beta e gama e concentração por meio de precipitação com ácido tricloroacético (TCA) 15% visando concentrar a amostra, a fim de detectar eventuais contaminantes minoritários em um SDS-PAGE, que não seriam identificados na amostra diluída.

RESULTADOS

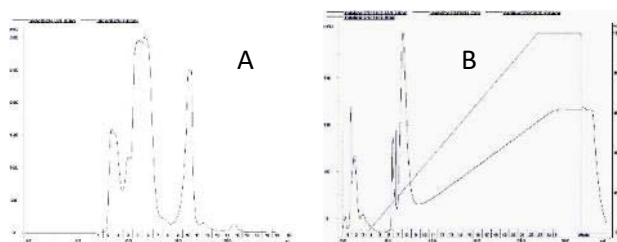


FIGURA 1 – (A). Análise cromatográfica de gel filtração do veneno da serpente *Crotalus durissus terrificus*. **(B).** Análise cromatográfica por afinidade a Zinco do 3º pico da gel filtração (figura 2) com uma gradiente de imidazol no decorrer da corrida

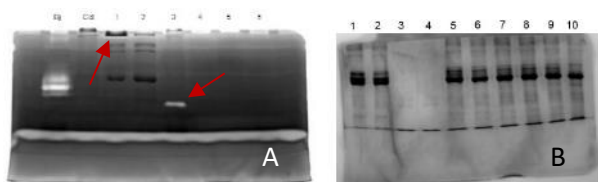


FIGURA 2 – (A). Análise zimográfica dos picos de interesse da cromatografia de exclusão molecular do veneno da serpente *Crotalus Durissus Terrificus* em um gel de poliacrilamida 10% com gelatina em sua composição. Bj – Veneno da serpente *Bothrops jararaca* como controle positivo. Cdt – Veneno da serpente *Crotalus durissus terrificus*. 1 - 1º Pico da cromatografia de exclusão molecular. 2 - 2º Pico da cromatografia de exclusão molecular. 3 - 3º Pico da cromatografia de exclusão molecular. 4 - 4º Pico da cromatografia de exclusão molecular. 5 - 5º Pico da cromatografia de exclusão molecular. 6 - 6º Pico da cromatografia de exclusão molecular. **(B).** Análise fibrinogenolítica (SDS-PAGE 10%) da banda de interesse da figura 5 (4º pico). 1- Fibrinogênio – 30'. 2- Fibrinogênio – 24hrs. 3- Amostra – 30'. 4- Amostra – 24hrs. 5- Amostra + Fibrinogênio – 30'. 6- Amostra + Fibrinogênio – 1h. 7- Amostra + Fibrinogênio – 2hrs. 8- Amostra + Fibrinogênio – 3hrs. 9- Amostra + Fibrinogênio – 4hrs. 10- Amostra + Fibrinogênio – 24hrs

CONCLUSÕES

Foi possível concluir que há a presença de uma proteína de alta massa molecular e que possui afinidade a metal. É possível afirmar

com os ensaios zimográficos, a presença dessa enzima capaz de degradar gelatina e, mesmo com algumas bandas apresentaram pouca atividade no substrato, devido sua baixa concentração, foi identificada a presença dessa enzima com a análise da atividade fibrinogenolítica, evidenciado pela clivagem da cadeia Beta. Com esses resultados, pode-se presumir que essa enzima, apresentando diversas atividades em vários ensaios seja a metalopeptidase almejada. Estes resultados possibilitarão que por meio de mais algumas técnicas de purificação, já será possível isolar a enzima e sequencia-la.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GUTIÉRREZ, J. M.; RUCAVADO, A. Snake venom metalloproteinases: their role in the pathogenesis of local tissue damage. *Biochimie*, 2000, 82, pp. 841-850,. Review.
- [2] CALVETE, J. J.; FASOLI, E.; SANZ, L.; BOSCHETTI, E.; RIGHETTI, P. G. Exploring the Venom Proteome of the Western Diamondback Rattlesnake, *Crotalus atrox*, via Snake Venomics and Combinatorial Peptide Ligand Library Approaches. *J. Prot. Res.*, 2009, 8, pp. 3055-3067.
- [3] MARKLAND, F. S.; SWENSON, S. Snake venom metalloproteinases. *Toxicon: official journal of the International Society on Toxinology*, 2013, 62, pp. 3-18.
- [4] MELANI, R. D., ARAUJO, G. D. T., CARVALHO, P. C., GOTO, L., NOGUEIRA, F. C. S., JUNQUEIRA, M., DOMONT, G. B. Seeing beyond the tip of the iceberg: A deep analysis of the venom of the Brazilian Rattlesnake, *Crotalus durissus terrificus*. *EuPA Open Proteomics.*, 2015, 8, pp. 144-156.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Bolsa PIBIC

Preparação de membranas de ionômeros perfluorados através do campo magnético

Izaque Gama Pereira e Bruno Ribeiro de Matos
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A célula a combustível é um dispositivo eletroquímico que transforma energia química proveniente das reações de oxirredução em energia elétrica. As células a combustível visam a geração de energia elétrica para diversas aplicações, dispositivos portáteis como tablet, celulares e até mesmo para transportes veiculares. Existem diferentes tipos de células a combustível que utilizam diferentes combustíveis e seu principal objetivo é o de maximizar a eficiência da produção de energia elétrica [1].

Neste contexto, as células de combustível de membrana polimérica condutora de prótons (PEMFC) se baseiam no uso da membrana de Nafion, que é um ionômero perfluorado que serve como um eletrólito. Algumas companhias produzem ionômeros perfluorados sob diversas marcas visando a aplicação em células a combustível [2]. Portanto, este projeto visa usar aspectos básicos da pesquisa científica de eletrólitos poliméricos, para avançar o entendimento de suas propriedades fundamentais visando atingir os requisitos necessários para a aplicação tecnológica.

OBJETIVO

O objetivo central deste projeto de pesquisa é a preparação de membranas de ionômeros perfluorados com alinhamento preferencial das nanofibras que compõem a microestrutura do polímero, favorecendo a orientação das nanofibras paralela à espessura da membrana para promover um aumento da condutividade na direção de interesse para dispositivos eletroquímicos como células a combustível.

METODOLOGIA

As membranas foram produzidas a partir de soluções de Nafion (5% em massa), da marca Dupont. A solução comercial de Nafion é constituída de 5% em massa de polímero disperso em solução de água e álcool numa proporção de (1:1). Tal alinhamento foi realizado utilizando um molde de conformação por casting, especialmente desenhado para preparar membranas sob um campo magnético.

Em um béquer essa solução foi evaporada, restando somente um resíduo viscoso, logo após o resíduo foi dissolvido em um solvente orgânico com maior temperatura de fusão, o dimetilsulfóxido (DMSO), obtendo-se uma solução de 5% em massa de Nafion. A seguir a solução foi despejada no molde de casting e levada até a mufla por 5h em uma temperatura de 140°C, formando o filme polimérico de Nafion [3]. Logo após as membranas fabricadas foram tratadas para retirar suas impurezas orgânicas, metálicas e ativar os grupos sulfônicos confirmando a estrutura ácida do Nafion [3].

Para a confecção dos filmes poliméricos foram utilizados três moldes diferentes: molde de alumínio e molde de casting assistido por campo magnético com um ímã acoplado e posteriormente com dois ímãs acoplados ao molde de *casting* com uma distância de 1,2 mm de altura entre um ímã e outro.

Com as membranas devidamente tratadas, fez-se necessário medir a condutividade prótonica das mesmas, bem como medir a absorção de água, e verificar com o campo magnético se houve alteração da expansão do filme das amostras feitas pelos três tipos de casting utilizados nesta metodologia.

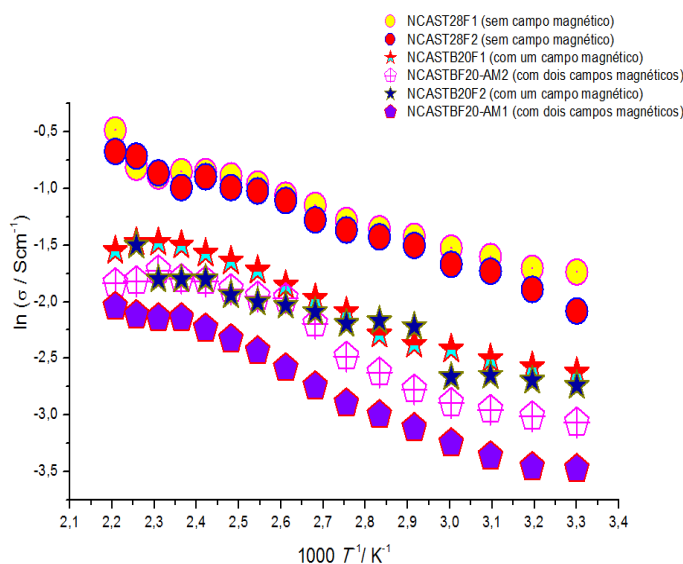
RESULTADOS

Tabela 1. Valores de absorção de água, expansão de espessura, comprimento e altura.

AMOSTRAS	% ABSORÇÃO DE ÁGUA	% EXPANSÃO ESPESSURA	% EXPANSÃO COMPRIMENTO	% EXPANSÃO LARGURA
NCAST28F1 (sem campo magnético)	23,70	3,658	0,000	0,000
NCAST28F2 (sem campo magnético)	20,18	5,814	0,000	0,000
NCASTB20F1 (com um campo magnético)	49,60	26,65	20,00	26,68
NCASTB20F2 (com um campo magnético)	56,36	32,00	30,00	32,00
NCASTB20 AM1 (com dois campos magnéticos)	39,24	25,00	25,00	16,67
NCASTB20 AM2 (com dois campos magnéticos)	35,03	25,00	28,57	20,00

Nas amostras submetidas a um campo magnético houve uma maior absorção de água, bem como uma maior expansão da largura, comprimento e espessura comparando com as amostras sem influência do campo magnético, conforme mostra os dados da Tabela 1.

Gráfico 1. Gráfico de Arrhenius.



Nas amostras sem influência do campo magnético obteve-se uma melhor condutividade com o aumento da temperatura.

Quanto maior o campo magnético, maior a queda da condutividade. Estudos mais detalhados serão realizados para avaliar a anisotropia dos filmes e a sua influência nas propriedades elétricas das membranas fabricadas.

CONCLUSÕES

Conclui-se que este estudo preliminar do efeito do potencial magnético nas propriedades de condução das membranas Nafion sugere uma correlação entre o transporte iônico no filme e a sua microestrutura, que serão estudados em detalhe nas próximas atividades da iniciação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. A. Ticianeli, E. R. Gonzalez. Eletroquímica: Princípios e Aplicações. Edusp, 2005.
- [2] M. Linardi. Introdução à Ciência e Tecnologia de Células a Combustível. Artliber, 2010.
- [3] DE MATOS, Bruno Ribeiro. Preparação e Caracterização de Eletrólitos compostos Nafion-TiO₂ para aplicação em células combustíveis de membrana de troca protônica (Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Materiais)- IPEN, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2008.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PROBIC

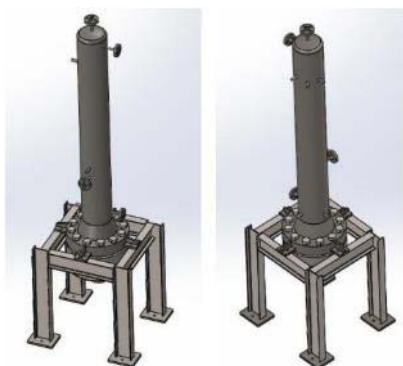
Simulações Numéricas para Avaliação Estrutural de Componentes Mecânicos

Joedson Teixeira de Almeida e Miguel Mattar Neto
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Nos idos de 2015, foi idealizado um circuito experimental para a realização de testes hidrodinâmicos (Orquídea) em baixa pressão ($\leq 3 \text{ kgf/cm}^2$) e temperatura ($\leq 60^\circ\text{C}$), de elementos combustíveis MTR (Material Test Reactor) para reatores de pesquisa. Este circuito está em fase de concepção e verificando a possibilidade de reaproveitamento de equipamentos e tubulações do circuito experimental de água (CEA), que está desativado. O pressurizador V-102 é um vaso cilíndrico vertical composto de um tampo superior soldado em um casco cilíndrico, o qual tem um flange soldado na parte inferior conectado a um flange cego, dotado de um bocal para a conexão com a tubulação, fechando V-102. Na parte superior do pressurizador, possui uma válvula de segurança que se abre para o exterior sempre que a pressão interna atingir o seu limite de 3 kgf/cm^2 . A figura 1 mostra o desenho tridimensional do Pressurizador (V-102) modelado com o programa Solid works [4].

Figura 9-Pressurizador V-102



Fonte: Autoria própria

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a adequação mecânica e estrutural do Pressurizador (V-102) do Circuito Experimental de Água (“CEA”) do IPEN, aplicando-se os métodos numéricos para reaproveitamento no Circuito Hidrodinâmico para Testes de Elementos Combustíveis.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do estudo baseia-se nas seguintes etapas:

1. Levantamento bibliográfico de documentos e relatórios;
2. Análise e dimensionamento de componentes de acordo com a Norma ASME VIII, Division I [2];
3. Desenvolvimento de modelos sólidos com o solidworks [4];
4. Desenvolvimento de modelos em elementos finitos com o ANSYS Mechanical [5].

Na referência [1], constam os desenhos e detalhes do Pressurizador V-102 e especificações técnicas dos materiais utilizados na sua fabricação. Na sua fabricação adotou-se os aços inoxidáveis, que são resistentes à corrosão e à oxidação a altas temperaturas.

A tabela de materiais é o parâmetro inicial para a definição do projeto mecânico do vaso, ou seja, cálculo de espessura mínima no casco cilíndrico, a área de reforço nos flanges, distância mínima entre bocais, tensões no perfil. Na verificação de dimensionamento do Pressurizador V-102, os bocais N1, instalado em um flange cego, e N4, prolongado para o interior do pressurizador, são configurações não previstas pelo código

ASME III, Division I. No entanto, foi realizada uma análise de tensões elásticas de acordo com os requisitos do código ASME VIII, Division 2, aplicando-se o método de tensões elásticas para se verificar a integridade estrutural do flange cego.

TABELA 1: Materiais para fabricação do Pressurizador (V-102)

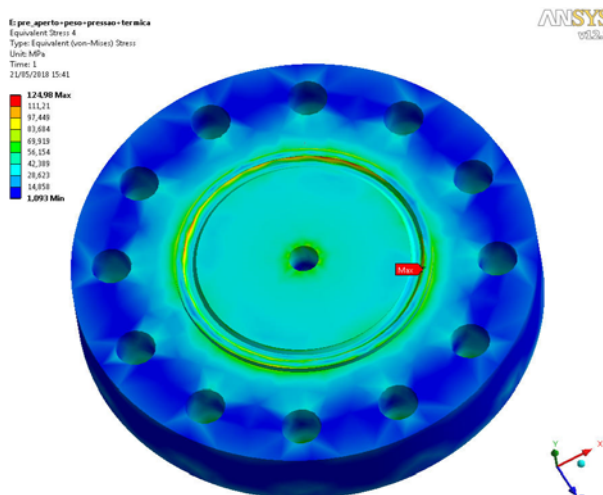
Item	Aço	$S_c(25^\circ\text{C})$
Casco	SA240 TP304	138.0
Bocais	SA312 TP304	138.0
Flanges	SA182 F304	138.0
Parafusos	SA193 B7	172.0

Fonte: autoria própria

RESULTADOS

O modelo de cálculo do pressurizador foi simulado numericamente com o software ANSYS Mechanical [5], e as tensões equivalentes, obtidas no pós-processamento para o flange cego, na condição de projeto estão mostradas na figura 2.

FIGURA 10: Tensões equivalentes no Flange Cego na condição de operação (N/mm^2)



Fonte: autoria própria

CONCLUSÕES

O Pressurizador (V-102) foi avaliado através da análise estrutural das partes mecânicas internas e externas, aplicando o código do projeto original, ou seja, ASME VIII division 1, para verificar a possibilidade de sua reutilização no circuito “Orquídea”. Os resultados da avaliação podem ser resumidos conforme descrito abaixo:

As tensões calculadas no flange cego atendem os limites prescritos pelo código ASME VIII, Division 1 & 2, na condição de projeto e operação; As tensões nos flanges e parafusos atendem os limites admissíveis; As tensões nas soldas e junta de vedação atendem os limites admissíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[108]Torres, W. M., “Projeto de Concepção do Sistema do Circuito Hidrodinâmico para testes em Elementos Combustíveis (Orquídea)”. Centro de Engenharia Nuclear, Relatório Técnico nº IPEN.CEN.PSE.RMB.007.00 – RELT.002.00, 31/03/2017.

[109]ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1, “Rules for Construction of Pressure Vessels”, The American Society of Mechanical Engineers, 2007.

[110]ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section II, Part D, Properties, The American Society of Mechanical Engineers, 2007.

[111]Dassault Systèmes SolidWorks Corp., SOLIDWORKS 2017, Concord, MA, USA, 2017.

[112]ANSYS INC.; ANSYS MECHANICAL 18, CANONSBURG, PA, USA, 2017.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC

Estimativa Estatística da Eficiência no Esfregaço

Júlio de Oliveira Júnior e Roberto Vicente
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A técnica do esfregaço tem sido usada nos últimos cinquenta anos tanto em institutos de pesquisa quanto na indústria, como uma forma de caracterizar rejeitos a partir da contaminação de suas superfícies [1].

Todavia, essa técnica demonstrou-se de difícil reprodução [2] e costuma apresentar dados pouco confiáveis, que são úteis para determinar qualitativamente se existe contaminação em uma superfície e não para estimar um valor específico de concentração de atividade.

Esse problema de precisão é tratado neste trabalho como o “Problema do Esfregaço”, e discorre-se sobre suas causas e possíveis soluções.

OBJETIVO

Descobrir uma fórmula analítica para conhecer a eficiência média do esfregaço, bem como descrever graficamente o comportamento das medidas, se possível.

Desenvolver cálculos capazes de solucionar o problema do esfregaço por meio de uma postulação matemática que possa ser verificada experimentalmente no futuro.

METODOLOGIA

Para obter o valor da eficiência lançou-se uso da generalização de equações que descrevem o processo de limpeza de superfície. Neste caso, considerando uma atividade inicial A_0 :

$$A_0 \times E_1 = C_1 \quad (1) \rightarrow A_0(1 - E_1)E_2 = C_2 \quad (2)$$

na qual E_1 é a eficiência do primeiro esfregaço e C_1 é a quantidade de material que foi removida do total A_0 , que pode ser medida experimentalmente analisando o papel utilizado no esfregaço após a aplicação.

Supondo que exista como definir uma média para todos os n valores de E : [E_1, E_2, \dots, E_n] então pode-se chamar a média de E de constante de eficiência, e assim podemos simplificar as equações pois $E_n = \bar{E} = E$. Reescrevendo as relações:

$$A_0(1 - E)^2 = A_2 \quad (3)$$

Manipulando a expressão e usando indução matemática:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{EA_0}{EA_0(1-E)} \quad (4) \quad E = \frac{C_N - C_{N+1}}{C_N} \quad (5)$$

Como E trata-se de uma taxa, obteve-se sua média com a aproximação da média harmônica [3], que é descrita pela equação:

$$\bar{E} = \frac{N}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{E_i}} \quad (6)$$

na qual N é o número de esfregaços e E_i é o valor da eficiência E para o termo em questão. Para chegar-se ao desvio padrão da média harmônica [4] é necessário aplicar a seguinte fórmula:

$$\sigma = \frac{1}{\alpha^2} \frac{S_1/E_i}{\sqrt{N-1}} \quad (7) \quad \alpha = \frac{1}{\bar{E}} \quad (8)$$

onde S_1/E_i é o desvio padrão das recíprocas das observações da amostra.

Para verificar se a aproximação de que cada medida da eficiência de uma amostragem poderia ser considerada como sendo igual à eficiência média usou-se uma simulação simples elaborada no Excel.

A simulação consistia em usar um valor fixo para a atividade total da superfície amostral e a partir desse valor calcular a eficiência média da amostragem usando eficiências aleatórias para cada uma, variando entre 20% e 40%. A atividade total foi fixada arbitrariamente como equivalente a 100 kBq.

Analizou-se os gráficos obtidos e com eles pode-se determinar se existia uma tendência no comportamento dos dados e usou-se dessas simulações para estimar estatisticamente a incerteza na estimativa da atividade total da superfície amostral.

RESULTADOS

Por hipótese, se a teoria matemática estiver correta, a média de uma das curvas obtidas no gráfico deve ser uma boa estimativa para qualquer curva que possa ser gerada aleatoriamente, dentro de uma incerteza conhecida.

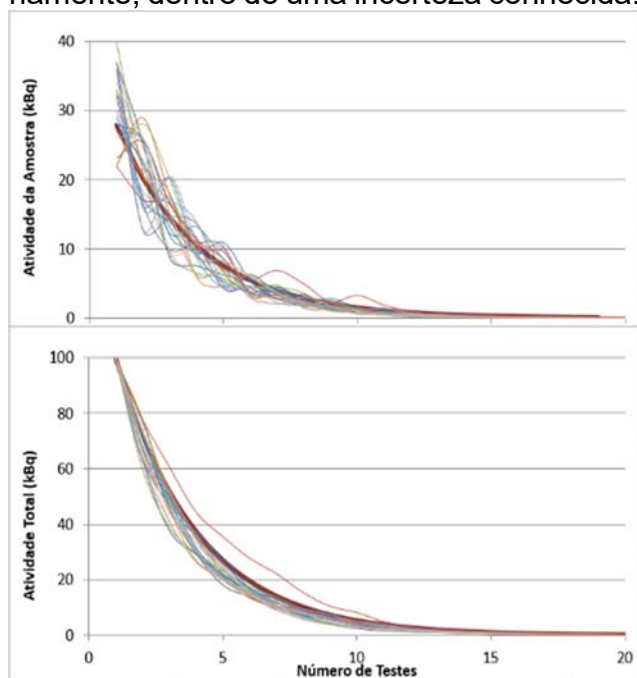


Figura 1 – Gráficos típicos das atividades em função do número de esfregaços realizados. A parte superior do gráfico é tomada simulando o valor da atividade de cada amostra de esfregaço e a parte inferior representa a concentração total de atividade na superfície amostral após cada esfregaço. A curva mais grossa representa a média das medidas enquanto cada curva mais fina representa uma série de medidas usando valores aleatórios para a eficiência dentro do limite estabelecido.

Como os dados variam aleatoriamente, os gráficos gerados jamais coincidem perfeitamente uns com os outros, mas é possível observar que apresentam uma tendência ao comportamento esperado dentro de uma incerteza que oscila entre aproximadamente 15% do valor da medida.

CONCLUSÕES

Obteve-se uma fórmula descritiva do procedimento de amostragem para o problema do esfregaço. Além disso, esboçou-se gráficos com base em simulações que indicam o comportamento teórico esperado para o método. Os resultados indicam que existe a possibilidade de determinar-se a radioatividade total de uma superfície de amostragem, e consequentemente a radioatividade total da superfície de um rejeito usando o método do esfregaço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[113]United States Environmental Protection Agency. A Performance-Based Approach to the Use of Swipe Samples in Response to a Radiological or Nuclear Incident. Cincinnati, Ohio. Outubro de 2011.

[114]Bum-Kyoung Seo et al. Development of an automatic smear sampler and evaluation of surface contamination. Division of Decommissioning Technology Development, Korea Atomic Energy Research Institute, Deokjin-dong Yuseong-gu Daejeon, Korea

[115]Ya-lun Chou. Statistical Analysis. Holt International, 1969.

[116]Norris, Nilan. The Standard Errors of the Geometric and Harmonic Means and Their Application to Index Numbers. The Annals of Mathematical Statistics Vol. 11, No. 4. 1940.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

PIBIC CNPq e IPEN-CNEN/SP.

Relações entre Propriedades Mecânicas e Variações de Temperatura em Madeiras Brasileiras

Júlio Ortiz Amando de Barros e Rodolfo Politano

Instituto de Pesquisa Energética e Nuclear - IPEN

INTRODUÇÃO

Uma das importantes características da madeira como material físico é a sua grande alteração causada por mudanças no meio onde está. As alterações podem ser relacionadas, principalmente, à umidade e temperatura. Este trabalho visa entender as variações nos parâmetros mecânicos causadas por mudanças de temperatura entre -10°C e 40°C , intervalo considerado como uma amostra representativa das possíveis condições encontradas ao redor do mundo. Para tal estudo foram utilizadas 32 amostras de 16 espécies em sua maioria de madeiras brasileiras. Foram feitos testes dinâmicos de flexão no DMA 242, Netzsch, que consistiam em expor as amostras a oscilações mecânicas forçadas em diferentes frequências ao longo de cerca de uma hora, enquanto a temperatura era constantemente controlada por um termopar próximo da amostra e também injeção de nitrogênio líquido. Os resultados obtidos mostraram comportamentos gerais do material nas condições ditas.

OBJETIVO

Este trabalho visa elencar e tabelar a resposta de madeiras brasileiras frente à mudanças de temperatura com principalmente dois objetivos, analisar como o material pode ser utilizado em diferentes ocasiões e futuramente compreender as diferentes funções das estruturas presentes no material e como estas são afetadas pela temperatura.

METODOLOGIA

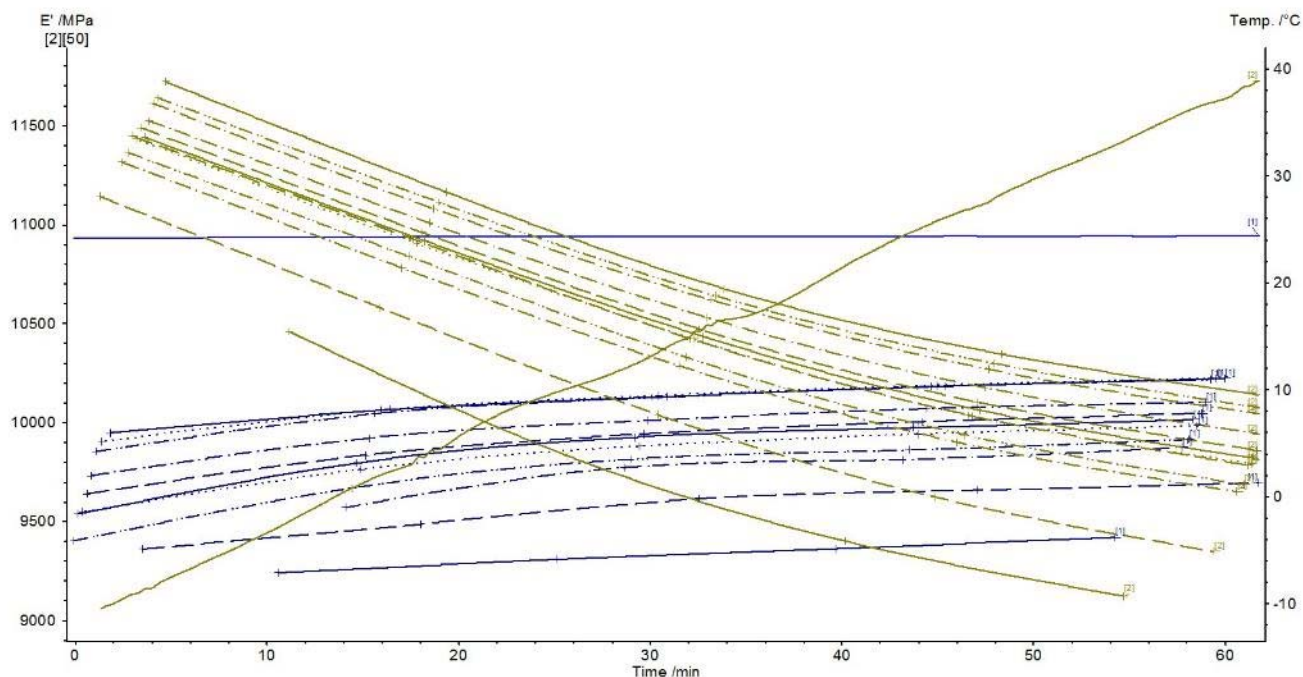
As amostras utilizadas foram doadas pelo luthier Rubens Kison e são madeiras utilizadas para confecção de violão, entre elas temos duas espécies de gimnospermas brasileiras, uma angiosperma não nativa do território nacional, e outras 13 angiospermas nativas; todas as amostras foram cortadas com as fibras no maior sentido tendo em média a dimensão de $5 \times 5 \times 50 \text{mm}$, sendo o módulo de elasticidade e o fator de perda obtido no sentido perpendicular à fibra. O método de análise se baseou em comparar qualitativamente os resultados obtidos para testes com o mesmo tempo de duração, porém sem variações na temperatura, sendo uma das preocupações a hipótese deste processo ser reversível, ou seja, se após resfriada, uma madeira que retorna à temperatura ambiente também retoma suas propriedades iniciais.

RESULTADOS

Foi obtido como resposta geral do material que, ao se resfriar, o módulo de elasticidade aumenta, enquanto o fator de perda diminui, e ao se retornar a temperatura mais altas, próxima à ambiente, estes valores tendem ao mesmo valor assintótico do teste dinâmico sem variação de temperatura. Este último fato é interessante, como dito anteriormente; é sabido que ocorrem diversas trocas entre o material e o meio ambiente dependendo das condições às quais é exposto e grande parte destas mudanças são dependentes da quantidade de água localizada dentro da estrutura, na comparação dos testes com e sem mudança de temperatura e

observando que ambos tendem para o mesmo valor após os testes, chegamos à conclusão que em ambos os casos a amostra perdeu totalmente ou parcialmente a quantidade de água interna, sendo o valor assintótico obtido correspondente às propriedades da estrutura quando seca.

O gráfico abaixo nos mostra um exemplo característico dos gráficos encontrados; temos os módulos de elasticidade para diferentes frequências e também a medição da temperatura ao longo do tempo para os dois regimes, em azul o teste com a temperatura fixa próxima de 25°C e em marrom com a temperatura variando sendo ambas as curvas de Pau Marfim.



CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos foi possível compreender como se comportam de forma geral as madeiras brasileiras quando são expostas a diferentes temperaturas. Além disso conseguimos definir uma faixa de temperatura onde os processos térmicos podem ser reversíveis, sem causar grandes alterações na estrutura do material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Franz F. P. Kollmann, Edward W. Kuenzi, Alfred J. Stamm - Principles of Wood Science and Technology: Solid Wood

The American Forestry Series - Textbook of Wood Technology

Peter H. Raven - Anatomia Vegetal

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

IPEN /CNPq/PIBIC

Desenvolvimento de Projeto Mecânico e Eletrônico para Tomógrafo Industrial de Primeira Geração.

Leandro de Jesus Ribeiro e Margarida Mizue Hamada
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada foi desenvolvida inicialmente, na década de 70, como uma técnica de diagnóstico médico, baseando-se na atenuação da radiação nuclear e dos raios X, com o intuito de fornecer informações sobre os detalhes internos do corpo humano. Na tomografia médica os “objetos” a serem tomografados têm composição praticamente uniforme (60% de água, 65% de Oxigênio, 18% de Carbono, 10% de Hidrogênio, 3% de Nitrogênio) e possuem relativamente pouca variação geométrica, de modo que tomógrafos com uma abertura de aproximadamente ≥ 60 cm é suficiente para serem usados para tomografar desde uma criança recém-nascida até um adulto obeso [1]. Devido a sua grande utilização na medicina a perspectiva de sua produção em escala industrial despertou muito interesse das principais indústrias multinacionais de instrumentos como a Philips, a Siemens, a GE, a Toshiba, a Nortic Instrument, dentre outras importantes indústrias do ramo. Praticamente, há pouco espaço para pesquisa na área instrumental da tomografia médica fora do ambiente das referidas indústrias. O cenário da tomografia de processos industriais é mais complexo. Os objetos na indústria possuem entre si muitas diferenças geométricas e de composição. Conseqüentemente, requerem o desenvolvimento de equipamentos diferenciados que não se enquadram na produção em escala dos tomógrafos industriais. Em outros termos, na indústria torna-se imperativo desenvolver sistemas tomográficos adequados para cada finalidade[1,2]. Este fato traz à comunidade científica um aspecto positivo, pois cria nichos tecnológicos e abre

espaço para que vários pesquisadores atuem na tecnologia tomográfica.

METODOLOGIA

Pesquisa, dimensionamento e desenho. Desenvolver estrutura em aço tubular quadrado e retangular respectivamente 10x10cm e 10x50cm com pintura esmalhada, ainda compondo a mecânica será utilizada guias lineares, motores de passo e suportes. A integração da eletrônica de mercado com a eletrônica associada ao detector de radiação e do sistema de aquisição de dados do detector de radiação para integrar ao sistema de tomografia de primeira geração.

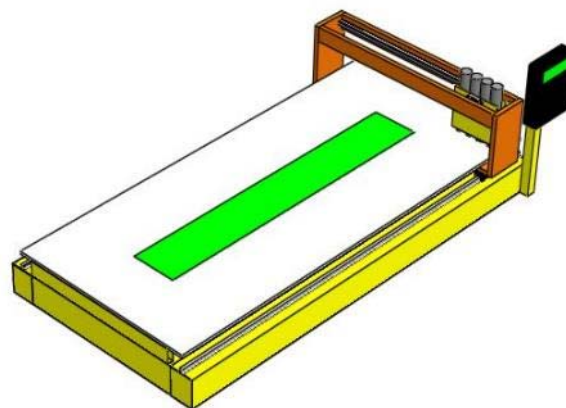


Figura 1 – Pré-projeto do tomógrafo de primeira geração proposto. (Mesa em aço, cor amarela), (guias lineares, X,Y, cor cinza),(Fonte radioativa representada na cor verde).

Será montado 04 detector de radiação, constituído de um cristal de NaI(Tl) de 2,54 cm de diâmetro e 5,00 cm de altura acoplado a fotomultiplicadora de 2,54 cm de diâmetro mod. 9924SB, os quais foram conectados a um soquete, divisor de tensão. A sequência da montagem encontra-se ilustrado na

Figura 2. A seguir, foram, encapsulados em tubos de aço inoxidável tipo 304.



Figura 2 – Montagem do sistema detector. (a) Sensor tipo cristal cintilador de NaI(Tl); (b) fotomultiplicadora ET-Enterprise mod. 9924S; (c) soquete e divisor de tensão e (d) conector que serve para conectar a unidade à placa de aquisição de dados.

Uma interface homem-máquina (IHM) é uma plataforma que permite a interação entre usuários e equipamentos de automação. As IHMs Delta DOP-B fornecem várias portas COM para maior rapidez e conveniência para comunicar com uma ampla variedade de periféricos como clps, drives, inversores. A Tela sensível a toque permite a introdução intuitiva de parâmetros e uma variedade de formas de apresentar dados variáveis, incluindo gráficos de tendências e elementos de alarme. O visor LCD de alta resolução exibe controle operacional, monitoramento e controle eficiente em tempo real.



Figura 3– Unidade Tela Colorida 65.536 cores
Tamanho: 4,3”
Resolução: 480×272
Memoria: 128Mb
USB client V 2.0 (Alta Velocidade)
USB Host V1.1
Porta Serial : RS 232 / RS485 / RS422
Software: DOPSoft
Cabo de Programação: DOP-CAUSBAB
Cabo Comunicação PLC DVP com IHM DOP: DOP-CA232DP

RESULTADOS

Figura 4 ilustra uma unidade do detector de radiação devidamente encapsulado em aço inoxidável 304, ligado ao conector, cabo e sistema de aquisição.



Figura 4– Unidade do tomógrafo de primeira geração ilustrando o detector (cristal de NaI(Tl) + fotomultiplicadora + divisor de tensão) devidamente encapsulado em aço inoxidável 304.

CONCLUSÃO

O equipamento a ser desenvolvido terá a função de escanear o interior das fontes radioativas e sua área parcial ou total.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

[1]Johansen, G.A. & Jackson, P. Radioisotope Gauges for Industrial Process Measurements.. 2004 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN 0-471-48999-9.

[2]VASQUEZ, P. Análise de sistemas multifásicos utilizando tomografia computadorizada gama monoenergética e polienergética. 2008 Tese (Doutorado) – IPEN-USP, São Paulo.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Leandro J. Ribeiro expressa seus agradecimentos à CNEN pela bolsa PIBIC e os autores à FAPESP e à CNPq pelo apoio ao projeto.

Determinação de constituintes inorgânicos em fitoterápicos pelo método de análise por ativação com nêutrons

Luan Magalhães Pereira e Mitiko Saiki
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O fitoterápico é definido como qualquer medicamento de eficácia comprovada produzido exclusivamente, de matérias-primas vegetais [1] e nos últimos anos estes produtos têm tido crescente uso no Brasil. Segundo dados do governo, entre 2013 e 2015, houve um aumento de 161% na procura por fitoterápicos no Sistema Único de Saúde (SUS) [2]. O crescente uso destes medicamentos à base de plantas medicinais se deve à possibilidade de serem adquiridos sem a apresentação da prescrição médica, seus baixos custos quando comparados aos medicamentos sintéticos e a crença de que tudo que é natural não faz mal à saúde humana. Consequentemente, torna-se de grande interesse o estudo sobre a composição elementar, eficácia, efeitos colaterais e a toxicidade dos fitoterápicos. Isto é, apesar da planta medicinal ser um produto natural, seu uso não está livre de efeitos indesejáveis devido à presença de elementos tóxicos ou essenciais em excesso.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi determinar elementos químicos em amostras de fitoterápicos aplicando o método de análise por ativação com nêutrons (NAA) bem como avaliar a qualidade dos resultados analíticos pela análise de material de referência certificado (MRC)

METODOLOGIA

Fitoterápicos analisados e seu preparo para análise. Os fitoterápicos analisados foram Espinheira Santa (*Maytenus ilicifolia*) e Berinjela (*Solanum melongena*), ambos adquiridos na farmácia local. Para análise os

conteúdos de 10 capsulas de cada produto foram retirados da capsula, homogeneizados e pesados para análise.

Procedimento de análise. O procedimento de NAA consistiu em irradiar alíquotas das amostras juntamente com os padrões sintéticos de elementos por um período de 16 h e sob fluxo de nêutrons térmicos de cerca de $4,5 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ do reator nuclear IEA-R1. Esses padrões sintéticos foram preparados pipetando soluções padrões sobre tiras de papel de filtro. As atividades gama induzidas foram medidas pela espectrometria de raios gama usando um detector de alta resolução. Os radioisótopos formados na irradiação foram identificados pela meia vida e energias dos raios gama e as concentrações dos elementos foram calculadas pelo método comparativo [2]. Foi avaliada a qualidade dos resultados quanto à precisão e a exatidão pela análise do MRC INCT-MPH-2 *Mixed Polish Herbs*.

RESULTADOS

Na Tabela 1 estão os resultados das análises do MRC INCT-MPH-2 *Mixed Polish Herbs* juntamente com os valores de desvio padrão relativo (DPR), erro percentual (ER e valores do certificado para comparação. Conforme mostra esta Tabela, os resultados indicam uma boa precisão com DPRs inferiores a 10,3 % com exceção para o caso do Sb com DPR igual a 16,1 % devido à baixa concentração no material. Também os resultados obtidos apresentaram uma boa exatidão com ERs variando de 0,5 a 10,1%. Na Tabela 2 estão os resultados preliminares dos fitoterápicos. Os elementos Ca e K apresentaram em teores mais elevados seguida de elementos Br, Fe, Rb e Zn da ordem de

µg/g e em baixos teores na ordem de ng/g os elementos As, Co, Cr, Cs e La..

TABELA 1. Concentrações de Elementos no MRC INCT-MPH-2 *Mixed Polish Herbs*

Elemento	M±DP	DPR, %	ER, %	Valor do Certificado
As, ng/g	183±10	5,5	4,2	191±23
Br, µg/g	7,66±0,77	10,1	0,6	7,71±0,61
Ca, %	1,09±0,11	10,1	0,9	1,08±0,07
Co, ng/g	225±19	8,4	7,1	210±25
Cr, µg/g	1,88±0,10	5,3	11,2	1,69±0,13
Cs, ng/g	77,4±4,2	5,4	1,8	76,0±7,0
Fe, µg/g	507±10	2,0	-	460*
K, %	2,02±0,05	2,5	5,7	1,91±0,12
La, ng/g	561±20	3,5	1,9	571±46
Rb, µg/g	10,6±0,3	2,8	0,9	10,7±0,7
Sb, ng/g	68±11	16,1	3,8	65,5±9,1
Sc, ng/g	125,2±3,4	2,7	1,8	123±9
Zn, µg/g	33,2±2,3	6,9	0,9	33,5±2,1

M±DP = Média Aritmética e Desvio Padrão de 4 a 7 determinações

CONCLUSÕES

As análises de materiais de referência certificados indicaram boa precisão e exatidão dos resultados demonstrando a viabilidade de aplicar o procedimento da NAA na determinação de vários elementos nos fitoterápicos. Os resultados obtidos nos fitoterápicos indicam a necessidade de obter um número maior de determinações para avaliar a reprodutibilidade dos dados obtidos

TABELA 2. Concentrações de Elementos nos Fitoterápicos

Elemento	Espinheira Santa	Berinjela
	M±DP(DPR; n)	M±D (DPR, n)
As, ng/g	ND *	18,3±0,3(1,6;2)
Br, µg/g	19,5±1,7(8,7; 3)	8,10±0,01(0,12; 3)
Ca, %	0,10±0,01(10,0;2)	0,10±0,01(10,0; 3)
Co, ng/g	47,1±5,3(11,3;3)	90,0±2,5(2,8;3)
Cr, µg/g	0,173±0,002(1,2; 3)	ND
Cs, ng/g	19,5±2,6(13,2;3)	37,3±1,6(4,3;3)
Fe, µg/g	10,5±0,7(6,7;3)	88,8±3,0(3,4;3)
K, %	0,400±0,04(10,0; 3)	2,0±0,1(5,0;2)
La, ng/g	27,9±0,7(2,5;3)	ND
Rb, µg/g	6,9±0,2(29;3)	17,4±0,3(1,7;3)
Sb, ng/g	5,6±0,3(5,3;2)	ND
Sc, ng/g	3,1±0,3(10,7;3)	10,9±0,8(7,3;3)
Zn, µg/g	7,2±0,7(9,7;2)	13,6±1,8(13,2;3)

M±DP = Média Aritmética e Desvio Padrão de n determinações; * ND= não detectado

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [117] ANVISA- Diretoria Colegiada, Resolução - RDC No- 26, de 13 de maio de 2014 http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0026_13_05_2014.pdf
- [118] Amorozo, M.C.M. Acta Botânica Brasileira. v 16, n.2, p. 189-203, 2002.
- [119] De Soete, D; Gijels, R; Hoste, J. Neutron activation analysis, Wiley-Interscience, 1972.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq /PIBIC

Experimento de Circulação Natural

Lucas Shimada Frenzel e Gaiânê Sabundjian
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

INTRODUÇÃO

Devido à nova geração de reatores nucleares compactos, que utiliza a circulação natural do fluido refrigerante como sistema de refrigeração e de remoção de calor residual, em caso de acidente ou desligamento de plantas nucleares, foi que surgiu esse trabalho que tem o objetivo de estudar o fenômeno da circulação natural em circuitos experimentais para aplicação em instalações nucleares. Esse tipo de estudo foi possível de ser realizado graças ao Circuito de Circulação Natural (CCN) que está instalado no Centro de Engenharia Nuclear (CEN) do IPEN, onde podem ser estudados os fenômenos de circulação natural tanto em regime monofásico como bifásico. Outra motivação é que a partir dos resultados experimentais podem ser validados os modelos que existem dentro do código RELAP5 [1], a fim de que se tenha confiabilidade na simulação de sistemas de resfriamento do núcleo de um reator nuclear durante seu desligamento.

No entanto, será necessário remontar o CCN e fazer um *upgrade* da interface de aquisição de dados, pois foi necessário desmontá-lo para o alinhamento de toda a tubulação de vidro e substituir todo o sistema de aquisição de dados.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é o de remontar o CCN do CEN e reconstruir o sistema de aquisição de dados. A motivação deste trabalho é o de estudar a fenomenologia da circulação natural em instalações nucleares. A aplicação principal dos resultados gerados neste circuito experimental é a validação do código RELAP5, que é um programa computacional vastamente utilizado nos institutos da CNEN

na simulação de transientes e acidentes em plantas nucleares.

METODOLOGIA

O circuito experimental é formado por tubos e equipamentos em vidro Pyrex da Corning montado em forma retangular, a fonte quente é um aquecedor elétrico situado na parte inferior de uma seção vertical do circuito. Ela é composta por duas resistências que dissipam cada uma em torno de 4200 W, uma sempre operando com potência total, e a outra controlada por um Variac, possibilitando potências de 4200 W até um total de 8400 W. A fonte fria é um trocador de calor com espiras helicoidais e encontra-se na parte superior da seção vertical oposta à seção do aquecedor. O volume total de água no circuito, incluindo o tanque de expansão e a linha de surto é de, aproximadamente, 12 litros. O tanque de expansão, previsto para absorver as variações de densidade do fluido no circuito é conectado em um ponto intermediário da seção horizontal inferior. O bocal superior do tanque de expansão permanece aberto, mantendo-o à pressão ambiente. O circuito não possui isolamento térmico, a menos da base do aquecedor, possibilitando assim a visualização do escoamento. O circuito experimental, descrito neste documento foi totalmente remontado no CEN, pois passou por algumas adaptações para a realização de medidas de fração de vazio e de vazão do fluido, além do fato da necessidade de alinhamento da tubulação à vidro. São medidas as temperaturas em 16 pontos, com termopares do tipo K, quatro dos quais estão dispostos na superfície dos tubos, os demais se encontram no interior dos mesmos nas posições apresentadas na figura 1.

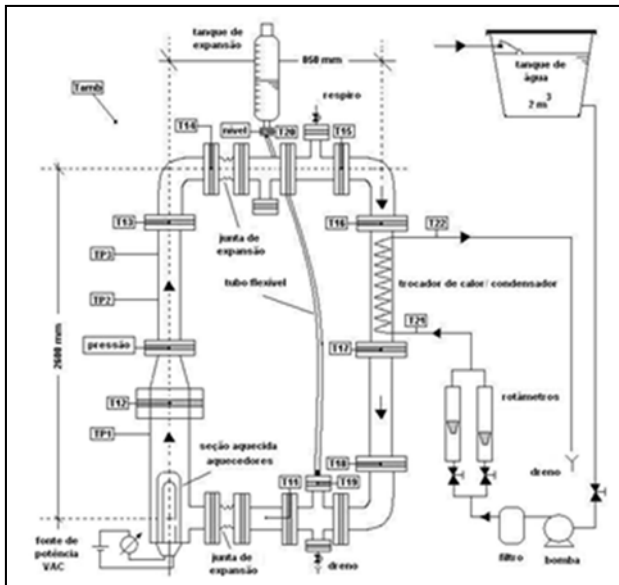


Figura 1. Esquema usado no Circuito de Circulação Natural

RESULTADOS

Nessa primeira etapa do trabalho foram realizadas: a manutenção, modernização, instalação dos termopares para leitura dos dados e a implementação do software em *LabView* 7.0 [2] para aquisição dos dados do CCN. Na figura 2 pode ser visto o sistema de aquisição de dados onde se vê a tela de interface de aquisição.

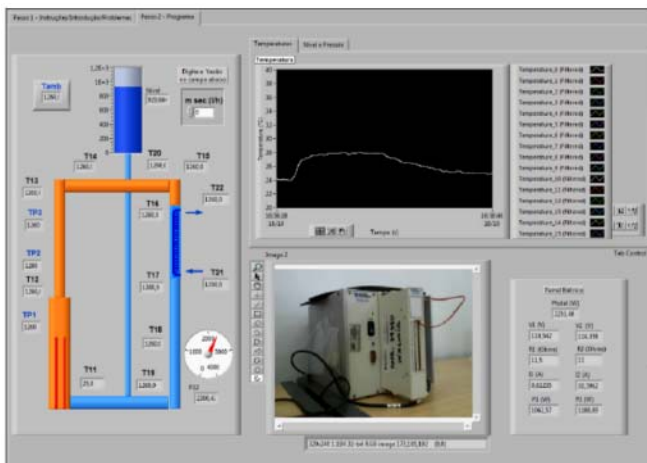


Figura 2 - Painel frontal do programa principal no *LabVIEW*

A montagem e modernização do CNN foram feitas e podem ser vistas na figura 3.



Figura 3. Foto da remontagem do Circuito de Circulação Natural

CONCLUSÕES

O trabalho proposto foi realizado com sucesso e na próxima etapa serão simulados experimentos com diferentes níveis de potência no aquecedor e vazão de água de resfriamento no circuito secundário. Esses experimentos darão origem a um banco de dados que será utilizado para validar os modelos de circulação natural de programas termo-hidráulicos de análise de acidentes, que nesse caso será o código RELAP5.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[120] The Relap5 Development Team, 1995, "RELAP5/Mod3 Code Manual, NUREG/CR-5535 Report", Idaho National Engineering Laboratory, vols. 1-5.

[121] LabView 7.0 Express, 2003, National Laboratory, USA.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro, por meio da concessão da bolsa de iniciação científica.

Avaliação das concentrações de metais, elementos terras raras e traço em perfis de sedimentos do reservatório Graminha - Estado de São Paulo pela técnica de ativação neutrônica

Lucas Stano Junqueira e Déborah Ines Teixeira Fávaro
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Reservatórios são intervenções antrópicas em ambientes aquosos com a finalidade de fazer o barramento de um rio para controle de enchentes, geração de energia elétrica ou captação de água para abastecimento humano, dentre outras funções. Com o emprego da análise de sedimentos provenientes desses sistemas aquáticos, podemos avaliar a contaminação dos mesmos por metais tóxicos e outros elementos, compreender os fenômenos de transporte que ocorrem nestes complexos sistemas e traçar um histórico da poluição.

Para a determinação de elementos traço e metais em diversas matrizes, a análise por ativação neutrônica (INAA) se destaca por permitir a determinação de vários elementos com alta sensibilidade e ser uma técnica não destrutiva.

OBJETIVO

Avaliar a concentração de metais, elementos terras raras e traço presentes em amostras de perfis de sedimentos, coletados no reservatório Graminha, pela técnica de INAA.

METODOLOGIA

No presente estudo foram coletados 6 perfis de sedimentos do reservatório de Caconde (Graminha) em 3 campanhas de coletas (Ago/2014, Fev/2015 e Ago/2015). Foram amostrados dois pontos, sendo um sempre fixo (P1 - próximo a barragem) e o outro variando-se a coordenada (X,Y,Z,

respectivamente), sendo eles: ponto 4, Ago/2014; ponto 3, Fev/2015 e ponto 2, Ago/2015.

As determinações dos elementos por INAA foram feitas utilizando-se o método comparativo. Amostras e materiais de referência foram submetidos à irradiação no reator nuclear IEA-R1 do IPEN-CNEN/SP, sob um fluxo de nêutrons térmicos de $1 \text{ a } 5 \cdot 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, por um ciclo diário. A primeira contagem foi realizada, após um tempo de 5 a 7 dias, por 1 hora e os seguintes radioisótopos de $T_{1/2}$ (tempo de meia vida) intermediária foram detectados: ^{76}As , ^{82}Br , ^{47}Ca , ^{42}K , ^{140}La , ^{24}Na , ^{147}Nd , ^{239}Np , ^{122}Sb , ^{153}Sm e ^{175}Yb . A 2ª contagem foi realizada, após 30 dias da irradiação, durante 1 hora e os radioisótopos de $T_{1/2}$ longa: ^{131}Ba , ^{141}Ce , ^{60}Co , ^{57}Cr , ^{134}Cs , ^{152}Eu , ^{59}Fe , ^{181}Hf , ^{177}Lu , ^{233}Pa , ^{86}Rb , ^{124}Sb , ^{46}Sc , ^{75}Se , ^{182}Ta , ^{160}Tb , ^{169}Yb e ^{65}Zn , foram detectados.

A validação da metodologia de INAA, para verificação da precisão e exatidão do método, foi realizada por meio da análise dos materiais de referência certificados: *Lake Sediment* (IAEA-SL-3), *Lake Sediment* (IAEA-SL-1) e GSN (Granite). No caso da técnica de INAA, o uso do valor de "Z" para aprovação dos resultados considera que se $|Z| < 3$, tem-se que o resultado individual da amostra controle, no caso, o material de referência que está sendo analisado, deve estar dentro de 99% do intervalo de confiança do valor esperado.[1] Para avaliação da ocorrência de uma influência antropogênica ou efeitos adversos em um dado local, em amostras de solos e sedimentos, utilizam-se ferramentas de avaliação, como o fator de

enriquecimento (**FE**) [2,3], o Índice de geoacumulação (**IGeo**) [2,3] e os valores de TEL (Threshold Effect Level) e PEL (Probable Effect Level) do Ministerio do CCME (**Canadian Environmental Quality Guidelines**). [4]

RESULTADOS

Todos os valores de Z-score encontrados nas análises dos materiais de referência se mantiveram dentro do intervalo de $-3 < Z < 3$, indicando que o método de INAA apresentou-se preciso e exato, para a determinação de 28 elementos, presentes nas amostras de sedimentos do reservatório.

O **FE** e o **IGeo** foram calculados considerando-se como valores basais, os valores de concentração (valores médios) encontrados nos últimos cortes do perfil do ponto 1 (Ago/2014). Foram encontrados valores basais para todos os elementos analisados exceto para K, Na, Rb e Zr, para os quais foram utilizados os valores do NASC (North American Shale Composite) [5]. Para o cálculo do **FE**, o Sc foi utilizado como elemento normalizador.

Em todos os perfis, diversos elementos apresentaram valores de **FE** > 2,0 o que indica um enriquecimento com provável influência antrópica. Vale ressaltar que, os valores obtidos para o U e para o As, em relação aos demais elementos analisados, foram bem superiores a **FE** > 2,0, para a maioria dos perfis. Os valores de **IGeo** categorizam a poluição de cada elemento por classes, sendo a classe 2 ($1 < \text{IGeo} < 2$) classificada como moderadamente poluída. A grande maioria dos elementos, na maior parte dos cortes nos perfis analisados, classificaram-se como classe 2 ou superior. Novamente resalta-se o comportamento do U e do As, e também o Br, que apresentaram classe 4 ($3 < \text{IGeo} < 4$), classificados como poluídos a muito poluídos, em todos os cortes, para todos os perfis.

CONCLUSÕES

A técnica de INAA se mostrou bastante eficiente determinando a concentração total de 28 elementos, com precisão e exatidão,

em sedimentos. Os valores de concentrações de **As**, **Cr** e **Zn** encontrados nos perfis de sedimentos do reservatório, quando comparados com os valores orientadores TEL e PEL do CCME e adotados pela CETESB, mostraram-se em todos os cortes, inferiores aos valores de PEL, com exceção dos três últimos cortes do ponto 4 (Ago/2014), com valores superiores a PEL para o metal Zn. Em geral, as concentrações encontradas para os elementos **As**, **Cr** e **Zn**, foram próximas aos valores de TEL, podendo os sedimentos do reservatório de Graminha serem classificados, em geral, como de ótima ou boa qualidade. Como o U apresentou enriquecimento tanto para os valores de **FE** quanto para os valores de **IGeo**, uma medida de datação dos perfis seria extremamente recomendada, pois esta poderia confirmar se o início do enriquecimento do sedimento da região com o U, coincide com o início das obras de mineração da mina Osamu Utsumi, das Indústrias Nucleares do Brasil (INB) Caldas-MG, na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BODE, P. Instrumental and organizational aspects of a neutron activation analysis laboratory, *Delft, Interfaculty Reactor Institut, Netherlands*, pp.147, 1996.
- [2] GOMES, F.C. et al. *Marine Pollution Bulletin*, **59**, pp. 123-133, 2009.
- [3] ZHANG, J. & LIU, C. L. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol.54 (6), pp.1051–1070, 2002.
- [4] CCME **Canadian Environmental Quality Guidelines** - Disponível em <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/en/index.html>.
- [5] TAYLOR, S. R. & MCLENNAN, S. M. *The continental crust: its composition and evolution*. London: Blackwell, 1985.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ/PIBIC

Efeitos da substituição do eletrólito na capacitância específica e resistência em série equivalente de supercapacitores eletroquímicos

Luiza de Brito Fantin e Rubens Nunes de Faria
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

INTRODUÇÃO

Recentemente, esforços têm sido concentrados na pesquisa para a melhora dos materiais para supercapacitores eletroquímicos. A capacitância específica de um supercapacitor é afetada pelo material do eletrodo, pelo eletrólito e pelas condições e métodos de medida [1,2]. Os mais comuns são voltametria cíclica e ciclo galvanostático. Valores obtidos por esses métodos são similares, porém não idênticos [1,2]. Em relação às condições de medida, valores de capacitância específica diminuem conforme taxa de varredura e densidade de corrente são aumentados. Uma comparação entre ambos os métodos e em diferentes condições foi feita utilizando células de carbono ativado comercial. Também se investigou o efeito de diferentes eletrólitos na capacidade específica, com as mesmas células comerciais.

OBJETIVO

Investigar o efeito das condições de medida da capacitância específica de supercapacitores, como densidade de corrente no ciclo galvanostático e velocidade de varredura na voltametria cíclica, além da janela de potencial aplicada em ambos os casos. A influência de diferentes tipos de eletrólito, orgânicos ou aquosos, no desempenho de supercapacitores, também é estudada.

METODOLOGIA

Supercapacitores comerciais com eletrólito orgânico de 2 F e voltagem nominal de 2,7 V tiveram a capacitância específica calculada por meio da realização de testes de voltametria cíclica [1] com velocidades de varredura variando de 2 a 70 mVs⁻¹ e janelas de

potencial de 1,1 e 2,7 V. Ciclos galvanostáticos [1,2] também foram realizados para calcular a capacitância específica e ESR, com densidade de corrente variando de 10 a 175 mA g⁻¹ e janelas de potencial de 1,1 e 2,7 V. Uma bomba de vácuo foi utilizada para retirar o eletrólito orgânico do supercapacitor comercial, para a substituição por eletrólitos aquosos. Foram testadas soluções de Na₂SO₄ e KOH, ambas na concentração 1,0 mol.L⁻¹. Ciclos galvanostáticos com densidade de corrente variando entre 75 e 150 mA g⁻¹ e janela de potencial de 1,1 V foram realizados, para cada eletrólito, a fim de se determinar a capacitância específica e ESR. Voltametria cíclicas com velocidade de varredura variando entre 10 a 70 mVs⁻¹ e janela de potencial de 1,1 V também foram feitas para determinação da capacitância específica, para cada eletrólito.

RESULTADOS

A influência dos parâmetros de medidas eletroquímicas na capacitância específica dos supercapacitores comerciais pode ser observada na Figura 1. Percebe-se que densidade de corrente e velocidade de varredura são ambos inversamente proporcionais à capacitância específica. Também é possível notar que a maior janela de potencial resulta em uma capacitância específica mais elevada.

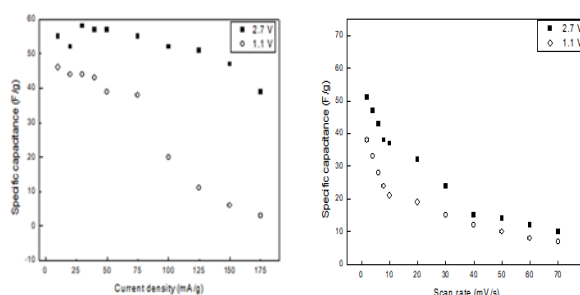


Figura 1. Influência da densidade de corrente nos ciclos galvanostáticos (esquerda) e da velocidade de varredura (direita) na medida da capacitância específica.

A Figura 2 mostra resultados de capacitância específica para os eletrólitos Na_2SO_4 e KOH , juntamente com a influência dos parâmetros de medida discutidos anteriormente. Percebe-se que tanto nos ciclos galvanostáticos quanto nas voltametrias cíclicas o eletrólito KOH , o qual possui maior força iônica, gerou melhores resultados.

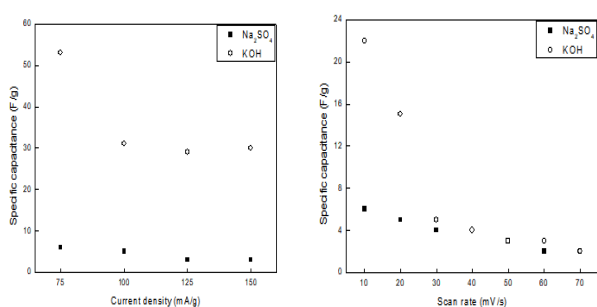


Figura 2. Influência da densidade de corrente nos ciclos galvanostáticos (esquerda) e da velocidade de varredura (direita) na medida da capacitância específica para diferentes eletrólitos.

CONCLUSÕES

A capacitância específica é afetada pelas condições de medida, sendo que essas precisam ser explícitas ao se comparar diferentes supercapacitores. A força iônica do eletrólito também contribui para o valor da capacitância específica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[122] KIM, B.; SERUBBABLE, S.; YU, A.; ZHANG, J. Electrochemical Supercapacitors for Energy Storage and Conversion. Handbook of Clean Energy Systems, v. 5, p.1-25, 2015.

[123] ZHANG, S.; PAN, N. Supercapacitors Performance Evaluation. Advanced Energy Materials, v. 5, p. 1-19, 2015.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agradecimentos ao IPEN-CNEN/SP pelo suporte a essa investigação e ao programa PIBIC-PROBIC pela bolsa de pesquisa (L. B. Fantin).

Estudo dos sistemas cromatográficos para controle radioquímico de mertiatida (99m Tc)

Maria Cícera Cardoso Viana Matos e Margareth Mie Nakamura Matsuda
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

INTRODUÇÃO

Radiofármacos são compostos que contêm substâncias com afinidade biológica que se ligam ao elemento radioativo (radionuclídeo ou radioisótopo), constituindo um fármaco radioativo com aplicações diagnósticas e terapêuticas na medicina nuclear. [1]

MAG3 na forma de pó liofilizado, estéril e apirogênico, reconstituído com eluato de pertecnetato de sódio, estéril e apirogênico, resulta no radiofármaco conhecido como mertiatida (99m Tc) para uso na medicina nuclear, para avaliação da filtração tubular no diagnóstico da insuficiência renal. [2]

A determinação da pureza radioquímica (%PRq) da mertiatida (99m Tc) tem sido objeto de estudo devido à complexidade na separação das impurezas de marcação. Um dos ensaios descritos nas farmacopeias americana e europeia é o controle radioquímico para a determinação de tecnécio hidrolisado por cromatografia em papel (CP), com fase móvel de acetonitrila e água (60:40) (v/v). Por ser de execução simples, Chen *et al.* e Straub *et al.* estudaram sistemas cromatográficos para $^{99m}\text{TcO}_4^-$ e $^{99m}\text{TcO}_2$ por cromatografia em camada delgada (CCD) e CP para uso rotineiro na determinação da %PRq da mertiatida (99m Tc). [2-4]

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo comparativo entre os métodos por CCD e CP para determinação $^{99m}\text{TcO}_4^-$ e $^{99m}\text{TcO}_2$ no controle radioquímico da mertiatida (99m Tc).

METODOLOGIA

A radiomarcagem foi realizada em frascos de reagente liofilizado (RL) de MAG3 preparados no IPEN-CNEN/SP e reconstituídos com eluato de $^{99m}\text{TcO}_4^-$ obtido de gerador de $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ (IPEN-CNEN/SP). Foram utilizados os solventes metiletilcetona (MEC), acetato de etila (AE), e misturas nas proporções de (3:2), (1:1), (2:3), (4:7), (2:4), e tiras de CCD de ITLC-SG e TLC-SG para determinação da $\%^{99m}\text{TcO}_4^-$ e mistura de acetonitrila (ACN) e água purificada e tiras de papel Whatman 3MM (W3) e Whatman 1 (W1) na proporção de (1:1) para determinação da $\%^{99m}\text{TcO}_2$. Os suportes cromatográficos de ITLC-SG, TLC-SG, W3 e W1 foram preparados com 12,5 centímetros de comprimento e 1,5 de largura. Após a corrida cromatográfica, as tiras de CCD e CP foram secas, cortadas em segmentos de 1 cm e a radioatividade foi medida (cpm) em contador gama Perkin Elmer. Foram determinados os R_f de $^{99m}\text{TcO}_2$ e $^{99m}\text{TcO}_4^-$, tempo da corrida cromatográfica, $\%^{99m}\text{TcO}_4^-$, $\%^{99m}\text{TcO}_2$ e a %PRq. Os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão (DP), com N=3. Para obtenção de $^{99m}\text{TcO}_2$ utilizou-se solução de cloreto estânico 2 mg mL⁻¹ e 1,0 mCi mL⁻¹ de $^{99m}\text{TcO}_4^-$ hidrolisado com solução de NaOH 1 mol L⁻¹.

RESULTADO

Foram obtidos os R_f de $^{99m}\text{TcO}_4^-$ e $^{99m}\text{TcO}_2$ nos sistemas cromatográficos estudados (Tab.1). $^{99m}\text{TcO}_4^-$ e $^{99m}\text{TcO}_2$ ficaram nas fitas nos R_f 0,9-1,0 e 0, respectivamente, com arraste de atividade maior nas fitas ITLC-SG e TLC-SG. Os resultados de $\%^{99m}\text{TcO}_4^-$ e $\%^{99m}\text{TcO}_2$ nos diferentes sistemas estão relacionados na Tab.2 e 3.

TABELA 1: R_f de ^{99m}TcO₄⁻ e ^{99m}TcO₂.

Solvente	Impureza	R _f		
		ITLC-SG	TLC-SG	W3
MEC	^{99m} TcO ₄ ⁻	0,9-1	0,9-1	0,9-1
	^{99m} TcO ₂	0	0	0
MEC-AE (3:2)	^{99m} TcO ₄ ⁻	0,9-1	0,9-1	0,9-1
	^{99m} TcO ₂	0	0	0
MEC-AE (1:1)	^{99m} TcO ₄ ⁻	0,9-1	0,9-1	0,9-1
	^{99m} TcO ₂	0	0	0
MEC-AE (2:3)	^{99m} TcO ₄ ⁻	0,9-1	0,9-1	0,9-1
	^{99m} TcO ₂	0	0	0
MEC-AE (2:4)	^{99m} TcO ₄ ⁻	0,9-1	0,9-1	0,9-1
	^{99m} TcO ₂	0	0	0
MEC-AE (4:7)	^{99m} TcO ₄ ⁻	0,9-1	0,9-1	0,9-1
	^{99m} TcO ₂	0	0	0

TABELA 2: Valores de %^{99m}TcO₄⁻ (média±DP) em ITLC-SG e TLC-SG nos diferentes solventes.

Solventes	% ^{99m} TcO ₄ ⁻	
	ITLC-SG	TLC-SG
MEC	0,71±0,44	0,61±0,21
MEC-AE (3:2)	0,66±0,23	0,94±0,24
MEC-AE (1:1)	0,61±0,32	0,81±0,25
MEC-AE (2:3)	0,90±0,28	0,64±0,24
MEC-AE (2:4)	0,83±0,23	0,43±0,12
MEC-AE (4:7)	0,71±0,19	0,55±0,15
AE	0,81±0,21	0,85±0,22

Os resultados de %^{99m}TcO₄⁻ em ITLC-SG e TLC-SG em misturas de MEC e AE estão todos abaixo de 1%.

TABELA 3: Valores de %^{99m}TcO₂ (média±DP) em W3 e W1 em ACN:água purificada (1:1).

Solventes	% ^{99m} TcO ₄ ⁻	
	W3	W1
ACN-H ₂ O	0,61±0,21	0,64±0,52

Ambos sistemas foram eficientes na separação de ^{99m}TcO₂. O uso de W3 e W1 resultou %^{99m}TcO₂ de cerca de 0,6.

CONCLUSÃO

Conclui-se que os sistemas cromatográficos estudados foram similares na separação de ^{99m}TcO₂ e ^{99m}TcO₄⁻ na determinação da %PRq de MAG3-^{99m}Tc. Os valores obtidos de %^{99m}TcO₂ e %^{99m}TcO₄⁻ resultam em %PRq acima de 98%, acima de 90 %, especificação das farmacopeias internacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 63, de 18 de dezembro de 2009. Dispõe sobre as Boas Práticas de Fabricação de Radiofármacos. *Diário Oficial República Federativa do Brasil*, ANVISA, Brasília, DF, 23 dez. 2009.
- 2- Chen, F.; Decristoforo, C.; Rohrbacher, B.; Riccabona, G. A simple two-strip method to determine the radiochemical purity of technetium-99m mercaptoacetyltriglycine. *Eur. J. Nucl. Med.*, v. 20, p. 334-8, 1993.
- 3- European Pharmacopoeia, 9. ed., Strasbourg, Council of Europe, v. 1, 2018.
- 4- Straub, M.; Leresche, M.; Pilloud, C.; Devynck, F.; Stritt, N.; Hesselmann, R. A new two-strip TLC method for the quality control of technetium-99m mercaptoacetyltriglycine (^{99m}Tc-MAG3), *EJNMMI Radiopharmacy and Chemistry*, 3:5; p.1-16, 2018.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agradecimento ao CNPq pelo suporte financeiro e ao CR pela infraestrutura.

Estudo da ecotoxicidade aguda do resveratrol em *Daphnia similis* irradiadas e não irradiadas

Matheus Beani Ormenio, Sizue Ota Rogero e José Roberto Rogero
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O resveratrol é sintetizado por uma grande variedade de plantas em resposta à radiação ultravioleta (UV) ou à ação de certos patógenos^[124]. É um composto com capacidade de proteger as células dos radicais livres. Esses radicais livres, considerados produtos tóxicos, são responsáveis pelo processo natural de envelhecimento celular. É conhecido que o resveratrol apresenta um efeito radiomodificador, além do potencial antioxidante, anti-inflamatório, contra doenças cardiovasculares. O crescente aumento do uso do resveratrol em função das atividades biológicas tem levado à preocupação sobre a toxicidade em várias espécies de interesse biológico. Na área ecotoxicológica são realizados ensaios de ecotoxicidade aguda em organismos aquáticos que avaliam efeitos letais de determinadas substâncias e ou amostras ambientais. Estes ensaios são importantes para fornecer informações fundamentais e rápidas para o desenvolvimento e adoção de critérios para a melhoria da qualidade ambiental^[125]. Os Cladoceras são largamente utilizados como organismos-teste, devido à sua extrema sensibilidade aos tóxicos no ambiente e por apresentarem fácil manejo em laboratório.

No período anterior deste estudo foi utilizada a *Daphnia similis* para verificar o efeito tóxico do resveratrol e obter a DL50 (Dose letal a 50% dos organismos) da radiação gama nestes organismos. Com resultado dos ensaios de ecotoxicidade aguda do resveratrol, a CE50 obtida foi de 6,08 µM/L. Para determinação da DL50 da radiação gama em *D. similis* foi de 585,43 G, com base nestes dados o trabalho foi continuado para avaliar o efeito radiomodificador o resveratrol.

OBJETIVO

Avaliar o efeito radiomodificador do resveratrol em *Daphnia similis* irradiadas a uma dose inferior a 10% da DL50 da radiação gama para este organismo, com base nos dados obtidos no período anterior.

METODOLOGIA

O ensaio efeito radiomodificador do resveratrol em *D. similis* utilizado foi adaptado, seguindo a norma ABNT NBR – 12713^[126]. A água deionizada reconstituída com dureza de 40 a 48 mg L⁻¹ CaCO₃ e pH entre 6,5 e 7 foi usada como de cultivo e diluição (meio MS). Foram montados dois grupos de organismos, os não-irradiados, como a função de se estabelecer um controle, onde não houve a presença de resveratrol e de radiação gama, e os irradiados, onde foram estabelecidas as concentrações de resveratrol (0; 3; 4; 5; 6 e 7 µM/L). Primeiramente no grupo irradiado 10 neonatas com idade de 6 a 24 h foram colocadas em béqueres contendo 20 mL de cada diluição do resveratrol (0; 3; 4; 5; 6 e 7 µM/L) no , sendo 2 réplicas por diluição. No grupo controle não-irradiado as neonatas foram colocadas em meio MS. Esses béqueres foram mantidos em incubadora em 22±2°C, foto período de 12 horas luz. Após 24 h 5 neonatas foram transferidas para tubos falcon contendo 10 mL de meio MS, sendo 4 réplicas para cada diluição utilizada, onde foram expostas em fonte de ⁶⁰Co (Gamma-Cell 200) na dose de 55 Gy, abaixo de 10% da DL(50) para este organismo. Após a irradiação os organismos foram

mantidos por 48 h em incubadora. O efeito final avaliado foi a imobilidade dos organismos e com os resultados obtidos observado o efeito radiomodificador do resveratrol.

RESULTADOS

Na Fig. 1 estão apresentados os resultados, em gráfico dos três ensaios realizados para a avaliação do efeito radiomodificador do resveratrol em *D. similis* irradiadas com 55 Gy de radiação gama, onde nas concentrações de 6 e 7 $\mu\text{M/L}$ não foi observada imobilidade dos organismos, sendo que na ausência de resveratrol houve uma média de 3 organismos imóveis.

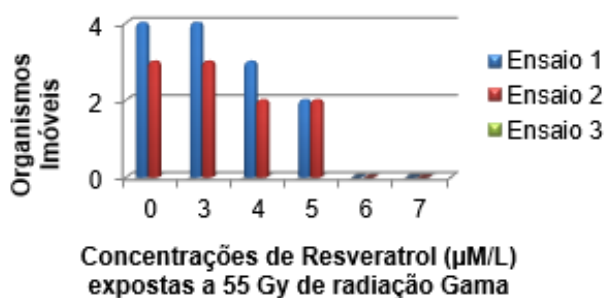


FIGURA 1. Ensaio do efeito radiomodificador do resveratrol em *D. similis* irradiadas com radiação gama.¶

CONCLUSÕES

O estudo do efeito radioprotetor do resveratrol em *Daphnia similis* evidenciou uma maior resistência dos organismos a radiação gama nas concentrações de 6 e 7 $\mu\text{M/L}$ de resveratrol, quando expostas a uma dose de radiação de 55 Gy. Este estudo corrobora com estudos prévios na literatura demonstrando um efeito radioprotetor do resveratrol, também evidenciado por Moreno, 2009,^[4] ao identificar este mesmo efeito, em células de tecido conectivo de camundongo, NCTC, Clone 929, expostas a uma dose de radiação gama de 3 Gy na presença de resveratrol nas concentrações de 12,5 a 25 $\mu\text{M/L}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[124]Van Etten, H.D.; Mansfield, J.W.; Bailey, J.A.; Farmer, E.E. Two classes of plant antibiotics: phytoalexins versus “phytoanticipins”. *Plant Cell*, v. 6, p. 1191-1192, 1994.

[125]Fonseca, A.L. A biologia das espécies *Daphnia laevis*, *Ceriodaphnia silvestrii* (Crustacea, Cladocera) e *Poecillia reticulata* (Pisces, Poecillidae) e o comportamento destes em testes de toxicidade aquática com efluentes industriais. 1991. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo (EESC/USP), São Carlos.

[126]Associação brasileira de normas técnicas. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustacea, Cladocera,). Norma ABNT NBR – 12713, 2009.

[127]Moreno, Carolina dos Santos. Estudo do Efeito Radioprotetor do Resveratrol. 2009. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC

Guias de onda em vidros dopados com terras-raras

Rafael Moreno dos Santos Medrano e Niklaus Ursus Wetter
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A tecnologia de dispositivos óticos integrados consiste na escrita de um guia de onda em uma amostra vítrea dopada com um ou mais íons de terra-rara e também é conhecida como lasers óticos integrados ou lasers de guia de ondas. Um guia de onda em amostra vítrea baseia-se na modificação localizada do índice de refração do material. Dispositivos fabricados dessa maneira normalmente apresentam baixas perdas por propagação, são muito estáveis e podem ser facilmente conectados com fibras óticas tradicionais.

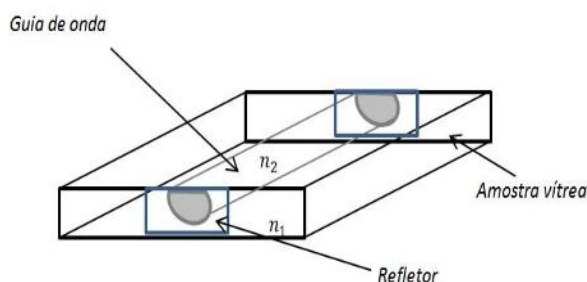


Figura 1: Representação esquemática de guia de onda escrito em amostra vítrea pra circuitos óticos integrados.

Os íons terras raras possuem muitas transições eletrônicas bem definidas nas regiões do visível e do infravermelho próximo [1], o que pode amplificar os sinais de entrada na amostra.

A produção de tais dispositivos é interessante pois pode-se fabricar muitos deles em um único chip planar, o que torna os custos de uma produção elevada mais baixos quando comparados aos dispositivos semicondutores e outros com funções similares. Objetiva-se que esta tecnologia atinja a viabilidade comercial.

OBJETIVO

Ao longo do período de estudo e trabalho o aluno teve por objetivo aprender técnicas de tratamento abrasivo mecânicos (corte, lapidação e polimento) de amostras vítreas dopadas de terras-raras e de análise e caracterização dos guias para dispositivos óticos integrados. Tais procedimentos foram realizados utilizando os equipamentos dos laboratórios do Centro de Lasers e Aplicações do IPEN.

METODOLOGIA

O tratamento mecânico abrasivo das amostras foi dividido em três etapas: corte, desbaste e polimento [3]. Na primeira etapa a amostra ganha a forma desejada e utiliza-se uma máquina de corte a fio, na segunda retira-se as imperfeições macroscópicas resultantes do processo anterior ajustando sua planicidade, por fim as imperfeições microscópicas e atenuações de sua rugosidade são corrigidas no polimento em um disco de cera. Todos os processos são auxiliados por abrasivos adequados à cada etapa. Em seguida, a planicidade da amostra é analisada através de técnicas óticas envolvendo franjas de interferência.

Os guias de ondas são gravados na amostra vítrea utilizando a tecnologia de lasers de femtossegundos operando em diferentes parâmetros, como velocidade de escrita e energia. Para caracterização do feixe guiado e de sua distribuição de modos foi montado o arranjo experimental abaixo.

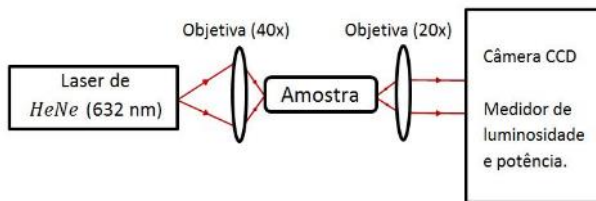


Figura 2: Esquema do arranjo utilizado para caracterização dos feixes e modos guiados.



Figura 3: Arranjo para medição da intensidade e da potência da luz guiada.

RESULTADOS

O processo de tratamento abrasivo mecânico foi aplicado à duas amostras: uma de $GeO_2 - PbO - Ga_2O_3$ e outra de $TeO_2 - ZnO$. Abaixo são mostradas imagens das amostras com franjas de interferência que são utilizadas para determinar sua planicidade [2].

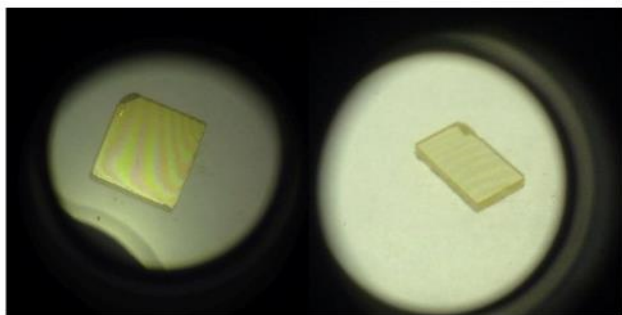


Figura 8: Da esquerda para a direita temos, respectivamente, as amostras de $GeO_2 - PbO - Ga_2O_3$ e $TeO_2 - ZnO$.

Abaixo vemos imagens de modos guiados em uma amostra de $GeO_2 - PbO$ já existente e polida, capturadas pela câmera CCD.

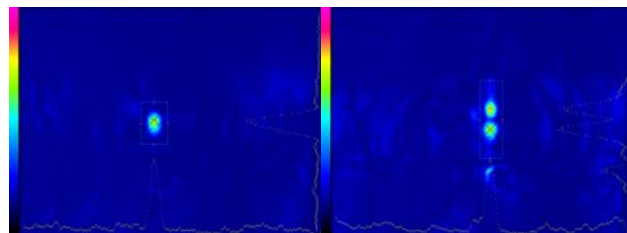


Figura 4: Perfil do modo guiado na amostra de $GeO_2 - PbO$. As duas imagens correspondem ao mesmo guia, porém a da esquerda foi obtida variando o ângulo de incidência do laser HeNe na amostra, trazendo a aparição de dois modos guiados.

CONCLUSÕES

Durante o trabalho foi possível obter experiências com diversos procedimentos e técnicas utilizados para o desenvolvimento de atividades científicas nos laboratórios do Centro de Lasers e Aplicações do IPEN. O tratamento abrasivo-mecânico mostrou-se delicado, mas eficiente na fabricação de faces paralelas das amostras. A caracterização de diversos guias de onda mostrou a importância da relação entre os parâmetros das lentes utilizadas com os parâmetros de escrita dos guias. Ao observar a aparição de mais modos da luz guiada podemos perceber que podem existir modos sobrepostos uns aos outros no perfil da luz emitida por um guia de onda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] EISBERG, R. e RESNICK, R. *Física Quântica – Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas*, 6ª edição, Rio de Janeiro: Editora Campus, 1988, 928p.
- [2] BEWOOR, A.K. e KULKARNI, V.A. *Metrology & Measurement* - McGraw-Hill, New Delhi, 2009, 466p.
- [3] FYNN, G. W. e POWELL, W. J. A. *Cutting and polishing optical and electronic materials*, 2ª edição, Bristol: Adam Hilger, 1988, 229 p.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Bolsa PIBIC – CNPq.

Purificação e caracterização da tireotrofina humana (hTSH) expressa em células de rim de embrião humano (Expi293F™) em suspensão

Renan Passos Freire e Carlos Roberto Jorge Soares
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A tireotrofina, ou hormônio estimulador da tireóide (TSH) é um hormônio pituitário heterodimérico que possui duas subunidades unidas não covalentemente (α e β), produzida e secretada pelos tireotrófos, regulando funções da glândula Tireoide na secreção dos hormônios tireoidianos, tiroxina (T4) e triiodotironina (T3). Esse mecanismo de regulação, conhecido como eixo-hipotálamo-hipófise-tireóide, faz parte de uma retroalimentação negativa, onde o hormônio liberador da tireotrofina (TRH) regula a secreção do TSH e dos hormônios T3 e T4; à medida que a concentração de T3, T4 sobem, a concentração de TSH e TRH abaixam. Caso a concentração de T3, T4 declinem, as concentrações de TRH e TSH sobem [1]. Diversos estudos demonstram a atividade fisiológica dos hormônios tireoidianos, como na maturação de funções sexuais, captação de iodo, desenvolvimento cerebral em neonatos, entre outros [2]. A partir da expressão do hTSH em células de rim de embrião humano (HEK293F), foi dada continuidade aos processos de purificação e caracterização da tireotrofina humana recombinante. Foram feitas purificações em sistemas de cromatografias de fase reversa (RP-HPLC) e de exclusão molecular (HPSEC) e por trocas catiônicas e de exclusão molecular, usando o sistema AKTA.

OBJETIVOS

Purificar e caracterizar a tireotrofina humana (hTSH) expressas em células Expi293F™ cultivadas em suspensão.

METODOLOGIA

O r-hTSH secretado no meio condicionado foi purificado utilizando técnicas cromatográficas com duas resinas em diferentes etapas: a primeira, com a resina de troca catiônica SP-Sepharose Fast Flow, e a segunda etapa, uma resina de gel filtração Sephacryl S100 empacotadas em colunas de vidro O meio condicionado, antes de entrar na coluna, foi dialisado pelo sistema de filtração tangencial TFF (*Tangencial Flow Filtration*, Merck, Tullagreen, CO, Irlanda), utilizando o tampão acetato de sódio 20 mM pH 8,0 ajustado para 5,0. Para purificação foi utilizado o equipamento ÄKTA Purifier (GE Healthcare, LC, Inglaterra). Para purificação por troca catiônica, os frascos contendo o hTSH (#45-67) foram coletados e concentrados de 154 mL para 19 mL utilizando o sistema de filtração tangencial TFF, sendo armazenado a -80 °C. Alíquota de 500 μ L a partir do *pool* dessa purificação foi reservada para análises em HPSEC e RP-HPLC. Após concentrar o produto purificado para 19 mL utilizando o sistema TFF, a proteína foi submetida à etapa de purificação por gel filtração. As frações contendo o hTSH (#3-23) foram coletadas e concentradas de 40 mL para 2 mL no sistema Amicon® Ultra – 15 *Centrifugal Filters Ultracel® 10K* (Merck, Tullagreen, CO, Irlanda), por rotação em centrífuga a 4 °C e 1500 g por 20 minutos. As análises foram feitas e quantificadas em RP-HPLC e HPSEC.

RESULTADOS

A purificação por troca catiônica usando a resina SP-Sepharose FF foi realizada partindo de 120 mL de meio condicionado dialisado (Figura 1). As frações coletadas e

armazenadas foram reservadas para análises em RP-HPLC e HPSEC. A partir da primeira etapa de purificação, podemos observar mediante os cromatogramas (Figura 1) que um perfil de glicosilação do r-hTSH desapareceu, quando submetido a RP-HPLC. Duas isoformas principais se mantem no tempo de retenção próximo ao do padrão obtido em CHO. Com a análise em HPSEC, podemos afirmar que o produto analisado é o r-hTSH, pois o tempo de retenção entre o padrão e o r-hTSH obtido em HEK293 são similares.

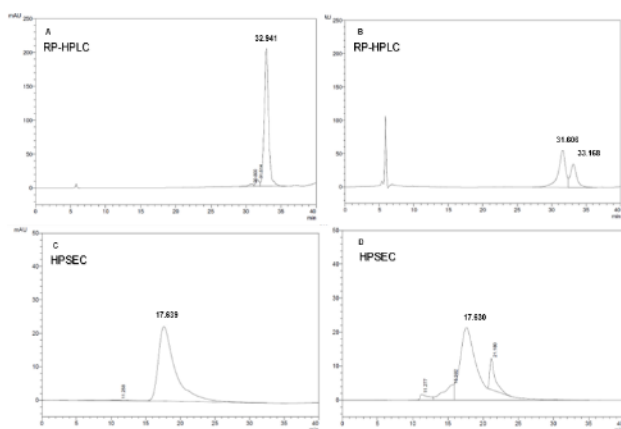


Figura 1 - Cromatogramas analíticos da purificação por troca catiônica. (A): RP-HPLC Thyrogen® 5 µg/5µL; (B): RP-HPLC r-hTSH HEK293F após SP-Sepharose concentrado para 19 mL (30 µL). (C): HPSEC Thyrogen® 5 µg/5µL; (D): HPSEC r-hTSH HEK293F após SP-Sepharose concentrado para 19 mL (30 µL).

O resultado obtido após a primeira etapa de purificação demonstrou que ainda havia impurezas na solução contendo o TSH. Por isso, foi introduzida uma outra etapa de purificação mediante uma resina de gel filtração. As frações coletadas correspondentes ao TSH apresentaram alto nível de pureza, quando analisada em RP-HPLC e HPSEC, superior a 95%. Contudo, as duas formas glicosiladas do TSH ainda são encontradas (Figura 2)

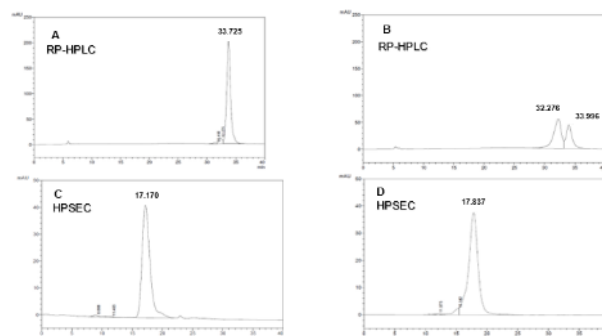


Figura 2: Cromatogramas referente a purificação do r-hTSH por exclusão molecular após a etapa de purificação por troca catiônica. (A): RP-HPLC Thyrogen 5 µg/5µL; (B): RP-HPLC r-hTSH HEK293F após Sephacryl (5 µL); (C): HPSEC Thyrogen 5 µg/5µL; (D): HPSEC r-hTSH HEK293F após Sephacryl (5 µL).

CONCLUSÕES

Foi possível determinar a efetividade do sistema de cultura em suspensão de células HEK293F assim como sua purificação em apenas duas etapas. A ordem de expressão de 50 µg/mL possibilitou que, com apenas quatro produções, fossem alcançadas em torno de 5 mg de proteína em 120 mL de meio condicionado. Dado o baixo volume de meio condicionado, as etapas de purificação do produto foram reduzidas, diminuindo custo, tempo e risco de degradação proteica. A partir dos dados obtidos, análises de N-glicosilação estão sendo realizadas para comparação entre as formas pituitária e comercial Thyrogen® (Genzyme, MA, EUA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SZKUDLINSKI, M.W. et al. **Physiological Reviews**, v. 82, n. 2, p. 473- 502, 2002.
- [2] DE MOURA, E. G.; MOURA, C. C. Regulation of thyrotropin synthesis and secretion. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 48, n. 1, p. 40-52, 2004.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC

Determinação da densidade e fragilidade óssea de camundongos com osteogênese imperfeita visando o tratamento com o gene do hormônio de crescimento murino

Vanessa de Luna Yosidaki e Cibele Nunes Peroni
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A osteogênese imperfeita (OI), popularmente conhecida como doença dos ossos frágeis ou quebradiços, é um distúrbio hereditário do tecido conjuntivo e se manifesta, principalmente, no tecido ósseo. É caracterizada pela fragilidade e baixa densidade óssea, deformidades no esqueleto e deficiência de crescimento, além de outras manifestações sistêmicas muito variadas. Estas anormalidades são causadas, em geral, por mutações nos genes COL1A1 no cromossomo 17 e COL1A2 no cromossomo 7, os quais codificam, respectivamente, as cadeias $\alpha 1$ (I) e $\alpha 2$ (I) do colágeno tipo I. Essas alterações resultam na síntese reduzida da quantidade de colágeno normal ou na síntese de uma molécula estruturalmente anormal. A OI do tipo I é a forma mais branda da doença e é causada por uma mutação *nonsense* do gene COL1A1, produzindo cerca de 50% de colágeno normal [1].

O modelo animal murino para este tipo de OI, conhecido como camundongo *oim*, apresenta uma deleção no gene COL1A2 do colágeno tipo I, que altera cerca de 50 aminoácidos da proteína, gerando um fenótipo similar ao da OI tipo I humana. Em vista disso, esses animais estão sendo amplamente utilizados em estudos visando o desenvolvimento de tratamentos para esta doença [2].

Um dos tratamentos utilizados para a OI é a administração do hormônio de crescimento humano (hGH) recombinante, com o objetivo de promover o aumento da densidade mineral óssea e do tamanho corporal, porém trata-se de um tratamento dispendioso, e que requer aplicações diárias no

paciente. Desta forma, é imprescindível o desenvolvimento de novas abordagens, como por exemplo, a técnica de injeção direta e subsequente eletroporação de DNA plasmidial com o gene do mGH, baseando-se na experiência do nosso grupo de pesquisa, na área de terapia gênica [3].

Portanto, para viabilizar esse tratamento é necessário realizar uma determinação prévia, da densidade e fragilidade óssea em camundongos *oim* heterozigotos e camundongos selvagens.

OBJETIVO

Determinar a densidade e fragilidade óssea de camundongos *oim* e normais e estabelecer os parâmetros de avaliação da terapia proposta. Para, a partir destas avaliações, realizar um bioensaio de longa duração.

METODOLOGIA

Foram utilizados camundongos *oim* heterozigotos (*oim/wt*) machos (n=6) e fêmeas (n=6), e um grupo controle selvagem (*wt/wt*), com camundongos machos (n=6) e fêmeas (n=6), de aproximadamente 40 dias, os quais foram mantidos no Biotério do IPEN. Para o teste de densitometria óssea do fêmur foi utilizado o equipamento *In vivo Imaging System FXPRO*, localizado no Instituto de Ciências Biomédicas IV da USP. Os animais foram anestesiados com uma solução de xilazina e quetamina, via intraperitoneal, e mantidos sob anestesia durante toda a aquisição da imagem. As imagens radiográficas dos fêmures direitos e esquerdos foram geradas e analisadas utilizando o *software Molecular Imaging Software*, integrado ao equipamento. O teste biomecânico foi realizado na

UNIFESP, na unidade Baixada Santista, utilizando uma máquina de teste universal (modelo 3342, Instron) nos fêmures direitos e esquerdos. Foi utilizada uma célula de carga com capacidade máxima de 500 N e pré-carga de 5 N em apoio de 0,80 cm. A força de flexão foi aplicada na direção antero-posterior na parte central da diáfise dos fêmures com uma tensão constante de 3 mm/minuto até a ocorrência da fratura. Os parâmetros analisados foram resistência à fratura (N) e o tempo de quebra (s) os quais, juntos refletem as propriedades do tecido ósseo.

RESULTADOS

De acordo com os dados obtidos após o teste de densitometria óssea, conforme a Tabela 1, a significância entre fêmeas e machos *oim* em relação aos camundongos normais foi de $p < 0,05$.

Tabela 1. Determinação da densitometria óssea.

Grupo	n	Densidade óssea (g/cm ³)
Machos (<i>oim/wt</i>)	6	0,82 ± 0,06
Fêmeas (<i>oim/wt</i>)	6	0,69 ± 0,03
Machos (<i>wt/wt</i>)	6	0,69 ± 0,04
Fêmeas (<i>wt/wt</i>)	6	0,63 ± 0,03

Os resultados do teste biomecânico estão apresentados na Tabela 2. Houve apenas significância entre machos *oim/wt* e *wt/wt* de $p < 0,05$, em que os camundongos *oim* apresentaram carga máxima maior que os *wild-type*.

Quanto ao tempo de quebra, podemos observar que este, foi maior nas fêmeas e nos machos *wt/wt* quando comparadas com fêmeas e machos *oim/wt*.

Tabela 2. Resultados do teste biomecânico

Grupo	n	Carga máxima (N)	Tempo de quebra (s)
<i>oim/wt</i>			
Machos-D	3	8,55 ± 2,03	6,52
Machos-E	5	6,62 ± 2,40	
Fêmeas-D	5	3,80 ± 0,83	13,24
Fêmeas-E	3	3,84 ± 1,03	
<i>wt/wt</i>			
Machos-D	4	4,58 ± 1,57	45,72
Machos-E	6	5,15 ± 2,15	
Fêmeas-D	4	3,26 ± 1,32	37,43
Fêmeas-E	4	3,72 ± 0,98	

CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos nesta fase do projeto, concluímos que, para os próximos bioensaios, os animais utilizados deverão ser todos do mesmo sexo, e o tempo de tratamento deverá ser prolongado, para melhor avaliar os efeitos da abordagem proposta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

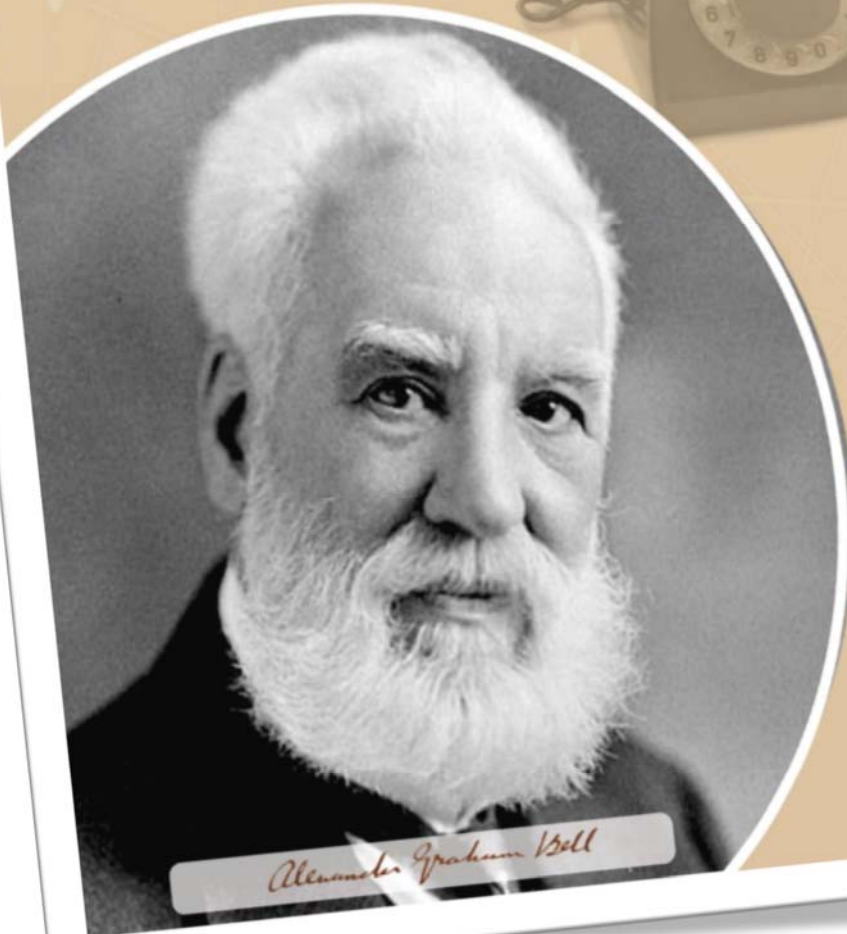
- [1] FORLINO, A.; MARINI, J.C. Osteogenesis Imperfecta. *The Lancet*, v.387, p. 1657-1671, 2016.
- [2] CARRIERO, A.; ZIMMERMANN, E. A.; PALUSZNY, A.; et. al. How tough is brittle bone? Investigating osteogenesis imperfecta in mouse bone. *J. Bone Miner. Res.*, v.26, p. 1392-1401, 2014.
- [3] CECCHI, C.R.; HIGUTI, E.; OLIVEIRA, N.A.J.; LIMA, E.R.; JAKOBSEN, M.; DAGNAES-HANSEN, F.; GISSEL, H.; AAGAARD, L.; JENSEN, T.G.; JORGE, A.A.L.; BARTOLINI, P.; PERONI, C.N. A novel homologous model for gene therapy of dwarfism by non-viral transfer of the mouse growth hormone gene into immunocompetent dwarf mice. *Curr. Gene Ther.*, v. 14, p. 44-51, 2014.

APOIO FINANCEIRO

CNPq /PIBIC

IRD

Instituto de Radioproteção
e Dosimetria



Alexander Graham Bell

A invenção que mudou a história da humanidade
(Homenagado de 2018)

ALEXANDER
ALEXANDER
GRAHAM BELL
(1847-1922)

o inventor do telefone

Anisotropia de fonte de nêutrons do laboratório de metrologia de nêutrons

Alexander Camargo Firmino da Silva e Walsan Wagner Pereira
Instituto de radioproteção e dosimetria – IRD

INTRODUÇÃO

Fontes de nêutrons possuem um variado número de aplicações na área nuclear, dessa forma, é necessário possuir um entendimento completo das diversas características que estas fontes apresentam[1]. Geralmente, os fabricantes constroem as fontes de nêutrons com o material radioativo distribuído e encapsulado em geometrias cilíndricas, que levam a diferenças na espessura do aço e na distribuição do material radioativo[2]. As variações na taxa de emissão de nêutrons em relação ao eixo axial de uma fonte de nêutrons, é denominada anisotropia.

OBJETIVO

Medir e calcular a anisotropia das fontes de nêutrons.

METODOLOGIA

Procedimento de determinação da anisotropia

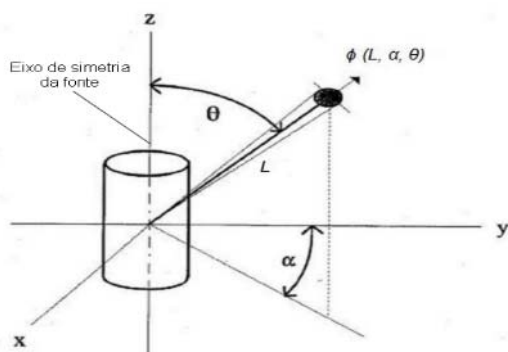


Figura 1. Sistema de coordenadas de uma fonte cilíndrica com emissão anisotrópica.

As fontes de nêutrons possuem encapsulamento reforçado para conter o elemento radioativo com maior longevidade, nem sempre esse encapsulamento é igual em todos os ângulos, gerando assim uma perda na taxa de emissão da fonte em determinados ângulos[2].

$$A(\theta_i) = \frac{2 C(\theta_i)}{\sum_{j=1}^{19} C(\theta_j) [\cos((\theta_{j-1} + \theta_j)/2) - \cos((\theta_j + \theta_{j+1})/2)]}$$

Figura 2. Equação utilizada para determinação do fator de anisotropia de uma fonte de nêutrons.

Sistema mecânico para movimentação de fontes



Figura 3. Sistema mecânico de rotação de fontes.

A fonte foi posicionada no sistema mecânico de rotação, o que permite que possa ser girada a partir do ângulo de 0° até 360° em intervalos de 5°. Nesse trabalho o intervalo ajustado foi de 10° (dois traços). O sistema é controlado eletronicamente através de um notebook, evitando a exposição a fonte toda vez que for trocar o ângulo.

RESULTADO

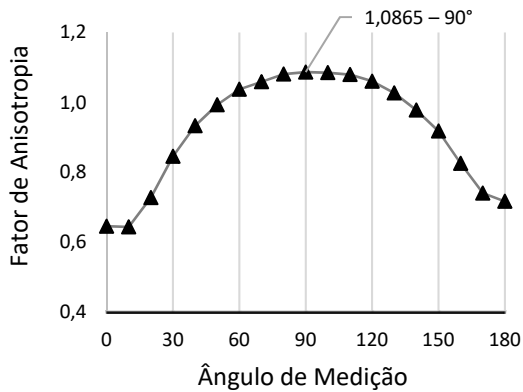


Figura 4. Curva de anisotropia para a fonte de $^{241}\text{AmBe}$.

O fator de anisotropia para a fonte de $^{241}\text{AmBe}$ 592Bq foi de 8,65%, devido a variações na estrutura do material radioativo e maior razão entre a altura e o raio de seu encapsulamento cilíndrico.

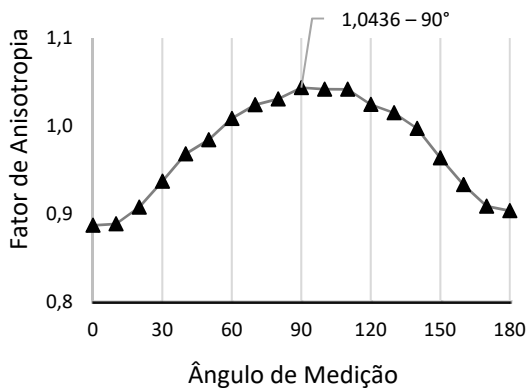


Figura 5. Curva de anisotropia para a fonte de $^{238}\text{PuBe}$.

Na fonte de $^{238}\text{PuBe}$ 1850Bq o fator de anisotropia encontrado foi 4,36%. Apesar de uma maior atividade, seu fator de anisotropia é menor devido à sua razão altura vs. raio ser mais próximo de 1, se comparada à fonte de $^{241}\text{AmBe}$

CONCLUSÕES

Considerando o amplo uso de fontes de nêutrons na área nuclear, este trabalho será usado como um fator de correção para calibração de instrumentos, tornando-os mais confiáveis e com menos incertezas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. (Pereira, 2005), PEREIRA, W. W.; FONSECA, E. S.; LEITE, J. O.; PATRAO, K. C. S. Metrologia de Nêutrons no Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes. Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento, v. 7, p. 113-119, 2005.
- [2]. Kowatari, M., ONUMA, I., TANIMURA, Y., KAWASAKI K., SAEGUSA, J. e YOSHIZAWA, M. Determination of the Anisotropic Emission Factor for Neutrons from $^{241}\text{Am-Be}$ Source. Radioisotopes. Vol. 57. N°9. 559-569(2008).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Aplicação de testes para o controle de qualidade nos sistemas de mamografia digital

Allan Amaral da Hora e Claudio Domingues de Almeida
Instituto de Radioproteção e Dosimetria-IRD

INTRODUÇÃO

O diagnóstico precoce de câncer de mama permite que seja identificadas anomalias no tecido mamário antes do surgimento de sinais e sintomas na paciente. No entanto para garantir o diagnóstico correto é importante a aplicação de protocolos de controle de qualidade.

A implantação de um Programa de Garantia de Qualidade (PGQ) no serviço de mamografia, além de contribuir para a melhoria da qualidade da imagem, auxilia todo o sistema de produção de imagem, desde o atendimento inicial da paciente até a entrega do laudo mamográfico. O controle do desempenho dos equipamentos deve seguir os valores de referência estabelecidos pelo fabricante, protocolos internacionais e nacionais.

OBJETIVO

Aplicar os testes de controle de qualidade (CQ) no sistema de mamografia do IRD e do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF), utilizando protocolos nacionais e internacionais de CQ em mamografia.

Avaliar o desempenho dos sistemas de radiologia digital da DIFME/IRD e do setor de mamografia do HUCFF.

Adaptar os procedimentos de avaliação dos parâmetros físicos dos equipamentos e dispositivos de imagem publicados pela AIEA.

Apresentar o trabalho elaborado no congresso.

METODOLOGIA

A análise da constância do desempenho da impressora laser foi inicializada na impressora AGFA do laboratório de radiologia da DIFME/IRD. A DO dos filmes impressos nos cinco primeiros dias de teste foram anotados e as médias de cada parâmetro de DO foi calculada. As médias dos parâmetros serviram de base para estabelecer os valores mínimos e máximos para cada parâmetro, a partir desses valores foi criado um gráfico para acompanhar a constância da impressora. Os próximos valores foram acrescentados no gráfico. No IRD, o monitor de alta resolução da marca BARCO foi testado mensalmente utilizando o Procedimento Operacional Padrão (POP) desenvolvido para os testes propostos pelo protocolo No. 17 da AIEA.

A avaliação do monitor foi realizada de forma qualitativa (subjetiva) e quantitativa. Os testes realizados para o controle de qualidade do mamógrafo, consistem em após a limpeza do chassi no CR, selecionar o exame a ser realizado e registrar o chassi. No IRD os parâmetros usados para a exposição foram (29kV, Mo/Rh), com o phantom posicionado sobre o bucky do mamógrafo, e é feita a exposição. O valor do mAs obtido para essa técnica é anotado para que possa ser feito um acompanhamento da reprodutibilidade do mAs e conseqüentemente do funcionamento do Controle Automático de Exposição (CAE). Após a digitalização da imagem no CR da AGFA, a avaliação visual das estruturas presentes no phantom, utilizando o software STANDALONE, é realizada. Foram observados na imagem o número de objetos inseridos no phantom e a qualidade geral da imagem.

Esses procedimentos de CQ foram aplicados nos aparelhos do setor de mamografia do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, e foi feito o acompanhamento do funcionamento desses aparelhos.

RESULTADOS

Os parâmetros das densidades Óticas usados para análises da constância da impressora laser foram a DO máxima, diferença de densidade (DD) e densidade de Base+Fog. Nos filmes do IRD, foi observada inconformidade no valor de DO máx. na oitava medida e da décima primeira a décima terceira medida. Os filmes do HUCFF apresentaram alterações a cada nova avaliação, talvez devido à rápida troca da caixa de filmes, mas se mantiveram dentro dos limites estabelecidos. Nos monitores não foi observada nenhuma inconformidade, através da inspeção visual e usando o checklist. Através da técnica utilizada nos mamógrafos dos dois serviços, foi percebido que a quantidade de objetos possíveis de serem visualizadas na imagem do Phantom mama se repetiam a cada teste e que estavam dentro dos valores mínimos de visualização. A reprodutibilidade do CAE ao longo do tempo, em que imagem do phantom mama foi realizada para testar a estabilidade do mamógrafo, demonstrou variação máxima de 8% do valor do mAs no IRD e 5% no HUCFF.

CONCLUSÕES

Os resultados dos testes realizados nos equipamentos da DIFME/IRD apresentaram bom desempenho e foram fundamentais para o aprendizado em controle de qualidade em radiodiagnóstico. Tanto no IRD quanto no HUCFF são necessários garantir o controle de qualidade em todos os aparelhos usados na radiologia computadorizada, mas está sendo imprescindível dar uma maior atenção ao controle de qualidade nos monitores e na limpeza dos chassis.

Deve ser feito uma abordagem quanto ao uso dos monitores pelos radiologista do HUCFF e pela equipe do IRD.

Deve também criar uma rotina com as técnicas quanto a limpeza dos chassis de forma a minimizar o número de artefatos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Quality Assurance Programme for Digital Mammography, IAEA, Human Health Series No. 17, Viena, 2011, International Atomic Energy Agency - Vienna, 2011.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 453, de 01 de junho de 1998.
- CIÊNCIA RADIOLÓGICA para tecnólogos - FÍSICA, BIOLOGIA E PROTEÇÃO 9ª EDIÇÃO Stewart Carlyle Bushong.
- Manual de Controle de Qualidade em monitores digital publicado pelo Instituto Nacional do Câncer - INCA.
- Procedimento Operacional Padrão (POP) - IRD.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq)

Avaliação e atualização do sistema de monitoração radiológica de área instalado no laboratório de indústria do IRD/CNEN

**Amanda Machado Pires de Oliveira Vargas e Francisco Cesar Augusto da Silva
Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD**

INTRODUÇÃO

Um dos laboratórios técnicos do IRD/CNEN é o laboratório de indústria que tem como objetivos a realização de pesquisa em proteção radiológica nas aplicações industriais, a realização de cursos especializados em proteção radiológica para pós-graduação lato sensu e stricto sensu (mestrado e doutorado), com a AIEA e a realização de provas de certificação de Supervisores de Proteção Radiológica da CNEN, entre outras atividades.

Por possuir diversas fontes radioativas que são utilizadas nas aplicações técnicas nucleares na indústria, tais como, a gamagrafia industrial, os medidores nucleares, os para-raios radioativos, dentre outros; o Laboratório de Indústria do IRD/CNEN possui um sistema de monitoração radiológica de área instalado para atender a proteção radiológica. Entretanto, com o aumento do número de fontes em uso, esse sistema deve ser avaliado e atualizado para que possa estar de acordo com os novos preceitos radiológicos.

OBJETIVO

Realizar a avaliação e atualização do sistema de monitoração radiológica de área instalado no Laboratório de Indústria do IRD/CNEN.

METODOLOGIA

A metodologia se dá através do estudo das fontes radioativas inerentes aos equipamentos de gamagrafia industrial, medidores nucleares e para-raios radioativos existentes no Laboratório de Indústria do IRD/CNEN.

As normas CNEN 6.02/2014 -Licenciamento de instalações radiativas e CNEN 6.04/2013 – Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radiografia industrial; servirão como base à revisão e avaliação bibliográfica sobre os sistemas de monitoração radiológica de área instalados no Laboratório de Indústria do IRD/CNEN, juntamente com uma proposta de avaliação.

RESULTADOS

Estudos das normas CNEN 6.02/2014 e CNEN 6.04/2013;

Estudo detalhado sobre instrumentação nuclear;

Revisão bibliográfica sobre sistemas de monitoração radiológica de área;

Avaliação e proposta de atualização do sistema de monitoração radiológica de área instalado no Laboratório de Indústria do IRD/CNEN.

CONCLUSÕES

Através da avaliação do sistema de monitoração radiológica de área instalada no Laboratório de Indústria do IRD/CNEN, foram constatadas algumas falhas no sistema atual e que o mesmo encontra-se obsoleto. As falhas encontradas possuem relação com a calibração do equipamento atual (Area Monitor Model 3090-3 da EDO ASTISAN INC.), que encontra-se com a última calibração feita em agosto de 2008. Uma vez que a norma CNEN NN 6.04/2014, “Art 33: os monitores individuais de leitura direta com alarme sonoro, com opcional de integrador de dose e os medidores de radiação fixos devem ser calibrados a cada dois anos”, bem como o manual do equipamento atual, determina que para melhor funcionamento do equipamento, a calibração deve ser feita semestralmente. Já a obsolescência do equipamento é devido ao fato de obter uma tecnologia antiga, que não facilita a sua utilização.

Com os fatos apresentados a cima, há a grande necessidade de atualização do sistema atual de monitoração radiológica. Contudo, foi realizada uma pesquisa onde foi possível determinar que o melhor equipamento existente atualmente no mercado e que atende as necessidades do laboratório, para que seja feita essa substituição é o RADIATION ALERT DA S.E INTERNATIONAL INC, pois trata-se de um dos monitores de radiação de área mais fáceis de usar e de última geração. Sua interface é de fácil uso através de uma tela de toque inteligente resistente de LED, vem com um detector interno ou externo e um software livre para monitorar todos os resultados em sua rede. Inclui indicadores de aviso selecionáveis pelo usuário para níveis de alarme de radiação, bateria fraca e falha no detector; é possível configurar e-mails e alertas de texto movimento; todas as configurações são armazenadas mesmo quando não há energia e todas as unidades possuem um Certificado de Conformidade NIST.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TAUHATA, L; SALATI, Ivan P. A. DI PRINZIO, Renato, DI PRINZIO, Antonieta R. Radioproteção e Dosimetria Fundamentos, IRD/CNEN, Rio de Janeiro, 10ª Revisão – 2014.
2. CNEN. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, CNEN-NN-3.01, Rio de Janeiro, Brasil, 2014.
3. CNEN. Licenciamento de instalações radiativas, Resolução CNEN 166/14, CNEN 6.02/2014.
4. CNEN. Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radiografia industrial, Resolução CNEN145/13, CNEN NN 6.04/2013.
5. DA SILVA, F.C.A. Uma Metodologia de Análise de Acidentes e Incidentes radiológicos de gamagrafia industrial, Tese Mestrado, IME, 1990.
6. LIMA, Camila Moreira Araujo de. Análise de Acidentes e Incidentes em Radiografia Industrial, Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Rio de Janeiro, 2011.
7. SOUZA, Erica Fernanda de. Avaliação Radiológica de Irradiadores de Gamagrafia Industrial, Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Rio de Janeiro, 2012.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa de Bolsas de Iniciação Científica
PIBIC/PROBIC

Caracterização de espectros neutrônicos com fontes de $^{238}\text{PuBe}$, $^{241}\text{AmBe}$ e ^{252}Cf moderados em água

Angela Souza Gonçalves e Walsan Wagner Pereira
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

A caracterização de campos de nêutrons continua sendo uma necessidade em diversas aplicações para instalações nucleares [1]. Em instalações de tratamento com íon terapia ou em instalações petrolíferas é necessário determinar a taxa de dose de nêutrons associada a esses mesmos campos, o mais precisamente possível [2].

Uma das técnicas mais precisas e confiáveis para medição da taxa de fluência de nêutrons para diferentes energias é o Espectrômetro de Multiesferas de Bonner (EMB) [2]. O EMB possui um grande número de benefícios como uma ampla caracterização de energia, resposta isotrópica e simplicidade. A técnica consiste em utilizar um detector de nêutrons térmico (LiI) inserido no centro de diversas esferas de polietileno com diâmetros distintos. O espectro de nêutrons gerado é oriundo da deconvolução das contagens obtidas pelas esferas, normalizadas para um valor de referência com sua matriz resposta [3].

OBJETIVO

Realizar o levantamento do espectro neutrônico para as principais fontes do Laboratório de Metrologia de Nêutrons, buscando tornar as medidas o mais próximo possível da realidade dos trabalhadores ocupacionalmente expostos.

METODOLOGIA

A técnica utilizada experimentalmente consiste em operar um detector de nêutrons (LiI) inserido no centro de esferas de polietileno com diâmetros de: 5,08 cm (2"), 7,62 cm (3"),

12,70 cm (5"), 20,32 cm (8"), 25,40 cm (10") e 30,48 cm (12") a 100 cm de distância da fonte.

Foram realizadas 7 medições para cada fonte utilizada nesse estudo, sendo 1 medida sem esfera e 6 delas com esferas de Bonner. Em seguida, as fontes de $^{238}\text{PuBe}$, $^{241}\text{AmBe}$ e ^{252}Cf foram inseridas separadamente nas esferas de 32 cm e 40 cm de diâmetro comportando em seus interiores água destilada. Buscando assim tornar as medidas o mais próximo possível da realidade dos trabalhadores envolvidos com fontes de nêutrons.

O espectro de nêutrons gerado é posteriormente deconvolvido utilizando o método de redes neurais para a aquisição de demais valores como fluência, equivalente de dose, energia média, entre outros. O programa trabalha com 84 bins de energia que são distribuídos entre $1,0 \times 10^{-9}$ até $2,0 \times 10^{+1}$ MeV. Após o processo de deconvolução são gerados valores de energia diretamente relacionados à fonte em estudo, para cada um dos 84 bins [4].

RESULTADOS

Diante dos resultados, é possível observar a redução em determinadas grandezas como energia média e taxa de fluência, ao comparar os valores obtidos pelo levantamento do espectro das fontes livres no ar e das fontes moderadas em água.

TABELA 1. Valores Obtidos Por Meio Do Desdobramento Do Espectro.

	Energia Média E (MeV)	Taxa de Fluência $\phi'(d)$ (n.cm ⁻² .s ⁻¹)	Taxa Eq. de Dose Ambiente H*(10) (μSv.h ⁻¹)	Taxa Eq. de Dose Individual H' _p (10,0) (μSv.h ⁻¹)
²³⁸ PuBe	3,76 ± 0,19	6,20E+02 ± 3,1E+01	9,21E+02 ± 4,6E+01	9,67E+02 ± 4,8E+01
²⁴¹ AmBe	4,23 ± 0,21	2,92E+02 ± 1,5E+01	4,24E+02 ± 2,1E+01	4,47E+02 ± 2,2E+01
²⁵² Cf	2,06 ± 0,10	2,71E+02 ± 1,4E+01	3,80E+02 ± 1,9E+01	3,94E+02 ± 2,0E+01
PuBe+H ₂ O	2,69 ± 0,13	1,68E+02 ± 8,4E+00	1,82E+02 ± 9,1E+00	1,90E+02 ± 9,5E+00
AmBe+H ₂ O	2,71 ± 0,14	7,95E+01 ± 4,0E+00	8,62E+01 ± 4,3E+00	9,01E+01 ± 4,5E+00
Cf+H ₂ O	1,42 ± 0,07	3,44E+01 ± 1,7E+00	2,18E+01 ± 1,1E+00	2,28E+01 ± 1,1E+00

Pode-se observar também uma redistribuição de nêutrons no espectro, desde a faixa epitérmica até a térmica, demonstrando o processo de moderação no espectro que ocorre devido à interação entre os nêutrons emitidos pela fonte e os átomos de hidrogênio presentes na água,

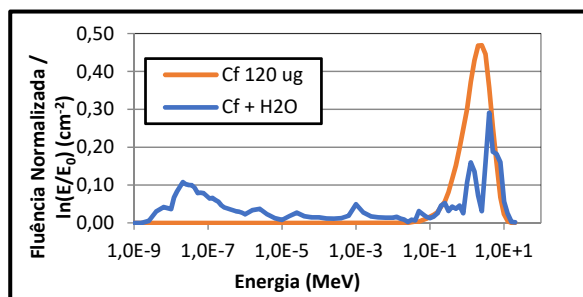


Figura1: Comparação moderado vs livre no ar.

CONCLUSÕES

Conforme os resultados apresentados, é possível observar a importância do estudo de espectros para fontes de nêutrons moderadas em água devido ao aumento da incidência de nêutrons com baixa energia, podendo ocasionar uma sub ou superestimação no uso de instrumentos calibrados em ambientes nucleares que envolvam o uso de fontes de nêutrons.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[128]PERKS, C. A., 1993, The Karlsruhe TLD Service for Albedo Neutron Dosimetry. In: Oberhofer, M., Scharmann, A. (eds), Techniques and Management of Personal Thermoluminescence Dosimetry Services, Brussels and Luxembourg, Kluwer academic Publishers.

[129]FREITAS, B. M. Estudo da contribuição de espalhamento na determinação do valor do equivalente de dose individual para irradiações de monitores individuais de nêutrons em fontes de ²⁴¹AmBe no salão de baixo espalhamento do laboratório de nêutrons do laboratório nacional de metrologia das radiações ionizantes. Monografia, UFRJ/COPPE, Brasil, 2012.

[130]EXLINE, P. R. Characterization of Modified Neutron Fields with Americium-Beryllium and Californium-252 Sources. M. Sc. Thesis. Georgia Institute of Technology. EUA, 2011.

[131]LEMONS JUNIOR, R. M. Desdobramento de Espectros de Nêutrons Utilizando o Método de Monte Carlo e Redes Neurais. Tese, UFRJ/COPPE, Brasil, 2009.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Desenvolvimento de um projeto civil de sala multiuso para utilização de sistemas de radiação ionizante: Medicina Nuclear

Beatriz Gonçalves Curado e José Guilherme Pereira Peixoto
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

A medicina nuclear é uma especialidade médica que utiliza elementos radioativos ligados a um fármaco, administrados in vivo, por via venosa, oral, inalatória ou subcutânea. A junção do elemento radioativo e do fármaco é denominada radiofármaco [1].

A radioatividade é um fenômeno pelo qual os núcleos atômicos sofrem transformações e emitem radiações, podendo, nesse processo, formar novos elementos químicos[2].

Os elementos radioativos são também denominados radionuclídeos, sendo elementos emissores de radiações ionizantes. As radiações ionizantes são ondas eletromagnéticas ou partículas de elevada energia, sendo suficiente para modificar a estrutura de átomos e/ou moléculas. Essas modificações podem gerar diversos efeitos ao sistema biológico[3].

Desde a descoberta das radiações, as mesmas vem sendo utilizadas em aplicações médicas, pois apesar dos riscos envolvidos, essas aplicações são métodos não invasivos de diagnóstico médico. Em função das características de cada modalidade, torna-se imprescindível uma série de protocolos e normas, baseados em recomendações e/ou estudos científicos para a utilização correta das radiações ionizantes na área médica[4, 5].

OBJETIVO

Estudar as normas e recomendações existentes para a construção de ambientes radiológicos relacionados à medicina nuclear e desenvolver métodos capazes de suprir essa

demanda direcionada para engenheiros civis, arquitetos, entre outros profissionais envolvidos na construção.

METODOLOGIA

Pesquisa bibliográfica sobre como acontecem as emissões de nucleares e produção de raios-x. Estudo das normas CNEN NN 3.01 [6] que reúne as diretrizes básicas de radioproteção e CNEN NN 3.05 [7] relacionadas à proteção radiológica em serviços de medicina nuclear in vivo; estudo das normas da ANVISA, relacionadas ao serviço de medicina nuclear e à radioproteção; Pesquisas às normas ABNT relacionadas à construção civil. Estudo no laboratório de calibração observando a dinâmica na utilização de detectores de radiações e sua calibração [7-9].

Pesquisar técnicas para cálculos de blindagens de ambientes radiológicos, assim como estudar o comportamento de diversos materiais no que tange a atenuação da radiação ionizante, em função das energias dos feixes e densidades desses materiais. Será realizado estudo da interação dos fótons com a matéria, assim como a correlação entre faixas espectrais de emissões de radionuclídeos e faixas espectrais de raios X [10].

Embasamento teórico acerca das normas e diretrizes de radioproteção, associadas às fontes radioativas e instalações. Para o desenvolvimento, foram realizados aproveitamentos através do aprendizado sobre física das radiações, estudos e pesquisas de normas relacionadas a radioproteção e infraestrutura.

RESULTADOS

Todas as normas e recomendações não apresentam de maneira definitiva um protocolo para a construção de salas e/ou clínicas de medicina nuclear.

A medicina nuclear apresenta 3 sub modalidades: Tomografia por emissão de fóton único (SPECT), tomografia por emissão de pósitron (PET) e a terapia, através da iodo-terapia.

Cada uma dessas modalidades requer instalações e métodos apropriados, desde ações relacionadas à abordagem dos pacientes e colaboradores aos materiais e disposição dos espaços no serviço [11].

A visita técnica à UERJ, não pode ser realizada pela paralização do setor.

CONCLUSÕES

Faz-se necessária a pesquisa, desenvolvimento e aprimoramento de técnicas relacionadas à construção de clínicas de medicina nuclear por profissionais especializados na área de construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[132]PEIXOTO, J.G.P, Ionizing Radiation metrology, Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD, 2016.

[133]Bushong, S. C., 2012, Ciência Radiológica para tecnólogos, 9ª edição, Rio de Janeiro, Ed. Elsevier Editora Ltda.

[134]ATTX, F. H., 1986, Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, New York, Ed. John Wiley&Sons Inc.

[135]PEIXOTO J. G., 1991, Implantação de um Padrão Primário da Grandeza Exposição para Feixes de Raios X, dissertação de mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

[136]TEIXEIRA G. J., 2013, Coeficientes de Transferência de Energia em Massa para

Raios X Diagnóstico: Determinação e Análise, dissertação de mestrado, IRD/CNEN, Rio de Janeiro.

[137]CNEN. NN 3.01, 2014. Brasil

[138]CNEN. NN 3.05, 2013. Brasil

[139]. ISO GUM, 2003, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 3ª edição

[140]VIM 2007, Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia, Portaria, INMETRO 029/1995, 5ª edição, Rio de Janeiro

[141]SIMPKIN D. J. Evaluation of NCRP Report No. 49 assumptions on workload and use factors in diagnostic radiology facilities”, Medical Physics, v. 23(4), p. 577-584, 1996.

[142]ALEJANDRO H. L. Gonzales e Paulo R. Costa. Estudo da influência do espectro de cargas de trabalho no cálculo de blindagem em salas de radiologia convencional. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. CTG. Energia Nuclear, 2005

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Bolsa de Iniciação Científica CNPq/CNEN

Análise de Desempenho de Sistemas Dosimétricos de Extremidade Tipo Anel

Bruna Lamis Alvarenga e Marcus Alexandre Vallim de Alencar
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

Com a exposição ocupacional à radiação ionizante, é necessário avaliar a magnitude das doses envolvidas. Este controle é feito pelos programas de monitoração. Quando o trabalhador em sua atividade necessita manipular fontes de radiação, é necessário determinar a dose em suas mãos. Para isso é utilizado o equivalente de dose pessoal na profundidade de 0,07 mm, ou seja, deve-se determinar o $H_p(0,07)$, e dosímetros de extremidades nas mãos ou nos pulsos, em forma de anéis ou pulseiras, sendo a técnica de dosimetria termoluminescente a mais utilizada.

Apesar da importância da monitoração de extremidade, não existe no Brasil uma legislação que regule o funcionamento dos Serviços de Monitoração de Extremidades. Sendo assim, não existe um controle da qualidade destes serviços e nem confiabilidade nos valores de dose avaliados.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho é desenvolver uma metodologia para análise do desempenho de sistemas dosimétricos de extremidade a partir de testes feitos baseados pela norma internacional IEC 62387:2012 [1] e pelo documento de regulamento técnico do CA-SEC/IRD IRD RT 002.01/95 [2]. Com isso, espera-se elaborar um esboço de requisitos técnicos para a autorização de serviços de monitoração de extremidade no Brasil.

METODOLOGIA

Os testes estão sendo feitos com o anel desenvolvido pelo Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD e com o anel Saturn da Landauer, e consistem em:

- 1) Homogeneidade do lote: Indica a variação das leituras dos detectores ao serem expostos ao mesmo valor de dose.
- 2) Linearidade: Indica a proporcionalidade entre as contagens de sinais TL e a dose absorvida pelo detector.
- 3) Reprodutibilidade: Representa o grau de concordância entre os resultados das medições, refletindo a capacidade do sistema dosimétrico em reproduzir resultados.
- 4) Dependência Angular e Energética: Verificar a influência da variação em energia e ângulo de incidência do campo de irradiação na resposta do dosímetro.

RESULTADOS

1) Teste da Homogeneidade do lote: Segundo o documento IRD RT 002.01/95, 120 anéis foram irradiados na dose 2 mSv em $H_p(0,07)$. As irradiações foram feitas em 10 grupos com 12 anéis. Após a obtenção dos valores das doses avaliadas por cada monitor $i (A_i)$, foi verificado o desempenho do sistema, encontrando o maior e o menor valor obtidos para as doses avaliadas de maneira a verificar o atendimento do requisito dado pela equação 1, conforme pode ser visto na Tabela 1.

$$\frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\min}} < 0,3 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Amax é o maior valor da dose avaliada

Amin é o menor valor da dose avaliada

TABELA 1 -- Resultado do teste de Homogeneidade¶

¶	<u>Anel do IRD</u> ¶	<u>Anel da Landauer</u> ¶
Amax¶	2,318 mSv¶	2,355 mSv¶
Amin¶	1,680 mSv¶	1,737 mSv¶
$\frac{Amax - Amin}{Amin}$ ¶	0,379¶	0,356¶
Condição¶	Reprovado¶	Reprovado¶

2) Teste de Linearidade: Segundo a norma IEC 62387, foram divididos 12 grupos, contendo 8 anéis. O requisito para este teste é dado pelo coeficiente de variância e é atendido segundo a seguinte regra:

- $H < 1 \text{ mSv} \rightarrow 15\%$
- $1 \text{ mSv} \leq H < 11 \text{ mSv} \rightarrow (16 - H/1 \text{ mSv})\%$
- $H \geq 11 \text{ mSv} \rightarrow 5\%$

Onde H é o valor da dose em Hp(0,07) .

Na Tabela 2 é possível ver o resultado deste teste.

TABELA 2 -- Resultado do teste de Linearidade¶

Dose (mSv)¶	CVE ^{1¶} (Anel do IRD)¶	CVE ^{1¶} (Anel Saturn)¶	CVR ^{2¶}
1¶	7,2%¶	5,9%¶	15%¶
5¶	5,7%¶	7,6%¶	11%¶
7¶	6%¶	5%¶	9%¶
10¶	5,3%¶	6,8%¶	6%¶
50¶	4%¶	5,2%¶	5%¶
70¶	4,6%¶	6,4%¶	5%¶
100¶	5,8%¶	5,5%¶	5%¶
250¶	4,6%¶	3%¶	5%¶
500¶	4,4%¶	8,1%¶	5%¶
1000¶	Repetir¶	2,7%¶	5%¶
1500¶	4,9%¶	9,1%¶	5%¶
2000¶	4,7%¶	5,3%¶	5%¶

¹ CVE: Coeficiente de Variação Experimental

² CVR: Coeficiente de Variação de Referência.

3) Teste de Reprodutibilidade: Em andamento.

4) Teste de Dependência Angular e Energética: Em andamento.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos parcialmente, obtidos para os testes de desempenho já realizados, permitem uma verificação prévia de que o sistema dosimétrico de extremidade utilizando o anel do IRD atende melhor aos requisitos da norma IEC 62387 e regulamento técnico do CASEC (IRD RT 002.01/95) que o sistema dosimétrico utilizando o anel Saturn da Landauer. Contudo, só a finalização de todos os testes de desempenho permitirá uma avaliação completa dos dois sistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] International Electrotechnical Commission, 2012, *Radiation protection instrumentation – Passive integrating dosimetry systems for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation*, Standard IEC 62387, Geneva, IEC.

[2] IRD RT N° 002.01/95. Desempenho de Sistemas de Monitoração Individual - Critérios e Condições. Instituto de Radioproteção e Dosimetria - Comissão Nacional de Energia Nuclear. Comitê de Avaliação de Serviços de Monitoração Individual Externa - CASMIE/IRD. Outubro 1995.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq – Programa PIBIC

Elaboração de práticas de controle de qualidade em radiologia médica e odontológica.

Bruno Fabricio de Oliveira Lisboa e Claudio Domingues de Almeida
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

No Brasil, foi publicada em 1998 a portaria 458 SVS-MS [1] que regula o uso da radiação para o diagnóstico. Exames de radiologia odontológica são os tipos de radiografias mais realizadas no mundo.

A ANVISA publicou em 2005 o Guia “Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de Equipamentos e Segurança” [2]. Este documento tem todos os procedimentos para realizar os testes de CQ nos sistemas de radiologia convencional. Os documentos da AAPM “Teste de aceitação e Controle de Qualidade em sistemas de radiografia computadorizada (CR)” [3], “Um Indicador de exposição para radiologia digital” [4] e um relatório sobre controle de qualidade em radiologia digital [5], publicados respectivamente em 2006, 2009 e 2015, apresentam alguns protocolos a serem aplicados em um teste de controle de qualidade (CQ) em radiologia digital e destacam a importância dos testes de CQ.

Tendo como base a portaria 453/98-MS, o Guia Desempenho de Equipamentos e Segurança da ANVISA, os documentos da AAPM e da Comissão Europeia este plano de trabalho visa estabelecer práticas que podem tornar-se importantes para contribuir com a implantação de programa de controle de qualidade em serviços de radiologia médica e odontológica.

OBJETIVO

Ganhar conhecimento em proteção radiológica e controle de qualidade em radiodiagnóstico médico e odontológico.

Elaborar uma metodologia para determinar a dose em órgãos críticos expostos aos raios X em exames de radiologia panorâmica odontológica posicionando o dosímetro

Termoluminescente (TLD) na região anatômica correspondente, no phantom Alderson Rando, aos órgãos irradiados.

METODOLOGIA

Na mamografia, foi realizado teste semanal para avaliar a constância do mamógrafo e do sistema CR através da análise da qualidade das imagens de um simulador mamográfico (*Phantom Mama*). Na exposição do *Phantom*, foram anotados os valores de mAs obtidos utilizando o Controle Automático de Exposição (CAE), com 29 kV e combinação Alvo/Filtro de Mo/Rh.

No estudo das doses em órgãos críticos avaliadas no equipamento de radiologia odontológica extraoral, foram utilizados dosímetro termoluminescentes (TLD) LIF100H. Antes de realizar as medições, os TLDs devem ser tratados termicamente 24 horas antes da irradiação para serem “zerados” e a leitura deve ser realizada 24 horas após a irradiação na leitora Harshaw 5500, não havendo necessidade de tratamento antes da leitura. O software WinRem é utilizado e cada TLD é lido individualmente e o resultado é dado em unidade de carga elétrica (nC).

Para a calibração dos TLDs é utilizada uma câmara de ionização tipo lápis e o eletrômetro radcal 9015 encaixado em um simulador (de cabeça) cilíndrico de acrílico. A dose medida é anotada e em seguida é realizada outra exposição, colocando os TLDs na posição da câmara de ionização. Para isso, um suporte cilíndrico com as mesmas dimensões da câmara e com trinta TLDs distribuídos dentro dele é exposto. A partir dos resultados, é calculado o fator de calibração dos TLDs. Por fim, os TLDs são posicionados

nas regiões anatômicas correspondentes aos órgãos críticos no phantom antropomórfico de cabeça. Como a dose é muito baixa, na ordem de microGy, é recomendado realizar 5 exposições e o valor da leitura dos TLDs deve ser dividido por 5.

RESULTADOS

Os resultados obtidos durante os testes de proteção radiológica e controle de qualidade em radiologia estão arquivados na DIFME sob a forma de relatórios.

Os resultados do teste no mamógrafo mostraram que o controle automático de exposição manteve dentro dos valores aceitáveis a variação do mAs. Além disso, foi observado que a imagem do phantom apresentou valores mínimos de visualização das estruturas: 5 massas, 4 grupos de microcalcificações, 7 objetos de baixo contraste, 5 fibras e 8 pares de linha por milímetro.

No momento, os resultados do trabalho de medida de dose em órgãos críticos expostos aos raios X em exames de radiologia panorâmica estão em processo de análise e será necessário realizar novas medidas para garantir resultados confiáveis sobre as doses nos órgãos em estudo.

CONCLUSÕES

Todo o processo de aprendizagem em Controle de Qualidade e Proteção Radiológica foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa atual em dosimetria.

Trabalhar com TLDs LIF100H e realizar pesquisa na área de radiologia odontológica extraoral é um grande desafio devido a poucas referências bibliográficas encontradas. Entretanto, a infraestrutura dos laboratórios do IRD permitirá condições favoráveis para o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 453, de 01 de junho de 1998, Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico. Diário oficial [da Republica Federativa do Brasil]. Brasília, 1998

[2] Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de equipamentos e segurança, Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 104 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

[3] American Association of Physicists in Medicine, An Exposure Indicator for Digital Radiography, AAPM Report No. 116, July 2009.

[4] American Association of Physicists in Medicine, Acceptance Testing and Quality Control of Photostimulable Storage Phosphor Imaging Systems, AAPM Report No. 93, October 2006.

[5] American Association of Physicists in Medicine, Ongoing Quality Control in Digital Radiography, AAPM Report No. 151, February 2015.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq).

Desenvolvimento do estudo de radioproteção para equipamentos Body Scanner instalados em locais públicos

Caroline de Oliveira Bastos e José Guilherme Pereira Peixoto
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

Raios x é a denominação dada à radiação eletromagnética de alta energia que tem origem na eletrosfera ou no freamento de partículas carregadas no campo eletromagnético do núcleo atômico ou dos elétrons[1,2]. Sua produção dá-se pelo processo de “Bremsstrahlung”, no qual os elétrons são subitamente desacelerados devido ao impacto da colisão com o alvo, gerando assim o raio X[3]

Radiação ionizante é aquela capaz de arrancar um elétron de átomo. Nesse processo chamado ionização forma-se o par íon negativo e íon positivo. O primeiro é o elétron ejetado e o íon positivo é o átomo que perdeu um elétron. Os elétrons estão ligados a átomos por forças elétricas de diferentes valores, dependendo da sua localização. Quanto mais próximo do núcleo, maior é a força de atração entre o elétron e o núcleo, positivamente carregado. As energias de ligação de um elétron da camada K (mais interna) e de um elétron da última camada de um átomo de tungstênio são 69.500 eV e 7,9 eV, respectivamente. A radiação ionizante pode arrancar qualquer elétron de um átomo se tiver energia maior que o de ligação dele ao átomo [4,5].

O Body Scanner é um equipamento que utiliza uma fonte de raio x, sendo de extrema importância a radioproteção de quem o manuseia e de quem é submetido a tal processo, de forma a minimizar efeitos negativos da radiação ionizante e assim trabalhar com segurança[6-8].

Desse modo, essas práticas devem ser realizadas seguindo rigorosas normas de

radioproteção nacionais e internacionais, a fim de reduzir os riscos provenientes da radiação ionizante. Entre elas estão, além da NN 3.01, as ICRPs 60 e 103, o manual de segurança e desempenho de equipamentos de radiodiagnóstico médico da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), entre outras já pré-estabelecidas[9,10].

Deve-se analisar do ponto de vista da radioproteção todos os parâmetros possíveis para a aplicação dessa ferramenta, de modo que as exposições do operador e do indivíduo sejam reduzidas.

OBJETIVO

Desenvolver um plano de trabalho para radioproteção envolvendo o “Body Scanner”, de modo que atenda as normas e recomendações da radioproteção para a instalação e utilização de seus sistemas em locais públicos de forma a minimizar a exposição à radiação dos indivíduos.

METODOLOGIA

A utilização dos Equipamentos de raios X de baixa energia, Câmaras de ionização, Filtros atenuadores, Arranjo experimental mecânico, Espectrômetro, Computadores e Software propiciará a análise feita em função dos resultados, comparando-os às referências pré-existentes e normas já estabelecidas.

RESULTADOS

Tendo como estrutura básica o conhecimento dos requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação a radiação ionizante, padronizando as fontes existentes

até o atual momento para maior segurança dos indivíduos [7].

Como os sistemas *Body Scanners* utilizam como produção de radiação ionizante um tubo de raios X, FIGURA 1, houve a necessidade de verificar os requisitos mínimos e a estrutura de irradiação.



Figura 1: Imagem de um sistema *Body Scanner*.

CONCLUSÕES

A radioproteção é um ponto primordial para qualquer equipamento que emita radiação, por isso todas as práticas do operador do “Body Scanner” devem seguir todas as diretrizes de proteção radiológica para o indivíduo público que irá passar pelo equipamento receba a menor dose possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Peixoto, J.G.P, Ionizing Radiation metrology, Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD, 2016.
- [2] TAUHATA, L., P.A. SALATI, I., DI PRINZIO, R., & DI PRINZIO, A. (2011). Radioproteção e Dosimetria - Fundamentos.
- [3] SCAFF, L. A. Bases físicas da radiologia. São Paulo: Projeto Saber, 1979.
- [4] IAEA/TRS 457, 2007, Dosimetry in diagnostic radiology: An international code of practice, Vienna.

[5] IEC 61267, 2005, International Electrotechnical Commission: Medical Diagnostic X-Ray Equipment – Radiation Conditions for Use in the Determination of Characteristics, 2 edition, Geneva.

[6] PEDROSA de, A. A. (10 de 06 de 2012). Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Acesso em 13 abr. 2018. Disponível em <<http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf>>

[7] LIMA, A. R de; GOMES, A. S. Tecnologia de scanner corporal por raios-X. publicado: nov.2013. Disponível em <<http://aprotjerj.com.br/noticias/214-tecnologiade-esca-ner-corporal-por-raios-x>>

[8] PICO, P. (10 de 11 de 2010). Radiation Effects From Body Scan Minimal. Acesso em 13 de 02 de 2018, disponível em KPBS <<http://www.kpbs.org/news/2010/nov/25/body-scan-radiation-less-chest-x-ray/>>

[9] CNEN. (03 de 2014). DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA. Fonte: Cnen.gov.br: <http://apasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>

[10] IEC. (2010). Patente Nº 62463.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Bolsa de Iniciação Científica CNPq/CNEN

Controle de Qualidade em CZT

Debora da Cunha Pereira Sampaio e Lidia Vasconcellos de Sá
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

Doenças cardiovasculares são a principal causa de morte no mundo. Dentre estas, a Doença Arterial Coronariana (DAC) é a forma de maior mortalidade nos países desenvolvidos. Dentre as práticas disponíveis de diagnóstico, tem-se na Medicina Nuclear uma grande aliada na avaliação das doenças coronarianas. Nos últimos 30 anos, a Medicina Nuclear na área cardiológica evoluiu muito, com particular destaque para a cintilografia de perfusão miocárdica (CPM), por ser uma técnica que permitiu avaliar a perfusão miocárdica de acordo com o território de irrigação coronariana. Dentre as novas tecnologias trazidas na Medicina Nuclear, as gama câmaras dedicadas aos exames cardiológicos merece destaque, já que cerca de 60% dos exames de Medicina Nuclear hoje no país serem realizados para o estudo do coração. As câmaras DSPECT, desenvolvidas na presente década e já em uso no Brasil, são baseadas em um sistema de detecção com geometria específica para o coração (em forma de "D") introduzindo também no sistema de detecção um novo cristal, além de novo circuito de formação de imagem. Porém, as normas e regulamentos nacionais e internacionais não abordam ainda os controles de qualidade específicos para avaliação do desempenho mínimo desses equipamentos e da qualidade de imagem gerada. Desde que a avaliação desse novo equipamento de forma a garantir sua eficácia em exames cardiológicos se faz necessária, a construção de um simulador específico para controle de qualidade dos parâmetros de imagem e, ainda, para a otimização de protocolos cardiológicos é prioritário.

OBJETIVO

O objetivo deste projeto foi desenvolver um simulador de qualidade de imagem a ser utilizado um protocolo de Controle de Qualidade (CQ) para câmara CzT DSPECT, tendo como referência simuladores utilizados em controles de outros equipamentos consagrados em Medicina Nuclear.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada durante o projeto foi a seguinte:

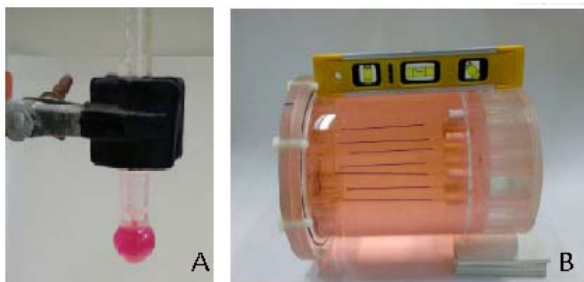
Foi desenvolvido um simulador de acrílico de dimensões adequadas ao campo de visão teórico do equipamento, constituído de um cilindro de diâmetro 15,3 cm e altura 23,0 cm, conforme Figura 1. Foram inseridas lesão "quente", captante com radiofármaco, de forma a verificar a resolução do equipamento na detecção da perfusão do miocárdio.



Figura 1: Simulador de acrílico contendo lesão captante (esfera vermelha);

Os testes de controle de qualidade de interesse na avaliação da qualidade da imagem em uma câmara gama DSPECT são:

Uniformidade de campo, resolução espacial, resolução energética, quantificação no mapa polar, efeito do volume parcial e posicionamento do paciente. Estes testes foram realizados através de fontes pontuais ou fontes inseridas no corpo do simulador e em suas “lesões” captantes, como pode ser visualizado na Figura 2 constituídas de Tecnécio-99metaestável (99mTc), radionuclídeo utilizado em exames cardíacos no país.



(A) Fonte esférica de 1 mL preenchida com 99mTc medida no ar para localização do ponto de referência (B) Fontes lineares preenchidas com 99mTc posicionadas dentro do simulador com água radioativa para realização de teste de Resolução Espacial.

Após a determinação dos parâmetros de controle de qualidade descritos acima, foram realizadas medidas de qualidade de imagem com o simulador antropomórfico de torso, conforme Figura 3, visando a otimização dos protocolos hoje em uso.

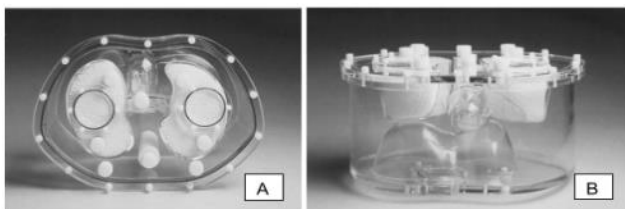


Figura 3: (A) Vista superior e (B) Vista frontal do simulador Anthropomorphic Torso Phantom™ - Data Spectrum ©

RESULTADOS

Especificamente, foi desenvolvido e construído um simulador de dimensões adequadas para a execução de testes de controle de qualidade neste tipo de equipamento. Foi avaliado o desempenho do simulador em protocolos clínicos. E atualmente está sendo elaborado um protocolo de referência para o Controle de Qualidade que será testado com um novo protocolo para modelos existentes no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMERICAN HEART ASSOCIATION. Heart Disease and Stroke Statistics – 2006 Update. Dallas: American Heart Association, 2006.
- [2] BUDOFF, M.J., ACHENBACH, S., BLUMENTHAL, R.S. et al. Assessment of coronary artery disease by cardiac computed tomography. A scientific statement from the American Heart Association Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention, Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, and Committee on Cardiac Imaging. *Circulation* ; 114:1761. 2006.
- [3] SANDLER, M.P., COLEMAN, R.E., PATTON, J.A., WACKERS, F.J.T., GOTTSCHALK, A. Diagnostic Nuclear Medicine. 4ª ed. Lippincott: Williams & Wilkins. P.31-59. 2003.
- [4] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION – ICRP, Annals of ICRP –Publication 105, “Radilological Protection in Medicine”, 2007.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ

Medidas *in vivo* em radioterapia utilizando matrizes de dosímetros TL

Elisa Cristine da Conceição Osório e Luiz Antonio Ribeiro da Rosa
Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD

INTRODUÇÃO

Existe uma falta de controle da qualidade relacionado aos sistemas de planejamento do tratamento, ao posicionamento do paciente e à entrega do número correto de unidades monitoras. Além disso, a sistematização do controle da qualidade para estas áreas, e para outras de igual importância na cadeia de tratamento, requer radioterapeutas, físicos médicos e técnicos adicionais. Outra abordagem está em julgar se o tratamento entregue ao paciente está correto em relação ao seu planejamento e, se este não for o caso, tentar "rastrear" os desvios existentes [1,2].

Um modo de proceder nesse sentido é a quantificar as doses entregues a esses pacientes. Esta quantificação de dose absorvida durante a terapia é muito importante, visto que é mandatório irradiar o volume alvo com a dose prescrita pelo médico e poupar, ao máximo, os órgãos sadios adjacentes ao tumor. Isto pode ser feito colocando os dosímetros na pele do paciente ou em cavidades naturais do mesmo. Este método é chamado de dosimetria *in vivo*. Ela é, geralmente, realizada para detectar erros de entrega de dose a pacientes individuais [3], para avaliar a qualidade de tratamentos e técnicas específicos [4,5] ou para avaliar a dose em situações em que o seu cálculo é impreciso ou impossível [6]. Uma técnica dosimétrica possível de ser utilizada na dosimetria *in vivo* é a dosimetria termoluminescente (TL).

A radioterapia de intensidade modulada (IMRT) é uma técnica de tratamento complexa atualmente muito utilizada. Entretanto, o planejamento da entrega da dose ao paciente nesses casos pode ser

difícil, e medidas *in vivo* podem ser interessantes para a avaliação da qualidade da terapia entregue ao paciente. Uma das características da IMRT é a possibilidade de existência de elevados gradientes de dose na região de tratamento. O uso de dosímetros de área diminuta, como os dosímetros TL, pode muitas vezes dificultar a identificação desses gradientes.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é verificar a possibilidade da utilização de matrizes de dosímetros TL na dosimetria *in vivo* em tratamentos radioterapêuticos empregando a técnica de IMRT. Desse modo, espera-se que seja possível a identificação de gradientes de dose comuns à técnica em questão, o que contribuiria para uma maior qualidade do tratamento.

METODOLOGIA

Foram utilizados 212 dosímetros termoluminescentes de LiF:Mg,Ti (TLD-100) e estudada a reprodutibilidade individual de resposta destes para um feixe de teleterapia de 6,0 MV. Os fatores de calibração individuais para estes dosímetros também foram determinados.

O irradiador utilizado foi o acelerador linear da Varian Medical Systems, modelo CLINAC iX, do Hospital Quinta D'Or, localizado em São Cristóvão.

Durante as irradiações, os dosímetros TL foram posicionados em uma placa de acrílico com 0,5 cm de espessura e esta placa foi colocada entre duas placas de água sólida com espessura de 5,0 cm.

Foi utilizada uma distância fonte superfície (SSD) de 100,0 cm, o campo de irradiação foi de 20,0 x 20,0 cm², na superfície da placa de água sólida superior. Nas irradiações foram utilizadas 10 UM, sendo a taxa de irradiação de 400 UM/min. Os dosímetros foram expostos a uma dose de 8,3 cGy na posição de calibração.

Os tratamentos térmicos foram realizados no forno PTWTLDO da divisão de Física Médica do IRD e os dosímetros TL foram avaliados no leitor TL Harshaw 5500 da mesma divisão.

Foram desenvolvidas placas em silicone acético, maleáveis e tecido equivalentes, para acomodar matrizes de 25 dosímetros TL. As matrizes foram testadas para algumas distribuições de dose simples.

RESULTADOS

O pré-tratamento térmico aplicado aos dosímetros TL foi de 400°C/1h + 100°C/2h. O tratamento térmico pré-avaliação foi de 100°C/15 min. A reprodutibilidade média obtida para quatro exposições dos dosímetros ao feixe de 6,0 MV foi melhor 3%. Utilizando o critério Y de 3%/3 mm, as matrizes de dosímetros TL apresentaram resultados promissores para a utilização em medidas *in vivo* em radioterapia.

CONCLUSÕES

Os dosímetros TL foram calibrados, apresentando uma reprodutibilidade adequada ao uso em radioterapia, porém uma grande variação de sensibilidade da resposta TL, o que nos levou à adoção de fatores de calibração individuais.

As matrizes de dosímetros TL apresentaram resultados promissores para a utilização em medidas *in vivo* em radioterapia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[143] Van Esch A., Bohsung J., Sorvari P., Tenhunen M., Paiusco M, Iori M., Engström P., Nyström H. and Huyskens D.P. (2002): Acceptance tests and quality control procedures for the clinical implementation of IMRT using inverse planning and the sliding window technique: experience from 5 radiotherapy departments. *Radiother. Oncol.* 65, 53-70.

[144] Dempsey J.F., Low D.A., Mutic S., Markman J., Kirov A.S., Nussbaum G.H. and Williamson J.F. (2000): Validation of a precision radiochromic film dosimetry system for quantitative two-dimensional imaging of acute exposure dose distributions. *Med. Phys.* 27, 2462-2475.

[145] Oliveira J.P. ; Da Rosa L.A.R.; Batista D. V. S.; Bardella L.H; Carvalho A R. (2009). Avaliação da dose no reto em pacientes submetidas à braquiterapia de alta taxa de dose para o tratamento do câncer do colo uterino. *Radiologia Brasileira*, 42, 83-88.

[146] Marinello G., Barret C. and Le Bourgeois J.P.(1980): Lithium borate discs for skin measurements: Application to total body superficial electron beam therapy. *Nuclear Instruments and Methods* 175, 198-200.

[147] Batista D. V. S. (2010) Comparação de três técnicas de irradiação de corpo total com elétrons. Dissertação de mestrado. *Radioproteção e Dosimetria*. Instituto de Radioproteção e Dosimetria.

[148] Rudén B.-I. (1976): Evaluation of the clinical use of TLD. *Acta Radiol. Ther. Phys. Biol.* 15, 447-464.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

A aluna agradece a Comissão Nacional de Energia Nuclear pela bolsa de iniciação científica recebida.

Quantificação da exposição dos profissionais e pacientes em procedimentos de neurocirurgias

Flávia Mesquita Mardegan e Lucía Viviana Canevaro
Instituto de Radioproteção e Dosimetria- IRD

INTRODUÇÃO

O aneurisma cerebral é uma dilatação anormal de uma artéria que irriga o cérebro. A maioria dos sintomas ocorrem quando há um rompimento das paredes arteriais causando sangramento intracraniano. Com isso, dores de cabeça intensas e súbitas é o principal indicativo desse quadro [1].

A Radiologia Intervencionista tem um papel fundamental no diagnóstico e terapia de aneurismas. A prática consiste numa técnica invasiva em que o médico utiliza um cateter e um fio guia para chegar ao local em que se deseja, utilizando a radiação ionizante, através de uma incisão femoral. Entretanto, essa prática possui elevados níveis de doses ocupacionais e em pacientes. Isso ocorre em função das altas taxas de doses, elevados tempos de exposição, grande número de aquisições digitais e proximidade do profissional a fonte e ao meio espalhador (paciente) [2,3].

OBJETIVO

1-Realizar a dosimetria em pacientes e profissionais durante procedimentos de arteriografia cerebral e embolização.

2- Estudar e aplicar métodos de otimização das doses recebidas pelos pacientes e profissionais, com o objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade dos procedimentos e deixar informações quantitativas que poderão ser usadas para qualidade no serviço.

3- Construir um banco de dados com informações do procedimento para realização de análises estatísticas das doses dos pacientes e profissionais em cada procedimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

O trabalho foi realizado num hospital público de grande porte especializado em Neurologia, onde foram acompanhados procedimentos neurocirúrgicos. Durante cada procedimento, foram coletadas as seguintes informações: dados referentes ao paciente (idade, peso altura, sexo, etc), ao procedimento (tipo, tempo total de irradiação, projeções do arco em C, técnicas radiográficas, etc) e ao profissional (nome, função, etc). Após a coleta das informações, estas são repassadas para um banco de dados em Access. A monitoração nos profissionais (médico operador e médico auxiliar) foi realizada na parte central do tórax por fora do avental plumbífero, e no joelho esquerdo do médico operador. Para quantificar a exposição dos profissionais foram utilizados dosímetros ativos de estado sólido RaySafe I2. Após cada procedimento, são realizadas as leituras dos dosímetros (dose acumulada durante o exame).

RESULTADOS

Os profissionais foram monitorados em cerca de 80 procedimentos neurocirúrgicos. Nas figuras 1 e 2, observa-se que há uma ampla faixa de valores de dose pessoal envolvida para cada procedimento. Isso é devido ao fato de as doses recebidas pelos trabalhadores dependerem de vários fatores, como: tempo de irradiação, treinamento em proteção radiológica e posição do médico em relação ao tubo de raios X e ao paciente. As figuras também permitem estimar os níveis de exposição dos profissionais que atuam dentro da sala de hemodinâmica durante os procedimentos, mostrando que a exposição correspondente ao médico

operador (M1) é consideravelmente mais elevada quando comparada com o médico auxiliar (M2). Isso acontece porque, o M1 está mais próximo do tubo de raios X do que o M2. No geral, as doses no tórax do M1 são cinco vezes superiores ao do M2. Uma maneira de reduzir a exposição seria a realização de rodízio entre M1 e M2, sempre que possível.

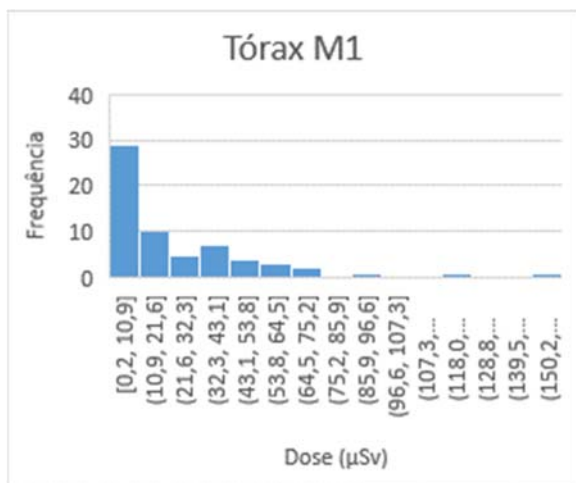


Figura 1. Exposição do tórax M1

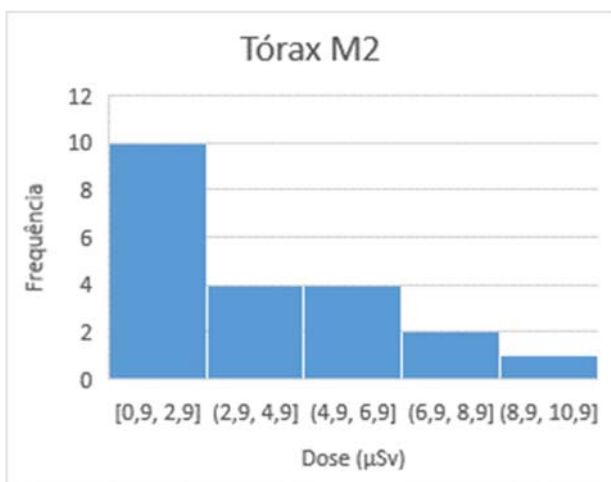


Figura 2. Exposição do tórax M2

CONCLUSÕES

A realização da dosimetria dos médicos mostra a importância do treinamento para toda a equipe médica, a fim de diminuir a exposição desnecessária. Quando toda a equipe está ciente da importância da proteção, torna-se mais rotineiro a utilização de dispositivos, como por exemplo, o avental plumbífero. Outra medida que pode ser implantada na rotina com o treinamento é de sempre se manterem o mais distante possível que possível do tudo de raios – x.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

OBJETIVO <http://www.redebrasilavc.org.br/para-pacientes-e-falimiores/o-que-e-aneurisma-cerebral/>

OBJETIVO International Commission on Radiological Protection (ICRP). "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection". ICRP Publication 103. 2007.

OBJETIVO International Commission on Radiological Protection (ICRP). "Radiological Protection in Medicine". ICRP Publication 105. Annals ICRP. Pergamon Press. 2007

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq).

Implementação das 10 recomendações mais importantes para prevenção de acidentes radiológicos em gamagrafia industrial

Jaqueline Sant'Anna Laureano Pereira e Francisco Cesar Augusto Da Silva
Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD

INTRODUÇÃO

Entre as aplicações técnicas nucleares na indústria, a gamagrafia é a mais difundida, pois não utiliza energia elétrica e possui modelos portáteis de fácil locomoção. Desempenha um papel importante na inspeção de componentes, no sentido de verificar o controle da qualidade de soldas, materiais, peças e estruturas na indústria naval, petrolífera e siderúrgica. Essa técnica utiliza fontes radioativas de ^{192}Ir , ^{75}Se e ^{60}Co [1].

Segundo a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), um número relativamente significativo de acidentes radiológicos tem ocorrido nos últimos anos, especialmente em gamagrafia industrial. Na radiografia industrial, 80 casos envolvendo um total de 120 indivíduos ocupacionalmente expostos, 110 membros do público, incluindo 12 mortes foram registradas até o momento. Síndrome Aguda da Radiação (SAR) e Síndrome Cutânea da Radiação (SCR) foram observadas em vários destes acidentes radiológicos. Os acidentes radiológicos nas práticas industriais no Brasil resultaram principalmente no desenvolvimento da Síndrome Cutânea da Radiação (SCR) em mãos e dedos. Os dados brasileiros incluem 5 casos graves relacionados com gamagrafia industrial, afetando 7 trabalhadores de radiação e 19 membros do público; no entanto, nenhum deles foram fatais [1,2].

A gamagrafia industrial é classificada pela AIEA como Categoria 2, devido ao alto risco radiológico provocado pelo uso de fontes radioativas de alta atividade. Esse risco está baseado nas consequências danosas geradas à saúde humana envolvida nas falhas cometidas durante o procedimento descrito

em acidentes ocorridos no mundo [3]. Várias causas são postuladas aos acidentes radiológicos, desde falta de treinamento e de reciclagem dos operadores a falta de manutenção mecânica dos equipamentos [1,2].

Para evitar esses acidentes radiológicos, foram estabelecidas 10 recomendações mais importantes na operação de gamagrafia industrial, levando em consideração a segurança do trabalhador, porém só serão eficazes se forem devidamente implementadas, divulgadas, ensinadas e conscientizadas pelos operadores de gamagrafia industrial [4].

OBJETIVO

Desenvolver uma ferramenta para divulgar, ensinar e conscientizar os operadores de gamagrafia industrial, sobre as 10 recomendações mais importantes para prevenção de acidentes radiológicos em gamagrafia industrial.

METODOLOGIA

- 1- Foi realizado um estudo teórico e prático sobre gamagrafia industrial e seus acidentes radiológicos.
- 2- Foi produzido um estudo detalhado das 10 recomendações mais importantes para prevenção de acidentes radiológicos em gamagrafia industrial.
- 3- Foi elaborada uma revisão bibliográfica sobre metodologia de divulgação e disseminação.
- 4- Aplicação da metodologia de divulgação às 10 recomendações estipuladas.

Durante o processo de confecção do material para propagação, foram empregadas ferramentas de marketing, que é conjunto de ações estratégicas buscando o melhor desempenho na divulgação de um produto. A ferramenta utilizada faz parte do marketing tradicional de divulgação e não faz uso do universo digital.

Os métodos de divulgação aplicados foram: panfleto, folder, cartaz A3 e marcador de livro. O panfleto é uma peça de comunicação simples, que pode ser impressa em larga escala com baixo custo, o folder, é um impresso com dobras, é uma peça de comunicação mais refinada e com vantagem de um apelo visual maior, comportando mais informações, já o cartaz em A3, é um impresso que permite ser afixado em locais públicos e particulares de grande circulação de pessoas, gerando um alcance elevado de forma rápida e prática e por fim o marcador de livro personalizado, sua eficácia está em atrair atenção durante a leitura, muito usado como brindes.

RESULTADOS

Aplicação dos métodos de divulgação do marketing tradicional em artes gráficas, elaboradas para disseminação das 10 recomendações.



Folder (frente e verso)



Cartaz A3



Panfleto



Marcador de livro

CONCLUSÕES

O material elaborado se mostrou eficaz e de fácil entendimento para divulgação e treinamento de profissionais da área, de modo a evitar acidentes radiológicos em gamagrafia industrial. Assim recomenda-se, produzir tradução de todo material gerado em outros idiomas (inglês espanhol e outros.), inserir nas redes do IRD e da AIEA, distribuir para profissionais e empresas da área e elaborar vídeos ilustrativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [149] LIMA, Camila Moreira Araujo de. Análise de Acidentes e Incidentes em Radiografia Industrial, Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Rio de Janeiro, 2011.
- [150] DA SILVA, F.C.A. Uma Metodologia de Análise de Acidentes Radiológicos em Gamagrafia Industrial, Tese Mestrado, IME, 1990.
- [151] Categorization of Radioactive Sources - Safety Guide N.RS-G-1.9 e IAEA-TECDOC-1344.
- [152] SOUZA, Luana Silva de. As 10 recomendações mais importantes para prevenção de acidentes radiológicos em gamagrafia industrial, Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Rio de Janeiro, 2015.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa Iniciação Científica CNPQ/PIBIC.

Avaliação do Software Castor para reconstrução de imagens a partir de simulação com ^{131}I no código GATE

João Henrique Martins Castelo e Daniel Alexandre Batista Bonifácio
Instituto de RadioProteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

No Brasil, o uso de doses terapêuticas de ^{131}I permanece dominante no campo da terapia por radionuclídeos. A quantificação de imagens pós-terapia por radionuclídeos apesar de sua notável importância, permanece um campo aberto devido a falta de protocolos bem estabelecidos para uso clínico. O MIRL (Committee on Medical Internal Radiation Dose) possui uma série de publicações que sumarizam as técnicas de dosimetria interna para pacientes. Especialmente para radioiodoterapia (RIT) [1], aquisições de imagens SPECT se mostram necessárias devido a sobreposição de órgãos-fonte em aquisições planares, tornando a quantificação dependente dos métodos de reconstrução de imagem [2], assim como da utilização de correções de espalhamento com o método de Triple Energy Window (TEW) e correção de atenuação.

O código GATE [5] permite a simulação dos principais sistemas usados na medicina nuclear e de objetos simuladores voxelizados e/ou com funções matemáticas. Um fantoma foi desenvolvido a partir das bibliotecas de funções geométricas e acoplado a uma fonte de ^{131}I . Utilizando a ferramenta DoseActor [5], a dosimetria simulada foi descrita em [6]. Com o interesse em reconstruir as imagens a partir das simulações e reproduzir todo o processo de quantificação em ambiente computacional, o software Customizable and Advanced Software for Tomographic Reconstruction (CASToR) [4] foi utilizado e seu desempenho avaliado.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho é avaliar o software CASToR para reconstrução de imagens a partir de simulações com ^{131}I de sistema SPECT da Siemens Symbia T2.

METODOLOGIA

O objeto simulador utilizado foi um fantoma jaszczak modificado, suas varetas e esferas foram removidas e uma seringa foi posicionada em diferentes posições dentro do cilindro principal. A comparação será feita utilizando uma imagem adquirida com alta densidade de contagens (15000 contagens por frame) em um Spect/Ct Siemens Symbia t2 com colimador de alta energia e propósito geral (hegp) de furos paralelos e órbita não circular. O sistema simulado é similar ao real, destoando apenas na órbita circular devido ao tempo computacional.

No sistema real, é possível determinar o tempo de rotação do detector pelo número de contagens. Já no sistema simulado, estipulamos, a partir de outras simulações, o tempo médio para atingir uma alta densidade de contagens. Exemplo: o tempo médio foi de 41.3 s para distância centro de rotação-detector de 23,45 cm e atividade de 3,7 mbq.

A aquisição foi feita em 32 steps com zoom unitário. Atividade de 3,9 mbq para a posição central e 3,7 mbq para posição periférica. Os parâmetros de reconstrução da aquisição real na estação de trabalho siemens e simulada no castor estão listados na tabela 1.

Para a correção de espalhamento foram usadas janelas de 7 keV, 10 % no fotopico e 6 keV, respectivamente, a correção foi feita nas projeções. O mesmo mapa de atenuação, a partir do ct (120 kv, 8 mas), foi utilizado para as aquisições simulada e real.

Tabela 1 – parâmetros de reconstrução utilizados, real e simulado, respectivamente.

Otimizador	OS-EM	ML-EM
Filtro Convolutivo	Gaussiano 4.5 mm	Gaussiano 4.5,4.5, 3.5 σ PSF
FOV	78%	78%
Tamanho do Voxel	9,59 mm	9,59 mm
Número de Voxels	64x64x20	64x64x20
Algoritmo de Projeção	?	<i>IncrementalSiddon</i>
Iterações	10:16	100

RESULTADOS

Um script para adição da correção de espalhamento a partir das projeções obtidas da saída do GATE ao formato base de projeções do CASToR foi reproduzido na linguagem de programação python e ainda é de caráter experimental. A convergência do ML-EM para OS-EM aumentando o número de iterações [2] tornou viável a comparação entre as imagens. Perfis de distribuição em regiões de interesse retangulares feitas manualmente no software ImageJ e normalizadas com relação ao máximo de contagens foram sobrepostos e suas diferenças analisadas para cada voxel.

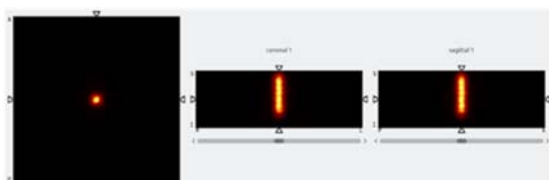


Figura 1 – Imagem reconstruída no CASToR a partir da simulação sem correções, 3,9 MBq. Vistas transversal, sagital e coronal, no software AMIDE.

CONCLUSÕES

O nível de detalhamento em alguns parâmetros mostra que a generalidade do código CASToR pode ser explorada de diversas formas. Neste trabalho foram observadas diferenças consideráveis entre o ambiente simulado e a situação real, porém, não é possível afirmar se estas diferenças estão baseadas apenas nas diferenças dos parâmetros, onde existe um código aberto e geral versus um código fechado e especializado. Existem também diferenças inerentes entre a simulação e a situação real, desde a eletrônica do sistema até o detalhamento dos processos físicos presentes no código GATE. É possível afirmar que o software CASToR cumpriu as expectativas e permitiu uma reprodução de toda a cadeia de processos para calibração de um protocolo de quantificação de imagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Dewaraja, Yuni K. et al. "MIRD Pamphlet No. 24: Guidelines for Quantitative 131I SPECT in Dosimetry Applications." *Journal of nuclear medicine : official publication, Society of Nuclear Medicine* 54.12 (2013): 2182–2188. PMC. Web. 7 Mar. 2018.
- [2] Bruyant PP. Analytic and iterative reconstruction algorithms in SPECT. *J Nucl Med.* 2002;43:1343–1358.
- [3] CERN, Switzerland. Geant4 User's Guide - For Application Developers, 2018. Versão: Geant4 10.3.
- [4] Customizable and Advanced Software for Tomographic Reconstruction (CASToR) - Castor Documentation, Version 1.2 October 11, 2017.
- [5] Gate collaborative documentation, 2018. http://wiki.opengatecollaboration.org/index.php/Users_Guide_V8.1:Getting_started.
- [6] Carvalho S, Costa A, Ramos C, Brunetto S, Castelo J., Bonifácio D. Influence of the source position in SPECT calibration in dosimetry studies using GATE simulations Title. *Brazilian J. Radiat. Sci.* 2018 (*in press*);

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC

Caracterização da técnica de Irradiação de Corpo Total em um Centro de Oncologia na cidade do Rio de Janeiro

Joel Marques Xavier Filho e Luiz Antonio Ribeiro da Rosa, Delano Valdivino Santos Batista
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

A Irradiação de Corpo Inteiro (ou do inglês TBI) é um técnica especial de radioterapia utilizada em pacientes que serão submetidos a transplantes de medula óssea, com o objetivo principal de supressão do sistema imunológico para que não ocorra rejeição da medula doada. Ela consiste na irradiação de todo o paciente, gerando uma distribuição homogênea de dose em seu corpo [1].

Efeitos colaterais decorrentes do TBI são conhecidos, como a pneumonite actínica, que pode ocorrer em pacientes que receberam dose volumétrica maior que 9 Gy nos pulmões e aumenta significativamente o risco de morte. Doses de aproximadamente 15 Gy nos olhos aumentam cerca de 50% a probabilidade de desenvolver cataratas, entre outros [2,3,4].

Os parâmetros usualmente utilizados para o planejamento do TBI são o Percentual de Dose Profunda (PDP), a Razão Tecido-Fantoma (TPR), os Perfis de Dose (OAR) e um Fator Distância (ou Função de Ajuste). Como no TBI o paciente é irradiado em campos muito maiores que os utilizados em tratamentos normais de radioterapia, afastado cerca de 3m da fonte de radiação para se encontrar no interior dos campos, é necessária a obtenção destes parâmetros nesta distância.

OBJETIVO

Realizar a caracterização do feixe de radiação que será utilizado para TBI em um Centro de Oncologia localizado na cidade do Rio de Janeiro.

METODOLOGIA

O feixe de fótons escolhido foi o de 6MV, utilizando o LINAC Clinac iX (Varian Medical Systems, Palo Alto, CA). O PDP, TPR, OAR e Fator de Ajuste experimentais foram medidos na geometria que será realizado o TBI, com o gantry do acelerador a 90° e o colimador aberto em um campo 40x40 cm² a 45°. A maca estava distante cerca de 3m da fonte. Foram utilizados uma câmara de ionização PTW Farmer 30.013, dentro do fantoma de dosimetria Sun Nuclear Corporation 1D-Scanner, e um eletrômetro PTW UNIDOS E.

Como volume espalhador foram utilizados o fantoma antropomórfico ATOM nas medidas de PDP e OAR, e dois tanques de água na medida do TPR, de forma a obter um volume similar ao de um adulto.

O fator distância foi obtido movimentando o ponto de medição e o fantoma de dosimetria. Foi então calculada a razão entre a leitura obtida na geometria do TBI e na geometria da especificação do feixe.

RESULTADOS

A seguir, os resultados obtidos para cada parâmetro dosimétrico avaliado:

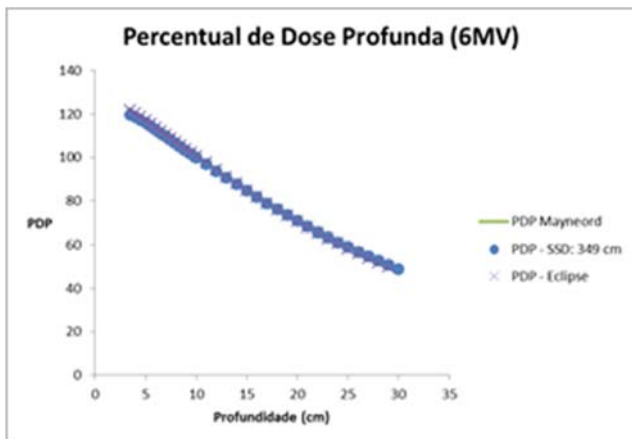


Figura 1: PDP para 6MV

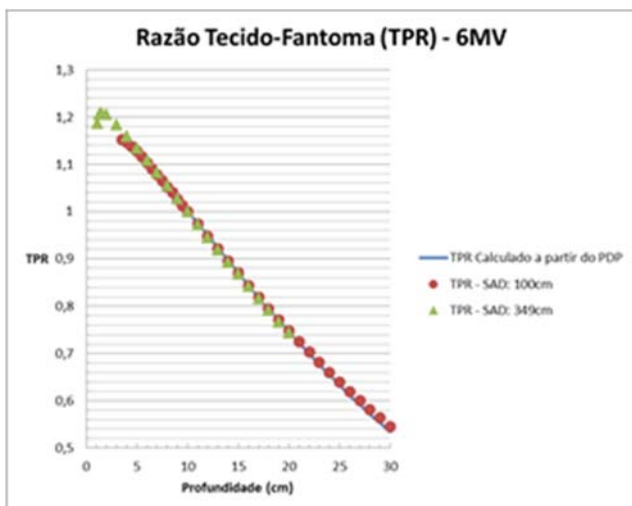


Figura 2: TPR para 6MV

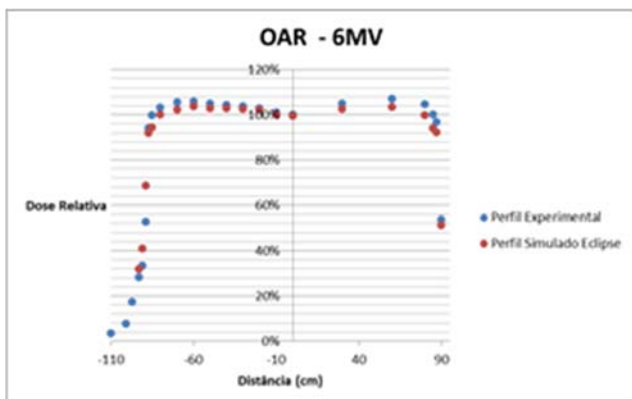


Figura 3: OAR para 6MV

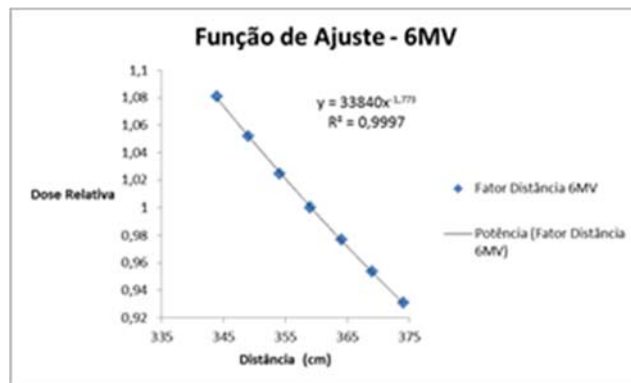


Figura 4: Fator Distância para 6MV

CONCLUSÕES

Foram caracterizados os parâmetros dosimétricos para cálculo de dose de um paciente de TBI. O cálculo no eixo central foi comparado com o valor obtido na simulação de um tratamento aplicando geometria semelhante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[153] SHANK, B. Total Body Irradiation. In: LEIBEL, S. A. et al. Textbook of Radiation Oncology. Philadelphia: Saunders, 1998. p. 253-275

[154] B. Shank. Total Body Irradiation. Radiation Physics and Biology; 233-279; 1998.

[155] A. Nalichowski, D. G. Eagle, J. Burmeister. Dosimetric evaluation of total marrow irradiation using 2 different planning systems. Medical Dosimetry 41; 230-235; 2016.

[156] J.M. Henk et al, Radiation dose to the lens and cataract formation. International Journal of Radiation Oncology, p. 815-820, 1993.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida.

Avaliação radiológica da instalação de gamagrafia industrial do laboratório de indústria do IRD/CNEN

Josiane Emerich Cavalcante e Francisco Cesar Augusto Da Silva
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

Um dos laboratórios técnicos do IRD/CNEN é o Laboratório de Indústria que tem como objetivos a realização de pesquisa em proteção radiológica nas aplicações industriais com a radiação ionizante, realização de cursos especializados em proteção radiológica para a pós-graduação lato sensu e stricto sensu (mestrado e doutorado), a realização de cursos de proteção radiológica com a AIEA e a realização de provas de certificação de Supervisores de Proteção radiológica da CNEN, entre outras atividades.

Entre as aplicações técnicas nucleares na indústria, a gamagrafia é a mais difundida, pois não utiliza energia elétrica e possui modelos portáteis de fácil locomoção. Desempenha um papel importante na inspeção de componentes, no sentido de verificar o controle da qualidade de soldas, materiais, peças e estruturas na indústria naval, petrolífera e siderúrgica. Essa técnica utiliza fontes radioativas, emissor de raios gama que irão atravessar o material a ser analisado, registrando em chapas fotográficas a intensidade do feixe gama atenuado as suas várias seções. Em gamagrafia industrial as fontes mais utilizadas são ^{192}Ir , ^{75}Se , e ^{60}Co . Tais fontes possuem meias-vidas relativamente curtas, devido ao fator de serem substituídas periodicamente, para que o equipamento mantenha sua operacionalidade.

Segundo a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), um número relativamente significativo de acidentes radiológicos tem ocorrido nos últimos anos, principalmente por causa das práticas referidas como atividades potencialmente de alto risco, como a radioterapia, irradiadores de grandes porte e radiografia industrial, especialmente em gamagrafia industrial. Em alguns casos, as lesões graves

têm ocorrido em indivíduos expostos devido a doses elevadas de radiação. Na radiografia industrial, 80 casos envolvendo um total de 120 indivíduos ocupacionalmente expostos, 110 membros do público, incluindo 12 mortes foram registrados até o momento.

Síndrome Aguda da Radiação (SAR) e Síndrome Cutânea da Radiação (SCR) foram observadas em vários destes acidentes radiológicos. Os acidentes radiológicos nas práticas industriais no Brasil resultaram principalmente no desenvolvimento da Síndrome Cutânea da Radiação (SCR) em mãos e dedos. Os dados brasileiros incluem 5 casos graves relacionados com gamagrafia industrial, afetando 7 trabalhadores de radiação e 19 membros do público; no entanto, nenhum deles foram fatais.

Nesta área de gamagrafia industrial o Laboratório de Indústria do IRD/CNEN possui uma instalação do tipo "bunker" para a exposição de fontes radioativas usadas na área. Esse bunker foi construído há 20 anos seguindo todos os requisitos técnicos da época. Uma avaliação detalhada, de acordo com os novos preceitos e requisitos de proteção radiológica, deve ser realizada para manter a instalação atualizada utilizando, para isso, o cálculo de blindagem para o bunker e análise dos dispositivos de segurança.

OBJETIVO

O trabalho teve como objetivo principal de realizar uma avaliação radiológica da instalação de gamagrafia industrial do Laboratório de Indústria do IRD/CNEN.

METODOLOGIA

A metodologia consistiu em 6 etapas:
(1) Realização de um estudo teórico e prático sobre de gamagrafia industrial.

- (2) Estudo da Norma CNEN 6.04/2013 sobre “Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radiografia industrial”.
- (3) Revisão bibliográfica sobre as metodologias de avaliação radiológica de instalação de gamagrafia industrial.
- (4) Estudo sobre cálculo de blindagem para o bunker de gamagrafia industrial.
- (5) Estudos sobre os dispositivos de segurança e métodos de avaliação.
- (6) Avaliação da instalação de gamagrafia industrial do Laboratório de Indústria do IRD/CNEN.

RESULTADOS

O cálculo de blindagem do bunker foi executado através de métodos matemáticos, planilha no Excel, nos quais os valores obtidos foram comparados com a simulação online na página da *RAD PRO CALCULATOR*, validando a fórmula desenvolvida na planilha. De acordo com os cálculos realizados foi definido o limite de 143 GBq de atividade para a fonte radioativa de ^{60}Co , existente no Laboratório de Indústria, de modo a atender os requisitos de limitação de dose para os indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) na parte externa do bunker.

CONCLUSÕES

A blindagem de um bunker assegura um sistema de proteção radiológica nas instalações de gamagrafia industrial. O valor definido como limite de atividade da fonte radioativa de ^{60}Co , mostra que a blindagem está bem elaborada para garantir exposições desnecessária e otimizar a redução dos níveis de radiação, para que as doses dos trabalhadores estejam em conformidade com as normas estabelecidas pela CNEN e recomendações internacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TAUHATA, L; SALATI, Ivan P. A. DI PRINZIO, Renato, DI PRINZIO, Antonieta R., Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos,

IRD/CNEN, Rio de Janeiro, 10^o Revisão – 2014.

2. CNEN. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, CNEN-NN-3.01, Rio de Janeiro, Brasil, 2014.

3. CNEN. Licenciamento de instalações radioativas, resolução CNEN 166/14, CNEN 6.02, 2014.

4. CNEN. Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radiografia industrial. Resolução CNEN 145/13. CNEN 6.04. 2013.

5. LIMA, Camila Moreira Araújo de. Análise de Acidentes e Incidentes em Radiologia Industrial, Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Rio de Janeiro, 2011.

6. SOUZA, Érica Fernanda de. Avaliação Radiológica de Irradiadores de Gamagrafia Industrial. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, 2012.

7. SOUZA, Luana Silva de. As 10 recomendações mais importantes para prevenção de acidentes radiológicos em gamagrafia industrial, Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Rio de Janeiro, 2015.

8. DA SILVA, F. C. A. Uma Metodologia de Análise de Acidentes Radiológicos em Gamagrafia Industrial, Tese Mestrado, IME, 1990.

9. RAD PRO CALCULATOR. Disponível em: <<http://www.radprocalculator.com/Gamma.aspx>>. Acesso em 16/07/2018 às 17:55 hs.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa Iniciação Científica – PIBIC/CNPq

Caracterização de campos de nêutrons térmicos para a calibração de monitores de nêutrons em termos da grandeza equivalente de dose individual $H_p(10)$

Larissa Paizante Santos da Silva e Karla Cristina de Souza Patrão
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da procura por calibração de medidores de nêutrons, faz-se necessária a criação de novos campos padronizados para suprir a necessidade de caracterização destes instrumentos com a garantia do controle de seus parâmetros metrológicos. O método mais utilizado na detecção dos nêutrons é o processo indireto de detecção, que envolve converter a energia liberada nas reações em sinais elétricos. Os detectores a gás são os mais utilizados na detecção de nêutrons, baseiam-se na coleta de íons formados quando a radiação atravessa o volume sensível do detector, ionizando o gás. [1]

Neste trabalho foram realizados experimentos com dois tipos de detectores: Ludlum 2363 e Ludlum 12-4. Os resultados obtidos foram comparados aos valores dos certificados de calibração.

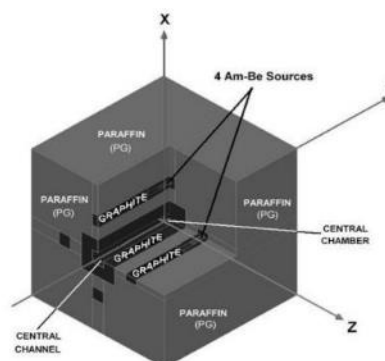
OBJETIVO

Como objetivo principal, realizar medições experimentais com o intuito de caracterizar a taxa de equivalente de dose ambiente (H^*) para os dois modelos de monitores de área para nêutrons, fazendo uso da Unidade de Fluxo Térmico, Figura 1, em diversos pontos com variação da taxa de equivalente de dose ambiente variando de maneira inversamente proporcional ao quadrado da distância.

Figura 1. Unidade de Fluxo Térmico pertencente ao Laboratório de Metrologia e Nêutrons

METODOLOGIA

Foram utilizados dois tipos de monitores



de nêutrons. O modelo 12-4 é um medidor de taxa de equivalente de dose ambiente de nêutrons muito utilizado na indústria. O detector é um tubo contendo gás de ^3He com material moderador circundante de 22,9 cm de diâmetro (9 in.). O monitor 2363 também mede taxa de equivalente de dose ambiente, mas pode ser usado também em campos de radiação gama. Os monitores foram posicionados no campo térmico de modo a avaliar sua leitura em função da distância. A energia média do campo térmico do laboratório de 40 keV e os valores de $H^*(10)$ avaliados variaram de 22 a $196 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. [2]

RESULTADOS

Os gráficos abaixo apresentam as leituras de nove monitores de cada modelo estudado.

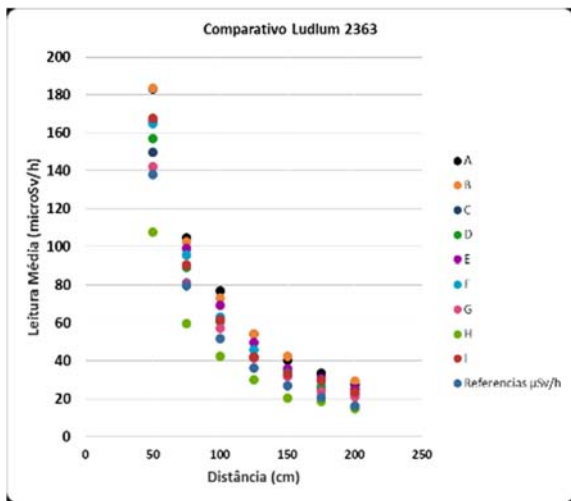


Figura 2. Dispersão das leituras médias de 9 monitores do tipo Ludlum 2363

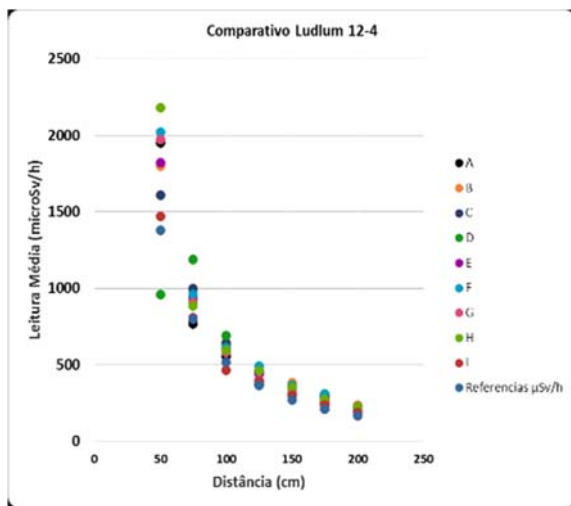


Figura 3. Dispersão das leituras médias de 9 monitores do tipo Ludlum 12-4

CONCLUSÕES

Apesar das incertezas envolvidas neste processo de calibração, a correlação entre os valores de referência de leitura para os monitores de área para nêutrons testados neste trabalho foi boa. Novos estudos em medições com novos equipamentos devem ser realizados no futuro e também a correção devido a função resposta para estes equipamentos deve ser utilizada para a correção das leituras obtidas no fluxo térmico padrão do LN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. ASTUTO, “Desenvolvimento de um sistema de irradiação com nêutrons térmicos para a calibração de monitores”, D. Sc., Brasil (2016).
- [2] A.P. SALGADO, “Estudo da resposta de monitores de área para nêutrons em uma instalação radioterápica”, D. Sc., Brasil (2015)
- [3] L.R. SOUZA, “Desenvolvimento de um sistema portátil para teste de monitores de área para nêutrons”, D. Sc., Brasil (2011)
- [4] International Rules for completing the CMC Tables for Ionizing Radiation, 6th ed., St. (2010).
- [5] Model 2363 Gamma-Neutron Survey Meter”, http://ludlums.com/images/stories/product_manuals/M2363.pdf (2015)
- [6] Ludlum Model 42-41 & 42-41L ‘PRESCILA’ Neutron Probe”, Ludlum Measurements, Inc. (2013)
- [7] Neutron Dose Rate Meter - Model 12-4”, <http://ludlums.com/component/virtuemart/market-1/nuclear-power-plants-104/neutron-dose-rate-meter-49-detail?Itemid=2657>

Modelagem de uma sonda gama para cirurgia radioguiada no código de transporte de radiação GATE

Lucas dos Santos Cavalcante e Daniel Alexandre Baptista Bonifácio.
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

Em geral, sondas portáteis para a detecção de radiação intraoperatória são divididas em duas categorias: sondas de detecção gama e beta. [1] Essas categorias são definidas com base na especificação do tipo de radiação detectada. O presente trabalho estuda as sondas de detecção gama. As sondas gama são dispositivos compactos constituídos basicamente de duas partes: um sistema de detecção de radiação gama, que geralmente é concebido como sendo a própria sonda, podendo ser baseado em um cristal semicondutor ou em um cristal cintilador, e um sistema eletrônico, em que o sinal é amplificado, processado e visualizado por meio de um display analógico ou digital. [2]. Este trabalho adotará ferramentas computacionais que compreenderão simulações utilizando o método de MC e o tratamento dos resultados com os códigos GATE/Geant4 para avaliar os aspectos físicos de um sistema de sonda gama, de preferência, disponível comercialmente, para que seja possível a comparação dos resultados experimentais com simulados.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é estudar e avaliar, por meio do método de Monte Carlo, os aspectos físicos de uma sonda de detecção de raios gama..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

O GEANT4 [3] e o GATE [4] (GEANT4 Application for Tomographic Emission) são softwares de distribuição livre. Geant4 simula com precisão a passagem de partículas

pela matéria, e GATE é uma aplicação do GEANT4, e contém suas bibliotecas adaptadas ao campo da medicina nuclear. Além disso, combina as vantagens dos processos físicos já validados do GEANT4, descrição sofisticada da geometria e visualização eficiente. O usuário utiliza o GATE a partir de uma lista de comandos dedicados de scripts com funções específicas a serem executadas.

A simulação foi realizada com uma sonda Bent e um detector de CZT fixo no ponto 0 cm. Foram feitas medidas de contagem em um eixo central, colocando a fonte a 0 cm do detector. Foram realizadas medidas de contagens em diferentes distâncias laterais a partir do eixo central. As medidas foram feitas no modo contagem com tempo de aquisição de 10 segundos.

RESULTADOS

As contagens por segundo (eixo x) encontradas em cada posição (eixo y) estão registradas no gráfico da figura 1.

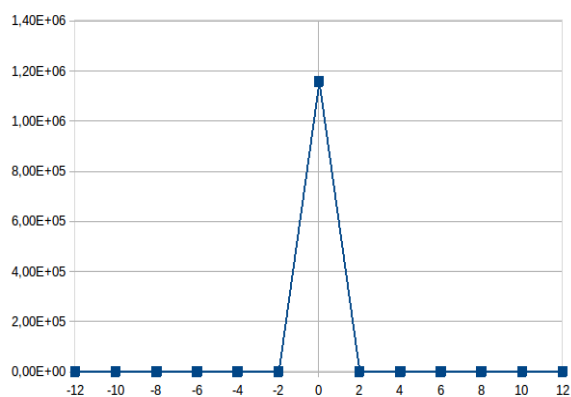


Figura 1. Dados simulados das contagens registradas em relação a distância da fonte.

CONCLUSÕES

A resolução espacial apresenta um comportamento compatível com a literatura e observa-se a redução da taxa de contagens a medida que a distância lateral entre fonte e o detector aumenta. A redução da taxa de contagens para as outras posições laterais relativas da fonte ao detector é crítica devido a blindagem de tungstênio lateral da probe, que para a posição frontal de 0 cm entre a fonte e o detector é bastante eficiente. Vale ressaltar que, os próximos passos das simulações serão realizar o mesmo teste para as posições de 5, 10, 15 e 20 cm da fonte ao detector.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Povoski S, Neff R, et al. A comprehensive overview of radioguided surgery using

gamma detection probe technology. *World Journal of Surgical Oncology* 2009; 7:11.

Zanzonico P, Heller S. The intraoperative gamma probe: basic principles and choices available. *Semin Nucl Med* 2000;30:33–48.

CERN, Switzerland. Geant4 User's Guide - For Application Developers, 2016. Versão: Geant4 10.1.

Gate collaborative documentation, 2016. http://wiki.opengatecollaboration.org/index.php/Users_Guide_V7.2:Getting_started.H.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PROBIC

Sistema Georreferenciado De Gestão De Amostras De Controle Radiológico Ambiental – Aplicação para Dispositivo Móvel

Paulo Augusto De Almeida Silva e Tadeu Augusto De Almeida Silva.
Instituto de Radioproteção e Dosimetria- IRD

INTRODUÇÃO

Um dado ou informação geoespacial é aquele que se distingue essencialmente pela componente espacial, que associa a cada entidade ou fenômeno uma localização na Terra, traduzida por sistema geodésico de referência, em dado instantâneo ou período de tempo, podendo ser derivado, entre outras fontes, das tecnologias de levantamento, inclusive as associadas a sistemas globais de posicionamento (GPS) apoiados por satélites, bem como de mapeamento ou de sensoriamento remoto.

Os sistemas georreferenciados trabalham com dados espaciais, imagens de satélites, cartas topográficas ou fotos aéreas. Essas ferramentas permitem a identificação de áreas, a partir de coordenadas geográficas. Permite, também, projetar visualmente os objetos mapeados de interesse com suas respectivas indicações textuais fornecendo, rapidamente, a obtenção das informações necessárias para uma correta análise.

OBJETIVO

Este projeto tem por objetivo estudar a viabilidade de desenvolvimento de um aplicativo móvel para coleta de amostras georreferenciadas, dentre as tecnologias disponíveis e, a partir da escolha da mais viável em termos de custo/benefício, concretizar no desenvolvimento do mesmo, com apoio de um ambiente de armazenamento e classificação das referidas amostras.

Neste trabalho, estudaremos diversas plataformas de desenvolvimento (framework) de aplicativos móvel. Dentre elas, serão feitas avaliações dos frameworks baseados em Javascript (Cordova, Phonegap, Ionic, React), baseados em C# (Visual Studio com plugin Xamarin) e Java (Android Studio).

Esses frameworks desenvolvem aplicativos para os sistemas Android e Windows Phone. Foi descartado a avaliação dos baseados em iOS por ausência de computador com esse sistema operacional para avaliação do aplicativo.

A escolha da ferramenta de desenvolvimento mais adequada se dará no quesito custo/benefício, onde será levado em conta o tempo de aprendizado, tempo de desenvolvimento, integração com os diversos recursos dos dispositivos móveis (seja smartphone seja tablets) e facilidade de manutenção do programa.

Devido à própria experiência do bolsista, a tecnologia que poderá ser usada para desenvolvimento do protótipo será o framework Ionic, que usa as tecnologias Javascript, Typescript, Angular, HTML5 e CSS, para desenvolvimento dos aplicativos móveis, além de ser de código aberto e contar com uma base de apoio (Comunidade Desenvolvedora) muito ampla.

O projeto contará com tela de login (para controle de acesso ao mesmo), captura de fotos e das coordenadas geográfica via GPS, inserção de texto explicativo, mapa de localização da amostra, e armazenamento dos dados capturados para posterior envio (via Internet) para base Web.

A última parte do trabalho será o desenvolvimento de um ambiente de armazenamento na Web, onde as amostras coletadas pelo dispositivo móvel poderão ser visualizadas, analisadas e catalogadas por pessoal responsável. Esta parte deverá ser desenvolvida em PHP com banco de dados MySQL, pois já existe equipe de desenvolvimento especializada para apoio.

RESULTADOS

Após o desenvolvimento do aplicativo móvel e do ambiente Web, deverá ser feito um procedimento de teste e avaliação, primeiro pela equipe desenvolvedora, depois por membros da equipe que usará o aplicativo no futuro.

A intenção é depois disponibilizar o aplicativo para instalação em dispositivos móveis, baseados em Android e Windows Phone, para os pesquisados interessados.

Estes terão que ser credenciados primeiramente na base Web, para posterior uso do aplicativo.

CONCLUSÕES

Este projeto é interdisciplinar, pois envolve tecnologias de diversas áreas do conhecimento: linguagens de programação, Sistemas Georreferenciado, coleta e armazenamento de dados via Web, análise e classificação das amostras recolhidas, e controle radiológico ambiental.

O bolsista, ao final do período da bolsa, terá uma visão ampla das tecnologias de desenvolvimento de aplicativo móvel, além de conhecer sobre sistemas georreferenciados e sua aplicação no controle radiológico ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

N. S. Ezarani, *Sistema Georreferenciado De Monitoramento E Apoio À Decisão Da Presidência Da República*, III Congresso Consad de Gestão Pública, 2010. <http://www.escoladegestao.pr.gov.br/arquivos/File/Material_%20CONSAD/paineis_III_congresso_consad/painel_43/sistema_georeferenciado_de_monitoramento_e_apoio_a_decisao_da_presidencia_da_republica.pdf> acessado em 01.08.2016.

IONIC Framework, em <<https://ionicframework.com/docs/>> acessado em 01.08.2016.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PROBIC

Avaliação da implantação do programa de garantia da qualidade em mamografia

Stella Vieira Mainoth e Claudio Domingues de Almeida
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

A mamografia é um exame de diagnóstico que utiliza radiação ionizante para a formação da imagem e, atualmente, é o método indicado para a detecção precoce de um nódulo mamário, sendo a técnica escolhida para o rastreamento populacional do câncer de mama em mulheres assintomáticas, possibilitando a redução da mortalidade das pacientes, tendo em vista que o câncer de mama é a segunda causa mais comum de morte entre as mulheres.

Para garantir que o exame seja feito de forma segura é essencial que sejam executados testes de controle de qualidade dos sistemas mamográficos, estabelecidos na Portaria no. 453 SVS/MS de 01/06/1998 e na Portaria GM/MS no. 2898 de 28/11/2013. A Portaria 453 determina que os titulares do serviço devem implementar um programa de garantia da qualidade incluindo assentamento dos testes de controle de qualidade, verificação dos procedimentos operacionais e tabelas de exposição. A Portaria 2898 atualiza o Programa Nacional de Qualidade em Mamografia (PNQM), que tem por objetivo avaliar o desempenho da prestação dos serviços de diagnóstico por imagem que realizam mamografia, baseado em critérios e parâmetros referentes à qualidade da estrutura, do processo, dos resultados, da imagem clínica e do laudo.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar e propor uma metodologia para contribuir com o Programa de Garantia de Qualidade em Mamografia.

METODOLOGIA

Estão sendo desenvolvidos modelos de procedimentos operacionais padrões (POP) para serem aplicados no serviço de mamografia de um hospital universitário no Rio de Janeiro. O POP descreve cada etapa dos testes que são executadas dentro do serviço. Estes testes, a nível técnico, estão estabelecidos na Portaria no. 453 e no protocolo no. 17 da IAEA devem ser realizados periodicamente.

As tarefas mais simples, cuja periodização é curta (testes diários e semanais), são realizadas durante a rotina do serviço pelas técnicas de mamografia que receberam treinamento para esta atividade. Estas tarefas foram: inspeção no monitor, limpeza e condições de visualização; checklist no sistema de mamografia digital; obtenção da imagem do phantom; inspeção visual para artefatos e qualidade da imagem do phantom mama.

Os testes de controle de qualidade em todo o sistema de mamografia são realizados pelas técnicas do hospital, que anotam os resultados em formulários, para que o físico médico contratado avalia os resultados descritos pela técnica e elabora um parecer. São considerados os testes estabelecidos no anexo II da Portaria no. 2898.

RESULTADOS

Foi observado que durante um período após o treinamento para aprimorar as técnicas na realização dos testes de controle de qualidade, a rotina estabelecida para os testes semanais e diários foi sendo realizada no serviço. Porém, nos últimos meses, os formulários não foram preenchidos, o que

indica que os testes não estão sendo realizados.

O controle da qualidade da imagem do phantom mama busca avaliar alguns parâmetros que produzem imagens radiograficamente semelhantes à estruturas normais e anormais da mama. São esses: número de fibras, objeto de baixo contraste, massa tumoral, microcalcificação e grade. Os testes foram realizados com 28kV, combinação alvo/filtro Mo/Mo, com exposição semiautomática. Os valores de mAs variaram de 55 até 56 e todos os parâmetros obtiveram conformidade de acordo com o protocolo da IAEA.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e análises realizadas, foi concluído que os testes não estão sendo feitos na periodicidade recomendada devido à falta de motivação das técnicas e cobrança da chefia na sua realização. Isso confirma a necessidade de realizar treinamentos anuais em toda a equipe, uma vez que isso os incentiva a realizar o controle de qualidade do sistema de mamografia.

Houve um grande período em que os testes não foram realizados. Uma explicação para isso é o tempo em que o serviço esteve parado por falta de manutenção na impressora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[157]Oliveira BB, Oliveira MA, Paixão L, Teixeira MHA, Nogueira MS. Dosimetria e avaliação da qualidade da imagem em um sistema de radiografia direta. (2014)

[158]H. J. Khoury_, V. S. Barros and C. Lopes. EVALUATION OF PATIENT DOSE FOR MAMMOGRAPHY IN PERNAMBUCO, BRAZIL. Departamento de Energia Nuclear—UFPE

[159]Ministério da Saúde, Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico, Portaria no. 453, Diário Oficial da União, no. 103, Brasil, 28 de novembro de 2013.

[160]Ministério da Saúde, Atualiza o Programa Nacional de Qualidade em Mamografia (PNQM), Portaria no. 2898, Brasil, 28 de novembro de 2013.

[161]IAEA Human Health Series No. 17, Quality Assurance Programme for Digital Mammography, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2011.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agradeço ao CNPQ pelo apoio financeiro ao projeto e aos profissionais do IRD.

Desenvolvimento de um sistema automatizado de filtros atenuadores para raios X

Vinício dos Santos Alves e José Guilherme Pereira Peixoto
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

O Instituto de Radioproteção e Dosimetria-IRD é o instituto de referência brasileira, com a tarefa de promover a rastreabilidade e harmonização dos sistemas de metrologia, normalização, regulamentação técnica e avaliação de conformidade na área de radiações ionizantes [1].

A rotina do serviço de calibração do Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes – LNMRI-IRD, para calibração das câmaras de ionização que servem ao controle de qualidade em hospitais, clínicas e indústrias, tem como objetivo garantir que estes serviços estão sendo realizados em conformidade com as normas de radioproteção [2]. Para a realização do serviço de calibração que utiliza o arranjo experimental instalado na sala de Dosimetria em Radiodiagnóstico, foi desenvolvido um novo arranjo experimental com modificações no alinhamento do sistema de posicionamento, no conjunto de colimadores utilizados na determinação do tamanho de campo e homogeneidade do feixe de radiação e na forma de inserção transversal de camadas de material atenuador responsáveis pela filtração adicional [3].

Com o objetivo de minimizar a necessidade da entrada do operador na sala de irradiação, para a mudança do posicionamento no sentido transversal ao feixe de raios X dos filtros fixos em uma roda, utilizados para calibração das câmaras nas diferentes qualidades, obter valores menores para a estimativa de incerteza do sistema e garantir uma maior segurança para este operador, este projeto propõe a automação da roda de filtros [4].

OBJETIVO

Produzir um protótipo de um sistema automatizado de filtros atenuadores dedicados a utilização na calibração em raios X diagnóstico, minimizando o máximo a entrada do Indivíduo Ocupacionalmente Exposto-IOE, na sala de irradiação.

METODOLOGIA

Foram confeccionadas as peças mecânicas para projetos do IRD, visando a ambientação e o maior conhecimento dos processos de fabricação e das máquinas operatrizes envolvidas, habilitando o desenvolvimento das atividades de fabricação do projeto proposto, conforme apresentado pela figura 1.



Figura 1: fabricação de peças

Foi concebida a estrutura mecânica da roda de filtros para a melhor adaptação ao arranjo existente, a partir da definição do sistema de transmissão e seus respectivos

componentes que irão compor todo o projeto mecânico, conforme apresentada pela figura 2.

A fabricação de todas as peças mecânicas que compõem o projeto foi realizada, conforme descrito pelo Manual Prático do Mecânico [5], e em seguida foi feita uma avaliação do conjunto, apresentado pela figura 2, visando os ajustes mecânicos que serão necessários para a montagem final.



Figura 2: conjunto mecânico.

RESULTADOS

A habilidade adquirida na fabricação das peças que irão compor o conjunto mecânico do arranjo experimental, resultou na confecção da roda de filtros, Figura 2, e na seleção dos filtros a partir da medição de suas espessuras, conforme apresentado na tabela 1, das qualidades de radiologia diagnóstica para raios X de baixa energia.

TABELA 1: espessuras dos filtros das qualidades de radiologia diagnóstica para raios X de baixa energia.

Tubo-De raios-X (kV)	10	30	25	50(b)	50(a)
Filtro (mm-Al)	zero	0,208	0,372	1,008	3,989

CONCLUSÕES

Em conformidade com o esperado, foi possível aplicar o conhecimento de normas e técnicas de fabricação mecânica, e desenvolver a habilidade no manuseio das máquinas operatrizes durante o processo de fabricação das peças solicitadas, conforme apresentada pela figura 1, possibilitando a continuidade do trabalho, que numa próxima etapa será promover a comunicação do conjunto mecânico com software LabVIEW.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[162] PEIXOTO, J.G.P., 1991, Implantação de um padrão primário da grandeza exposição para feixes de raios-X, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. (Peixoto, 1991).

[163] CNEN/NN 3.01, 2014, Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica.

[164] Cardoso R S, Peixoto J G P, 2005, Teste de desempenho de um padrão primário de feixes de raios X de baixa energia, Dissertação de Mestrado, IRD/CNEN - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

[165] Alves, V. S., 2017, Relatório do Projeto- 1º semestre.

[166] Manual Prático do Mecânico 3º edição

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Bolsa de Iniciação Científica CNPq/CNEN

Aplicação de georreferenciamento em aplicativos de Modelos Móveis

Yuri Lima Murta e Tadeu Augusto Silva
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

O crescente número de novas tecnologias ligadas ao georreferenciamento em conjunto com a disseminação dos aplicativos de smartphones, indicam um novo caminho para a área de produção de banco de dados geográficos. Hoje, os novos modelos móveis (celulares) e seus pacotes de dados possuem uma vasta capacidade de geolocalização, o que possibilita o maior número de dados coletados. Ao mesmo tempo os programas de georreferenciamento, como Arcgis e Qgis, vem cada vez mais sendo aprimorados, possibilitando assim novas formas de construção de mapas e bancos de dados. A ligação entre ambas as tecnologias é de extrema importância para a formação de aplicativo e bancos de dados mais específicos e precisos.

OBJETIVO

Este trabalho tem os seguintes objetivos:

- Aprender como confeccionar um aplicativo de aparelho móvel
- Desenvolver sistema de coleta de dados
- Desenhar um aplicativo que correlacione um banco de dados com um programa de georreferenciamento.

METODOLOGIA

A metodologia a ser utilizada neste trabalho abrange as seguintes etapas:

- 1 – Pesquisa bibliográfica sobre novas tecnologias móveis.
- 2 – Definição de estado da arte de aplicativos para smartphones.

3 – Desenvolvimento de um framework de coleta de dados.

4 – Modelagem de banco de dados.

5- Desenhar o aplicativo de ligação entre o banco de dado e um programa de georreferenciamento

RESULTADOS

Formação de estudos para o desenvolvimento de um aplicativo para smartphone de banco dados e com tecnologias de georreferenciamento.

CONCLUSÕES

A criação de aplicativos de georreferenciamento para smartphones é um caminho para o aprimoramento e especificação desta área. A busca pelo aperfeiçoamento das coletas de dados e a partir deles, da formulação de mapas é de extrema importância para a construção de trabalhos mais detalhados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ADOBE, PHONEGAP BUILD IS A CLOUD SERVICE FOR COMPILING PHONEGAP APPLICATIONS. [HTTP://DOCS.PHONEGAP.COM/PHONEGAP-BUILD/OVERVIEW/](http://docs.phonegap.com/phonegap-build/overview/) , acesso em 18 julho de 2018.

[2] ALCANTARA, CARLOS AUGUSTO ALMEIDA, VIEIRA, ANDERSON LUIZ NOGUEIRA, TECNOLOGIA MÓVEL: UMA TENDÊNCIA, UMA REALIDADE., [HTTPS://ARXIV.ORG/FTP/ARXIV/PAPERS/1105/1105.3715.PDF](https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1105/1105.3715.pdf)

[3] INTEL, THE DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATIONS USING HTML5 AND

PHONEGAP* ON INTEL® ARCHITECTURE-BASED PLATFORMS, [HTTPS://SOFTWARE.INTEL.COM/EN-US/ARTICLES/THE-DEVELOPMENT-OF-MOBILE-APPLICATIONS-USING-HTML5-AND-PHONEYGAP-ON-INTEL-ARCHITECTURE-BASED](https://software.intel.com/en-us/articles/the-development-of-mobile-applications-using-html5-and-phoneygap-on-intel-architecture-based), acesso em 16 julho de 2018.

[4] PEREZ, MARIN, GRANDE CRESCIMENTO PARA O COMÉRCIO MÓVEL, INFORMATIONWEEK EUA - 2009. PRAESTRO CONVERGENCE - EBOOK

MOBILE MARKETING: MOBILE MARKETING: CONCEITOS, TECNOLOGIAS E CASES, 2009.

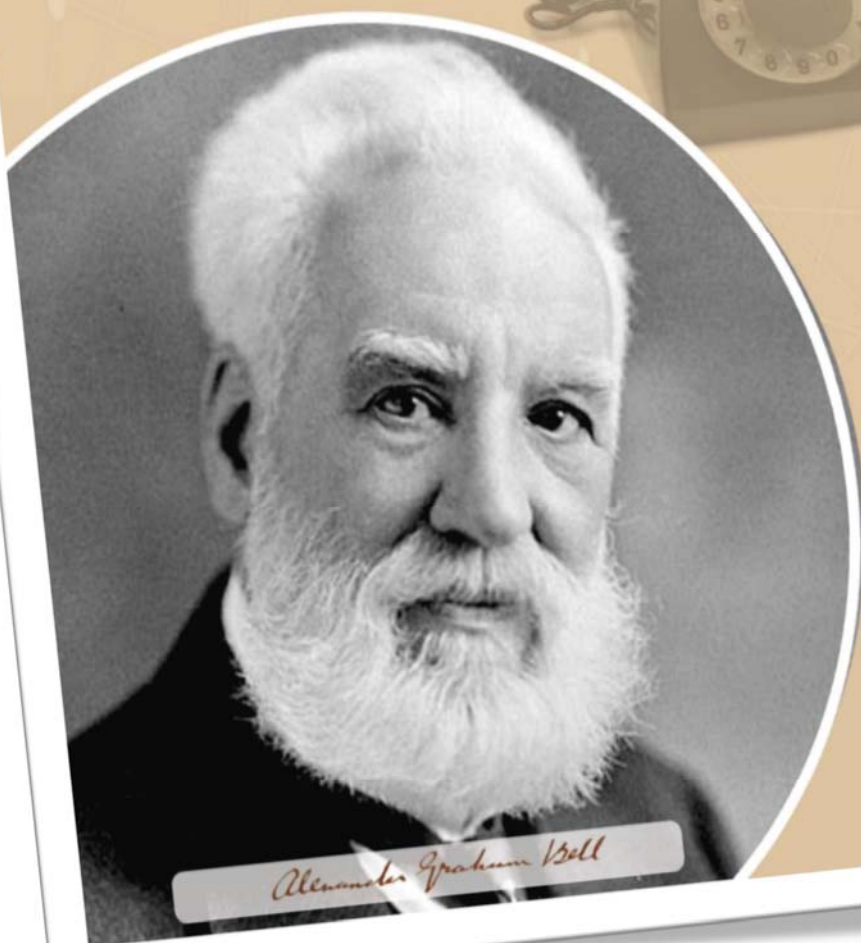
[5] VIZIAAPPS, CREATE MOBILE BUSINESS APPS. NO CODING., [HTTP://WWW.VIZIAPPS.COM/TUTORIAL-VIDEOS](http://www.viziapps.com/tutorial-videos), acesso em 16 julho de 2018.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC

LAPOC

Laboratório de Poços de Caldas



Alexander Graham Bell

A invenção que mudou a história da humanidade
(Homenageado de 2018)

ALEXANDER
ALEXANDER
GRAHAM BELL

(1847-1922)

o inventor do telefone

Determinação da atividade alfa e beta totais em amostras de água e elaboração da curva de autoabsorção

Bianca Alessandra Moreira, Juliana Santos Barbosa, Rita de Cássia Frizzo e
Rodrigo Leandro Bonifácio

Laboratório de Poços de Caldas/Comissão Nacional de Energia Nuclear – LAPOC

INTRODUÇÃO

A água potável contém, naturalmente, radionuclídeos em graus variados, que são emissores alfa, beta ou gama [1]. Para garantir que a água seja segura para o consumo humano, as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) e das agências reguladoras governamentais, estabeleceram uma dose máxima permitida de 0,1 mSv/ano [2]. Para se certificar que as amostras de água estejam dentro desse limite, é importante realizar a determinação da atividade alfa e beta totais.

Nas análises de radiação alfa e beta totais em águas para o consumo humano, é reportada, com frequência, a metodologia baseada na evaporação de um volume conhecido de amostra, e na posterior medição da atividade do resíduo em um contador proporcional a gás [3]. Este método garante a obtenção de resultados com precisão e exatidão significativas.

No entanto, é essencial que os resultados obtidos sejam corrigidos através da aplicação de uma curva de autoabsorção, cuja finalidade é a correção da atenuação de energia ocasionada pela massa ou espessura da amostra após a etapa de secagem.

OBJETIVO

Construir as curvas de autoabsorção de amostras contendo emissores alfa ou beta, e aplicar os resultados na análise de amostras de água providas do Programa Nacional de Intercomparação (PNI).

METODOLOGIA

Para a elaboração das curvas de autoabsorção, foi preparada uma solução de carbonato de sódio 0,15 g/L. Em uma série de béqueres, foram adicionados volumes diferentes da solução salina.

Nas amostras associadas à curva de autoabsorção alfa, foi adicionado cerca de 29 Bq de solução padrão de ^{230}Th . Já para a determinação da curva de autoabsorção beta, foi adicionado aproximadamente 27 Bq da solução padrão de $^{90}\text{Sr}+\text{Y}$ em cada amostra. As amostras foram evaporadas em chapa de aquecimento até atingirem volumes próximos a 5 mL. Em seguida, adicionou-se 5 mL de ácido nítrico concentrado para dissolver os resíduos. As amostras foram transferidas quantitativamente para plaquetas de aço inoxidável. As soluções nas plaquetas foram evaporadas completamente sob uma lâmpada halogênea e, finalmente, as plaquetas foram transferidas para o sistema de contagem. No preparo das amostras de água (PNI) para análise da atividade alfa e beta totais, foi realizado o mesmo procedimento descrito no parágrafo acima. Por fim, as curvas de autoabsorção, previamente elaboradas, foram aplicadas como correção.

RESULTADOS

A partir dos dados das amostras preparadas para obtenção das curvas de autoabsorção, foi possível calcular a eficiência de cada uma separadamente. Posteriormente, foram obtidos os gráficos de eficiência versus a razão da massa pesada pela área da plaqueta de cada amostra. As Figuras 1 e 2 mostram as curvas correspondentes.

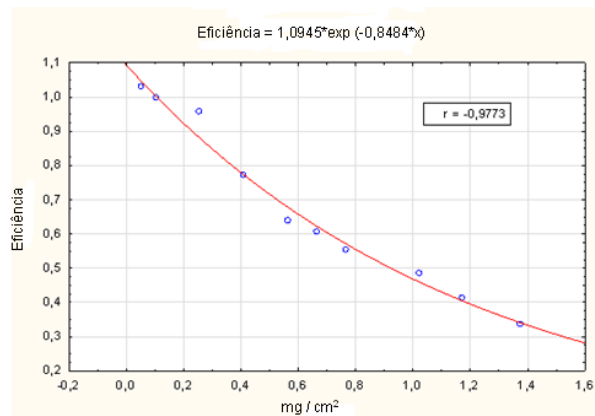


Figura 1. Curva de Autoabsorção Alfa

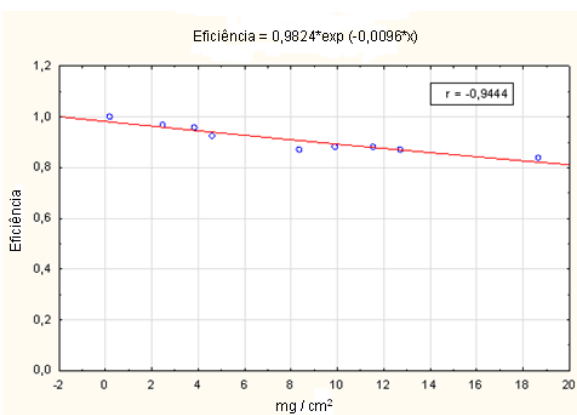


Figura 2. Curva de Autoabsorção Beta

As atividades das amostras de água foram determinadas e corrigidas com as curvas de autoabsorção, conforme demonstra a Tabela 1.

TABELA 1. Atividades Determinadas e os Respectivos Valores de Referência.

Amostra	Alfa Total Bq/L	Referência Bq/L	Beta Total Bq/L	Referência Bq/L
1	1.23 ± 0.13	1.26 ± 0.25	2.21 ± 0.22	2.25 ± 0.45
2	0.62 ± 0.04	0.62 ± 0.12	2.11 ± 0.22	2.06 ± 0.41
3	0.66 ± 0.04	0.76 ± 0.15	0.94 ± 0.11	0.96 ± 0.19
4	0.79 ± 0.05	0.99 ± 0.19	0.90 ± 0.09	0.87 ± 0.17

Os valores obtidos foram comparados com as atividades de referência, fornecidas pelo PNI, demonstrando concordância com os resultados.

Esta observação pode ser considerada um forte indicativo da eficácia da curva de

autoabsorção, ocasionada pela massa da amostra analisada, na correção dos efeitos da atenuação de energia.

CONCLUSÕES

As curvas de autoabsorção elaboradas mostraram-se eficazes na correção das atividades alfa e beta totais, o que pode ser notado pela proximidade dos dados em comparação com os valores de referência. Estudos mais aprofundados, a respeito da solução salina utilizada, podem ser realizados, além de maiores investigações sobre os efeitos da determinação da eficiência em detectores proporcionais a gás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Santos, F. P. C. Radionuclídeos Naturais em Águas Minerais Comercializadas na Cidade de Recife. Dissertação de Mestrado, UFPE, 2010.
- [2] Pereira, W. S.; Kelecom A.; Pereira J. R. S. Brazilian Journal of Radiation Sciences. v. 03-01, p. 01-10, 2015.
- [3] Mingote R. M.; Costa H. F. da C.; Vavassori G. Determinação de Atividades Alfa e Beta Total em Água Para Consumo Humano Por LSC. Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica, 2013.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ/FAPEMIG

Validação de metodologia para determinação de selênio por HG-AAS

Gabriele Ricarte de Souza, Rodrigo Leandro Bonifácio, Ariadne Missoni Brondi
Comissão Nacional de Energia Nuclear - Laboratório de Poços de Caldas (CNEN/LAPOC)

INTRODUÇÃO

O selênio (Se) é um micronutriente essencial a todas as formas de vida, porém a margem entre os níveis essencial e tóxico é muito estreita. Por possuir alto potencial de bioacumulação, o Se é altamente tóxico aos ecossistemas, o que torna o seu monitoramento relevante [1].

A espectrometria de absorção atômica por geração de hidretos (HG-AAS) é uma das técnicas que pode ser usada na determinação deste elemento. Fundamenta-se na conversão do analito em seu respectivo hidreto gasoso, que por sua vez é transportado ao sistema de atomização por um gás inerte, possibilitando a separação prévia do analito dos demais constituintes da matriz. Ressalta-se que uma etapa crítica no processo de determinação de Se está relacionada com a abertura da amostra, uma vez que podem ocorrer perdas durante o processo a seco, ou os ácidos e matéria orgânica remanescentes na via úmida podem gerar interferência na geração de hidretos. Desse modo, o estudo do efeito de matriz torna-se crítico para avaliar o desempenho de metodologia analítica desenvolvida para a determinação de Se.

A validação de um método analítico visa confirmar que o método é adequado para o uso pretendido. Deve ser realizada toda vez que forem realizadas modificações na metodologia, ou quando a mesma for utilizada fora do escopo para os qual foi concebida.

O LAPOC possui acreditação desde janeiro de 2017 na norma ISO/IEC 17025 para a determinação de Se em amostras de água e sedimento, exigindo a melhoria constante e consequente validação da mesma.

OBJETIVO

Realizar ensaios de validação de método de determinação de selênio em amostras ambientais pela técnica de absorção atômica por geração de hidretos (HG-AAS).

METODOLOGIA

As amostras utilizadas na validação da metodologia para determinação de Se são de água bruta, água residual, água tratada, água para consumo humano e sedimento. A primeira etapa da metodologia envolve a abertura das amostras. As amostras de água foram abertas por meio de digestão cloro-nítrica [2] e as amostras de sedimento foram abertas em forno digestor por micro-ondas [3]. Em seguida fez-se a redução do Se (VI) a Se (IV) transferindo alíquotas de 1 a 20 mL das amostras digeridas para béqueres, adicionando 10 mL de HCl e levadas ao banho termostático a 60°C por 30 min. Ao final, o volume foi ajustado a 50 mL. Por fim as amostras foram levadas à leitura no HG-AAS, utilizando soluções de HCl 10 mol.L⁻¹ e NaBH₄ 1% em NaOH 0,5%.

Durante a validação foram avaliados os seguintes parâmetros: robustez, linearidade/faixa de trabalho, limite de detecção e limite de quantificação, exatidão, precisão e seletividade.

A robustez foi avaliada por meio do método de Youden, sendo as 7 variáveis estudadas: temperatura do banho (70 e 50 °C), tempo de aquecimento no banho (35 e 25 min), tempo decorrido entre o banho e leitura (2h e imediato), concentração de NaBH₄ (1,50 e 0,50%), concentração de NaOH (0,80 e 0,30%), Volume de HCl na etapa de redução do Se (VI) a Se (IV) (20 e 10 mL) e solução de lavagem entre leituras

(HCl 10% e água). A linearidade foi avaliada por meio de 3 medidas independentes em 5 níveis de concentração, sendo considerado como limite de quantificação o menor nível da curva. Foram avaliadas a ausência de outliers (teste de Grubbs) e a homogeneidade das variâncias (teste de Cochran). A exatidão e seletividade foram avaliadas por meio de ensaios de adição e recuperação de padrão de Se às amostras em 3 níveis de concentrações. A precisão por meio da repetibilidade entre os resultados de 5 medições independentes em 3 níveis da curva.

RESULTADOS

A robustez de um método analítico é a capacidade do método não ser afetado por pequenas variações nos parâmetros de execução do método [4]. Dos parâmetros estudados o único que apresentou efeito significativo e, portanto, necessita de controle, é a concentração da solução de NaBH_4 . Por isso recomenda-se que uma única solução seja utilizada do começo ao fim da rotina analítica.

A metodologia apresentou linearidade de 2 a 10 $\mu\text{g.L}^{-1}$, com coeficiente de correlação $r^2 > 0,995$ ($r^2 = 0,9994$; $0,9989$; e $0,9974$), com variâncias homogêneas e ausência de valores discrepantes. Os limites de detecção e quantificação foram 0,66 e 1,44 $\mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente, estimados a partir do desvio-padrão de 10 leituras do branco. Foi adotado como limite de quantificação o menor ponto da curva de calibração, 2 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

A precisão, exatidão e seletividade foram avaliadas por meio da adição e recuperação de padrão em 3 níveis da curva (2; 4 e 8 $\mu\text{g.L}^{-1}$, para as amostras de água, e 10, 20 e 40 mg.kg^{-1} , para as amostras de sedimento) em quintuplicata, apresentando valores de desvio-padrão relativo (DPR) de 0,7 a 9,3% e recuperação de 91 a 104%. Os valores de DPR e recuperação obtidos para as matrizes disponíveis, nos níveis testados, atendem aos

critérios de aceitação sugeridos pelo DOC-Cgcre-008 de 2018.

Os valores de r^2 (0,9903 a 0,9930) e *slope* (0,97 a 1,04) da correlação entre as concentrações de padrão adicionadas às matrizes e as concentrações encontradas, indicam que não há efeito de matriz para a determinação de Se nas amostras estudadas.

CONCLUSÕES

A metodologia para determinação de Se utilizada pelo LAPOC foi devidamente validada para análise de amostras de água e sedimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[167]Tan, L. C.; Nancharaiah, T. V.; van Hullebusch, E. D.; Lens, P. N. L. *Biotechnology Advances*, 34, 886, 2016.

[168]Standard Methods for Examination of Waters & Wastewater, 22 ed., 3030F – Nitric Acid – Hydrochloric Acid Digestion, 2012.

[169]EPA. SW-846 Method 3051A: Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils, 2007.

[170]DOC-Cgcre-008 – Orientação sobre validação de métodos analíticos – Rev. 07, 2018.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq.

Readequação de metodologias científicas para o cultivo de daphnídeos em laboratório de ecotoxicologia de radionuclídeos, após mudança de infraestrutura

Janaina Magalhães Flor E Heliana de Azevedo Franco do Nascimento
Laboratório de Poços de Caldas/Comissão Nacional de Energia Nuclear – LAPOC

INTRODUÇÃO

Diferentes organizações internacionais, a exemplo da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) e a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), têm reconhecido a necessidade de garantir que o homem, assim como o ambiente estejam adequadamente protegidos dos efeitos das radiações ionizantes, procedentes de lançamentos controlados de efluentes radioativos em instalações nucleares. Esta atual abordagem de proteção radiológica ambiental, encontra respaldo na aplicação da Ecotoxicologia, ciência que estuda efeitos dos diferentes agentes tóxicos, sobre organismos presentes em ecossistemas. Recentemente, artigo publicado na “Nature/Scientific Reports” [1] pelo Setor de Radioecologia/LAPOC, registrou pela primeira vez na literatura que espécie bioindicadora nativa da América do Sul, apresentou sensibilidade cerca de 10 vezes maior aos efeitos tóxicos agudos de efluentes radioativos tratados, lançados no ambiente por mineração de urânio (Unidade de Tratamento de Minérios - UTM), quando comparado aos resultados obtidos com espécie exótica. Assim, para dar continuidade a esta linha de pesquisa, o presente estudo foi realizado para readequação de metodologias científicas, aplicadas a testes de toxicidade, no novo Laboratório de Ecotoxicologia de Radionuclídeos/LAPOC. Espera-se com os resultados, propiciar condições para execução das atividades experimentais previstas na dissertação de mestrado intitulada: “Avaliação sazonal do potencial de toxicidade crônica de efluentes radioativos da UTM (Caldas-MG) para *Daphnia magna* e *Ceriodaphnia silvestrii*”.

OBJETIVOS

1) Realizar cultivo dos daphnídeos *C. silvestrii* [2] e *D. magna* [3] reimplantando condições laboratoriais após mudança para o novo Laboratório de Ecotoxicologia de Radionuclídeos; 2) Descrever metodologias em Formulários do Sistema de Garantia da Qualidade/LAPOC; 3) Realizar ensaios de sensibilidade com substâncias de referência.

METODOLOGIA

Reimplantação de metodologias de cultivo de daphnídeos

Realizou-se cultivo de *C. silvestrii* [2] e *D. magna* [3], bem como testes de crescimento e reprodução. Utilizou-se $K_2Cr_2O_7$ (0,25 - 2,5mg/L) para *D. magna* [3], e NaCl (0,15 - 1,8g/L) para *C. silvestrii* [2], como substâncias de referência em testes de sensibilidade.

Descrição de métodos científicos - sistema de qualidade/LAPOC

Métodos científicos do Laboratório de Ecotoxicologia de Radionuclídeos foram descritos em formulários oficiais do sistema de qualidade/LAPOC.

RESULTADOS

Testes de Sensibilidade

TABELA 1. Testes de Sensibilidade Para *D. magna*. Infraestrutura Nova

K ₂ Cr ₂ O ₇ (mg/L)	Indivíduos móveis (n°) ± dp	K ₂ Cr ₂ O ₇ (mg/L)	Indivíduos móveis (n°) ± dp
Testes preliminares		Resultados atuais	
0,0*	20 ± 0	0,0*	20 ± 0
1,0	9 ± 1	0,25	14 ± 7
1,25	1 ± 0	0,75	10 ± 1
1,5	0	1,0	6 ± 4
2	0	1,25	3 ± 2
2,25	0	1,5	0
2,5	0	1,75	0

n=3; *: teste controle.

Infraestrutura antiga: EC₅₀ 48h para *D. magna* = 1,44mg/L.

Crescimento e reprodução

Na Infraestrutura antiga *D. magna* apresentou crescimento e reprodução satisfatórios, já no Laboratório novo, houve mortalidade elevada e machos na cultura. A Figura 1 mostra a solução para o problema: definido período entre a 4^o e 5^o ninhadas sem machos e adequado para início de cultivos.

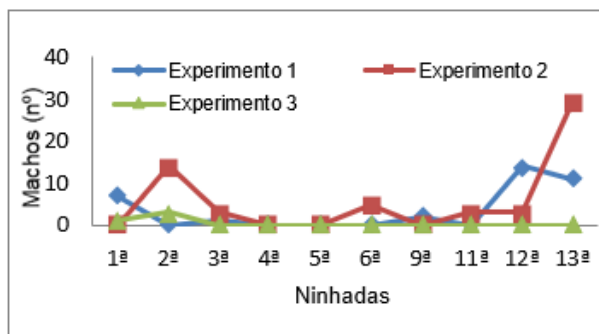


Figura 1. Relação Entre Ninhada Para Início de Cultura de *D. magna* e Presença de Machos.

Descrição de métodos científicos

Foram elaborados e ratificados pelo gerente de qualidade/LAPOC 10 formulários descrevendo metodologia científica: PN/LAPOC 2000 a PN/LAPOC 2009.

CONCLUSÕES

A maior parte das metodologias científicas do Laboratório de Ecotoxicologia de Radionuclídeos foram descritas de acordo com o sistema de qualidade do LAPOC; e também puderam ser readequadas para a nova infraestrutura, viabilizando o início das atividades experimentais previstas em dissertação de mestrado. Um trabalho científico vai muito além dos experimentos laboratoriais. Para que ele ocorra da melhor maneira possível, é necessário que as metodologias científicas sejam seguidas e, caso haja alguma mudança de infraestrutura laboratorial, torna-se extremamente necessária a reavaliação e reimplantação dos métodos existentes, antes da retomada das atividades experimentais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FERRARI, C. R. et al. Nature/Scientific Reports, volume 7, open, Article number: 13919, 2017.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13373: Ecotoxicologia aquática-Toxicidade crônica- Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustácea, Cladocera), ABNT, Rio de Janeiro, 2017.
- [3] Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 12713: Ecotoxicologia aquática-Toxicidade aguda- Método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustácea, Cladocera), ABNT, Rio de Janeiro, 2016.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ - FAPEMIG.

Análise de Pb-210 vs análise de Po-210 em geocronologia de sedimentos: vantagens e desvantagens

Marcela Corrêa de Figueiredo, Nivaldo Carlos da Silva
Laboratório de Poços de Caldas/Comissão Nacional de Energia Nuclear – LAPOC/CNEN

INTRODUÇÃO

Convencionalmente utiliza-se a determinação do Pb-210 por espectrometria de raios gama nos estudos de geocronologia de sedimento (determinação de taxa de sedimentação e idade das camadas) [1]. Essa abordagem apresenta como maior vantagem à análise sem a abertura química da amostra, o que reduz significativamente o trabalho laboratorial além de reduzir o risco de erros de análise [2].

Como desvantagem a técnica apresenta limite de detecção muito elevado decorrente da pequena quantidade de amostra disponível para análise, uma vez que o perfil foi fatiado a cada 1 ou 2 cm de profundidade. Para contornar essa deficiência normalmente utiliza-se tempo de contagem elevado, cerca de 2 ou 3 dias.

Esta deficiência muitas vezes torna impraticável a análise, pois um perfil de 50 cm de profundidade levaria mais de 5 meses de análise, com elevado custo.

O Po-210 é um produto de decaimento do Pb-210 com meia vida de 138 dias. Normalmente em amostras de sedimentos ele encontra-se em equilíbrio radioativo secular com seu pai. Desta forma uma opção seria a sua determinação por espectrometria alfa [3].

A principal vantagem desta abordagem é a análise em grande quantidade de amostras uma vez que os espectrômetros alfa costumam muito menos que os espectrômetros gama. Normalmente os laboratórios de espectrometria alfa possuem vários detectores funcionando em operação simultânea. Além disso, a espectrometria alfa apresenta limite de detecção e incerteza muito inferiores a da espectrometria gama.

Como desvantagem a digestão da amostra e a deposição eletrostática do Po-210 é uma técnica refinada e depende de técnicos altamente capacitados. O tempo dispendido em laboratório de via úmida também é outro ponto fraco do método.

Neste trabalho aplicou-se as duas metodologias em um estudo de caso do sedimento do Planalto de Poços de Caldas.

OBJETIVOS

- Aplicar a técnica de espectrometria alfa para Po-210 na geocronologia de sedimento do Planalto de Poços de Caldas.
- Comparar os resultados obtidos com os encontrados usando a espectrometria gama para a determinação do Pb-210.

METODOLOGIA

1. Coleta das amostras

Foi utilizado amostrador tipo Kaijac para coletar dois perfis de sedimento na represa Bortolan-Poços de Caldas (MG), cada core foi fatiado em intervalo de dois centímetros.

2. Preparação das amostras

As amostras coletadas foram levadas ao laboratório secando-as a 60 °C até massa constante e, posteriormente fez-se a desagregação das mesmas.

Para espectrometria gama acondicionaram-se as amostras em placas de petri de poliestireno de 49 x 13 mm. Após selagem das amostras com clorofórmio esperou-se 20 dias antes da análise em um espectrômetro gama, para que ocorra o equilíbrio radioativo entre o Ra-226 e Pb-214.

3. Digestão química e deposição eletrolítica do Po-210.

A digestão das amostras foi realizada em forno micro-ondas, conforme o PN-LAPOC 7003. Para tal foi utilizado 0,5 g de sedimento, o traçador de Po-209 e 10 ml de HNO₃ concentrado. Após a digestão por 1 hora em uma temperatura de 175 °C a solução foi filtrada em papel faixa branca.

Posteriormente, foi filtrado novamente em 0,45 µm e adicionou-se 1 ml de bismuto, 5 ml de citrato de sódio 25 %, 5 ml de cloridrato de hidroxila e HCL 1,5 M em um béquer contendo uma célula de eletrodeposição com placa de prata [3].

Este processo foi realizado a 80°C, com agitação constante por 8 horas. A placa foi retirada do béquer e seca sendo levada em seguida ao espectrômetro alfa para análise.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos na análise de Po-210 por espectrometria alfa e de Pb-210 por espectrometria gama das 6 primeiras frações do primeiro core (B1). As demais camadas e o segundo core (B2) encontram-se em fase de análise.

TABELA 1. Determinação da Concentração de Po-210 e Pb-210 no Perfil #1 da Represa Bortolan (Poços de Caldas- MG)

P (cm)	Concentração Po-210 (Bq/kg)	RQ (%)	Concentração Pb-210 (Bq/kg)	Concentração Ra-226 (Bq/kg)
2	355±12	51	363±42	194±13
4	345±12	48	319±42	180±13
6	335±11	51	355±64	204±15
8	338±20	17	365±62	205±14
10	325±13	40	321±60	206±14
12	340±13	38	312±56	198±14

RQ Rendimento químico

P = Profundidade

Realizou-se teste t-Student para os valores obtidos na tabela 1 para verificar se há diferença significativa entre as duas metodologias. O teste mostrou um valor de $t = 0,95$, que é inferior ao $t_{critico} = 2,2$ para uma distribuição bicaudal com 11 graus de liberdade. Portanto os valores obtidos pelas duas

técnicas não são significativamente diferentes ao nível de confiança de 95 %.

CONCLUSÕES

Podemos verificar que no momento as técnicas aplicadas mostraram-se satisfatórias, contudo para obter resultados mais precisos e consolidar a documentação da metodologia da coleta de perfil, preparação e análise de Po-210 e Pb-210 em sedimento é necessário continuar com as análises no próximo core.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[171]Cazzoti, R. I. **Geocronologia de sedimentos recentes com ²¹⁰Pb: metodologia e critérios para sua aplicação em lagos e represas.** Tese (doutorado), Universidade Federal de São Carlos. 141f., 2003.

[172]Sabaris, T. P. P. **O método geocronológico do ²¹⁰Pb aplicado no estudo da taxa de sedimentação em uma porção da Bacia do Rio Atibaia (SP),** Tese (doutorado), Universidade Estadual Paulista, 152 f., 2010.

[173] El-Daoushy',F.; Olsson, K.. **Hydrobiologia**, v.214, p. 43-52, 1991.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG

Alternativas para controle de radônio em novas construções

Marcus Vinicius Silva Batista e Nivaldo Carlos da Silva
Laboratório de Poços de Caldas/Comissão Nacional de Energia Nuclear– LAPOC

INTRODUÇÃO

O radônio é um gás nobre, radioativo, incolor e inodoro, o seu isótopo mais conhecido é o Rn-222 que surge da cadeia de decaimento do urânio 238. Essa subcadeia de decaimento é a segunda principal causa de câncer de pulmão, já que o radônio e os seus filhos podem ser inalados e retidos no sistema respiratório fornecendo uma dose interna de radiação. [1].

Diversos organismos internacionais recomendam ações de prevenção em novas construções e remediação em construções antigas, visando reduzir a concentração deste gás principalmente em regiões com elevado potencial de radônio [2,3]. Uma das técnicas mais utilizadas é despressurização do solo onde a residência foi ou será construída [4]. Este procedimento apresenta baixo custo de instalação/manutenção e elevada eficiência de redução da concentração de radônio.

OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho foram:

i-) Revisão da literatura sobre as opções para controle de radônio em novas construções;

ii-) Revisão das recomendações nacionais e internacional para controle de radônio em novas construções;

iii-) Projetar (com especificação técnica) um sistema de despressurização passiva de solo, visando reduzir a entrada de radônio no ambiente construído sobre esta base.

METODOLOGIA

Permeabilidade do solo utilizando o Radon-JOK

O Radon-JOK é um equipamento portátil para medição in situ da permeabilidade do solo a gases, muito utilizado devido à sua robustez e simplicidade operação [5]. O gás presente no solo é extraído através de uma sonda, composta de uma “ponta solta” utilizada para realizar a penetração no solo até atingir uma profundidade de 80 cm, garantindo que não haja interferência do ar atmosférico. Abaixo da válvula está um recipiente de borracha sanfonada na posição vertical, com volume fixo de 2000 cm³, na qual são acoplados os pesos (um ou dois) para gerar a pressão negativa que extrai o gás do solo. O parâmetro obtido na medida é o tempo que o recipiente de borracha leva para ser totalmente preenchido.

Concentração de radônio utilizando câmara de ionização pulsada- AlphaGuard

A amostragem de radônio no solo é executada com a mesma sonda cravada para medição da permeabilidade. O monitor de radônio Alphaguard opera em fluxo contínuo e em tempo real, extraindo o ar intersticial do solo através da sonda.

O monitor AlphaGUARD PQ 2000 PRO (Genitron) opera baseado nos princípios de uma câmara de ionização pulsada. Antes da medição deve ser realizada a limpeza de sua cavidade passando ar atmosférico por cerca de 5 min. O equipamento foi instalado na tubulação entre a sonda e o Radon-JOK. Após despressurização do solo foram realizadas

10 leituras de concentração de radônio com intervalo de 1min. Após a medição foi realizada a limpeza da câmara do AlphaGuard, até o nível de background, passando ar atmosférico.

RESULTADOS

As medições de permeabilidade e de concentração de radônio intersticial foram realizadas dentro da propriedade LAPOC/CNEN, tomadas em malha triangular de 2,5 x 2,5 x 2,5 m. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Vazão (m³/s), Permeabilidade (x10⁻¹² m²), Concentração (kBq/m³) e Potencial de Radônio Para os Pontos Coletados.

	Q	K	C	RP
1	0,134	1,6	162	90
2	0,15	1,5	136	74
3	0,156	1,4	130	69
4	0,134	1,6	141	78

O Projeto, em escala piloto, de um sistema de depressurização passiva do subsolo está disposto nas Figuras 1 e 2.

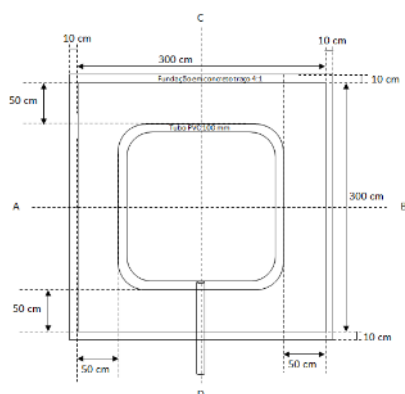
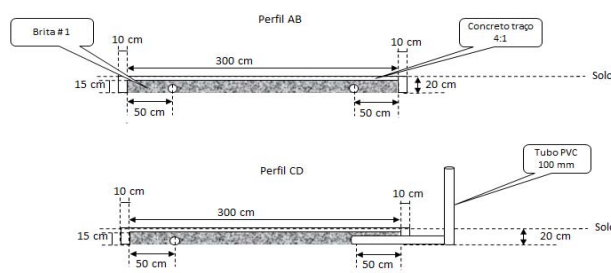


Figura 1. Planta Baixa do Sistema Passivo de Pressurização do Solo.

Figura 2: Perfis do Sistema Passivo de Pressurização do Solo.



CONCLUSÕES

A revisão da literatura permitiu verificar qual é o sistema mais eficaz para redução de radônio nas novas construções. Ela também permitiu projetar um sistema piloto adequada para teste aqui em nosso país. A execução do projeto especificado permitirá avaliar em campo a sua efetividade assim como os custos envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [174] Hajo Zeeb e Ferid Shannoun. Eds. Manual da OMS sobre radônio em ambientes internos: uma perspectiva de saúde pública, São Paulo, 2016.
- [175] International Commission on Radiation Protection. Radiological Protection Against Radon Exposure. Ann. ICRP. New York: ICRP Publication 126, 2014.
- [176] Agência Internacional de Energia Atômica. Development of educational resources on radon for health care providers.
- [177] ASTM: Radon Control Options for the Design and Construction of New Low-Rise Residential Buildings E1465 - 08a
- [178] RADON V.O.S., Radon-Jok Manual: Equipment for In Situ Permeability Measurements, Praga, República Checa.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Recuperação de urânio do resíduo do tratamento de águas ácidas por meio de lixiviação alcalina

Mariana Martins Dias e Henrique Takuji Fukuma
Laboratório de Poços de Caldas/Comissão Nacional de Energia Nuclear – LAPOC

INTRODUÇÃO

O principal combustível nuclear dos reatores de potência é o urânio, elemento radioativo e natural que ocorre nas formas isotópicas de ^{234}U , ^{235}U e ^{238}U .

O Brasil iniciou sua exploração em 1952 e detém hoje uma reserva de 309 mil toneladas de U_3O_8 . [1]. A Mina Osamu Utsumi localizada no Planalto de Poços de Caldas na cidade de Caldas (MG) deu início à produção do concentrado de urânio como DUA (diurato de amônio) em 1982, mas tiveram suas atividades cessadas em 1995. Entretanto, o passivo ambiental decorrente da geração de drenagem ácida dentro da cava da mina e dos bota-foras 4 e 8 (pilhas de resíduos de mineração) ainda está presente na instalação. A DAM ocorre em minerações que possuem em seu minério presença de minerais contendo sulfeto. O resultado da interação dos minerais de sulfeto juntamente com a água da chuva e oxigênio é a solubilização de metais como urânio, terras raras e ferro [2]. A instalação está em fase de descomissionamento e a água ácida vem sendo tratada com adição de cal hidratada e tem como subprodutos água para descarte e um resíduo alcalino, conhecido como DUCA. Esse resíduo contém concentrações economicamente viáveis de urânio e com isso, justifica-se o intuito desse estudo de recuperá-lo, já que uma das premissas da remediação ambiental é a retirada do DUCA da cava da mina.

OBJETIVO

Estudar as condições mais efetivas para realização da lixiviação alcalina do rejeito do tratamento da DAM a fim de se recuperar o urânio.

METODOLOGIA

1. Preparo da amostra e coleta

A fim de se conhecer melhor o resíduo, análises químicas foram realizadas na Comissão Nacional de Energia Nuclear pelo Laboratório de Poços de Caldas. A lama utilizada no estudo foi coletada na cava da mina da INB/UTM e foi seca, moída e homogeneizada antes da lixiviação.

2. Ensaio de lixiviação

Fatores como porcentagem de sólidos, temperatura, tempo de lixiviação e tipo de agente lixiviante foram testados e avaliados em duplicata para determinar as condições operacionais ótimas de lixiviação.

2.1. Porcentagem de Sólidos

Em todos os testes de lixiviação decidiu-se estabelecer 10% de sólidos, já que na bibliografia esse foi o valor mais eficiente para este parâmetro operacional [3], [4].

2.2. Agente Lixiviante

O agente lixiviante é o responsável por extrair o urânio presente no DUCA e deixá-lo solúvel para ser concentrado. Foram feitos testes para se definir qual agente ou qual combinação molar de agentes apresentasse maior solubilização de urânio:

- $[\text{NaHCO}_3] = 1;$ (1)

- $[\text{Na}_2\text{CO}_3] = 1;$ (2)

- $[\text{NaHCO}_3] = 1 + [\text{Na}_2\text{CO}_3] = 1,$ (3)

sendo testada 0,5 mol/L de cada e 1 mol/L de cada;

- $[\text{NaHCO}_3] = 3 + [\text{Na}_2\text{CO}_3] = 1;$ (4)

2.3. Temperatura

A temperatura aumenta a solubilização do urânio e otimiza o processo. Foram realizados testes a 25°C, a 50°C, a 70°C e a 90°C, mantendo o tempo de lixiviação em 4 horas e a relação molar do agente lixiviante em $[\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{NaHCO}_3]$ em 1:3.

2.4. Tempo

Determinar o tempo de lixiviação que apresente maior solubilização de urânio é muito importante, pois envolve questões como gastos energéticos, viabilidade do processo e outros. Para esse parâmetro, foi testada 1 hora, 2 horas, 4 horas e 6 horas, mantendo a temperatura em 70°C e a relação molar do agente lixiviante em $[\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{NaHCO}_3]$ em 1:3.

RESULTADOS

A análise química da lama foi feita por Espectrometria de Raio-X no Laboratório de Poços de Caldas tendo como resultado $(0,318 \pm 0,016)$ % de U_3O_8 em sua composição. Sua umidade também foi determinada obtendo-se valor de 29,7%.

A Figura 1 representa a curva de solubilização para cada parâmetro analisado, para os testes A e B.

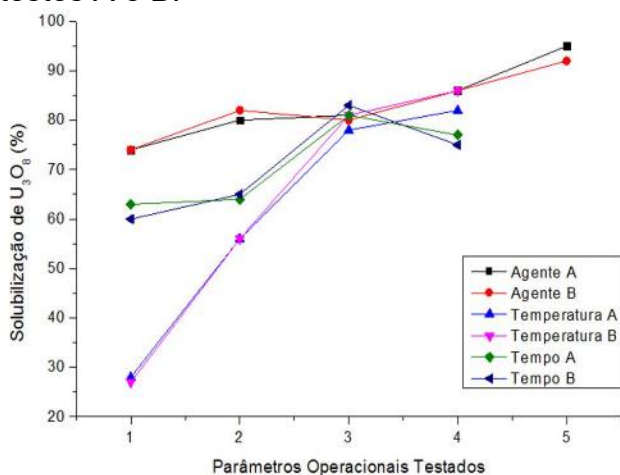


Figura 1. Curvas de Solubilização de U_3O_8 Para Cada Parâmetro.

Vale ressaltar que para o teste de temperatura, tem-se que para 90°C uma solubilização maior, porém ocorre muita evaporação necessitando de um controle de volume mais intenso. Outro ponto a ser ressaltado é a queda que se observa no gráfico de tempo de processo, podendo ser justificada pela mudança na relação de carbonato e bicarbonato quando se faz 6 horas de lixiviação, diminuindo a solubilização de urânio.

CONCLUSÕES

As condições operacionais otimizadas para a recuperação do urânio por lixiviação alcalina a serem adotadas são: solução contendo carbonato de sódio e bicarbonato de sódio, sendo a relação molar 1:3, tempo de lixiviação de 4 horas, 70°C de aquecimento e porcentagem de sólidos 10%. Nestas condições a recuperação de urânio obtida foi de 80%. Utilizando as condições operacionais obtidas, o estudo continuará visando aumentar a concentração final de urânio no licor esperando obter 1 g/L através de lixiviação em reciclo e posteriormente serão estudados e avaliados os processos para concentração do urânio e obtenção do diuranato de amônio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

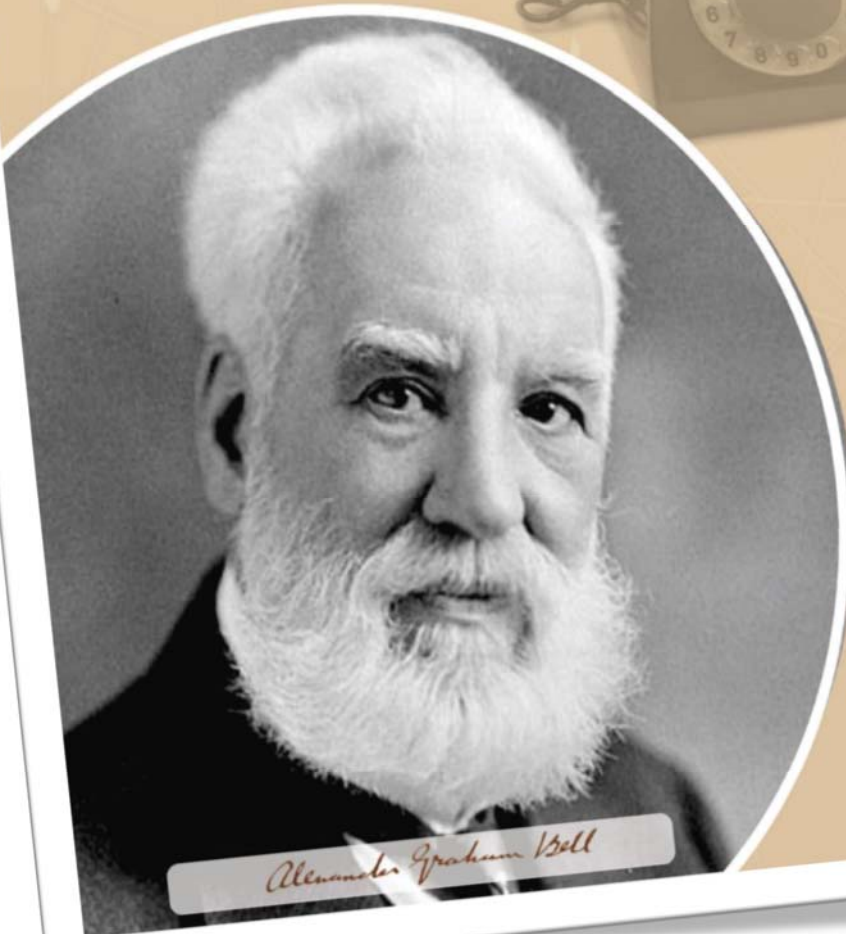
- [1]. Heider, M. Urânio. DNPM, p. 92, 2008.
- [2]. Cipriani, M. **Mitigação dos impactos sociais e ambientais decorrentes do fechamento definitivo de minas de urânio.** Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2002.
- [3]. Lima, P. **Recuperação de Urânio e Terras Raras do Resíduo Gerado do Tratamento de Águas Ácidas.** [s.l: s.n.], Poços de Caldas, 2014.
- [4]. Dos Santos, E. A. **Recuperação de Urânio de Rejeito de Mina Por Meio de Lixiviação Alcalina.** [s.l: s.n.], Belo Horizonte, 2010.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ – FAPEMIG.

CTMSP

Centro Tecnológico da Marinha
em São Paulo



Alexander Graham Bell

A invenção que mudou a história da humanidade
(Homenageado de 2018)

ALEXANDER
ALEXANDER
GRAHAM BELL
(1847-1922)

o inventor do telefone

Análise de Sensibilidade Utilizando o Código de Desempenho de Combustível

Ana Carolina Bortoletto Dantas e Cláudia Giovedi Motta
Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo - CTMSP

INTRODUÇÃO

Uma parte importante do processo de licenciamento de combustíveis nucleares baseia-se na comparação entre resultados experimentais e previsões teóricas, as quais são realizadas por meio de códigos computacionais. Dentre eles, destaca-se o código FRAPCON, aprovado pela NUREG para o licenciamento de combustíveis de reatores refrigerados a água leve (reatores PWR e BWR) em estado estacionário.

O FRAPCON recebe informações sobre a geometria e composição do combustível, condições de contorno presentes no núcleo e dados na operação do reator, aplicando em seguida modelos matemáticos que representam os diferentes fenômenos ocorridos e fornecendo como dados de saída informações de interesse, como a temperatura do combustível, a liberação de gases de fissão, deformações do revestimento da vareta combustível etc. [1]

Sabe-se, no entanto, que os dados de entrada fornecidos ao código estão sujeitos a incertezas, e que o desempenho do código também está fortemente associado aos modelos adotados. Desta forma, faz-se necessário investigar qual o efeito das incertezas dos parâmetros de entrada sobre os resultados obtidos.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise de sensibilidade utilizando o código FRAPCON, buscando identificar quais são os fatores de entrada que têm maior influência nos parâmetros obtidos como resultado.

METODOLOGIA

Inicialmente foram definidas as variáveis de entrada a serem investigadas, dividindo-as em dois grupos. O primeiro grupo se refere a variáveis de fabricação da vareta combustível:

- ⇒ diâmetro externo do revestimento (dco)
- ⇒ espessura do revestimento (thkcl) d
- ⇒ largura do *gap* entre o revestimento e a pastilha combustível (thkgap)
- ⇒ porcentagem de enriquecimento de urânio (enrch)
- ⇒ densidade das pastilhas (porcentagem em relação à densidade teórica) ; (den)
- ⇒ pressão interna da vareta. (fgpav)

O segundo grupo consiste no viés dos modelos teóricos de cálculo da

- temperatura (sigftc)
- expansão térmica (sigftex)
- liberação de gás (sigfgr)
- inchamento da pastilha (sigswell)
- deformação do revestimento por fluência (sigcreep)
- deformação axial (siggro)
- corrosão (sigcorr)
- absorção de hidrogênio no revestimento (sigh2)

Os nomes entre parêntesis se referindo aos nomes das variáveis utilizados no arquivo de entrada.

Em seguida, os valores dessas variáveis foram definidos de acordo com experimentos de referência disponibilizados no manual do FRAPCON. Uma distribuição normal foi

gerada em torno dos valores nominais, obedecendo a limites superior e inferior correspondentes às tolerâncias de fabricação, de forma a se obter 200 valores para cada variável. Foi construído então um script do GNU Octave que gera arquivos de entrada para o FRAPCON, substituindo os valores nominais pelos valores aleatoriamente gerados.

Para cada um desses arquivos de entrada, o FRAPCON foi executado, e os resultados considerados mais importantes – a temperatura máxima alcançada pelo combustível, a pressão máxima dentro da vareta combustível e a porcentagem de liberação de gás – foram armazenados.

Ao final, foi realizada uma correlação entre cada variável de entrada (Xi) e de saída (Yj) pela fórmula da correlação de Pearson:

$$\rho_{ij} = \frac{\text{cov}(X_i, Y_j)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (1)$$

Onde cov é a covariância entre os valores, e σ representa o desvio padrão. [2]

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra as correlações obtidas para as variáveis consideradas. Uma correlação com valor absoluto igual a 1 representa grandezas dependentes entre si, enquanto que o valor zero indica que o parâmetro de entrada considerado não afeta a saída em questão. Os valores destacados mostram grandezas com correlação acima de 50%.

A densidade do combustível é – dentre os fatores considerados – o que influencia mais fortemente a liberação dos gases de fissão, sendo que o coeficiente negativo indica que quanto maior a densidade, menor será a liberação de gases. O fator dominante quanto à pressão do interna é a pressão inicial da vareta, e a temperatura máxima do combustível é afetada diretamente pela

abertura do *gap* e inversamente pela espessura do revestimento.

Tabela 1: Correlação entre parâmetros de entrada do FRAPCON e os parâmetros de saída considerados.

Saída \ Entrada	Liberação de Gás	Pressão no Plenum	Temperatura Máxima
dco	-0,012	0,100	-0,088
thkcl	0,024	0,003	-0,511
thkgap	0,265	0,169	0,995
enrch	0,056	0,084	-0,017
den	-0,889	-0,187	-0,042
fgpav	0,130	0,941	-0,143
sigftc	0,044	-0,116	-0,042
sigftex	-0,036	-0,014	0,024
sigfgr	-0,004	0,088	0,177
sigswell	-0,005	-0,054	0,056
sigcreep	0,063	-0,006	-0,022
siggro	0,082	0,011	0,050
sigcorr	0,057	-0,070	0,043
sigh2	0,030	0,097	0,042

CONCLUSÕES

Foi observado que as incertezas de modelo têm um peso muito menor do que as incertezas de parâmetros de fabricação, podendo ser ignoradas em análises futuras em prol do teste de outros parâmetros. Outro desenvolvimento possível seria testar a existência de correlações de segunda ordem entre os fatores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NUREG/CR-7022. “FRAPCON-3.5: A Computer Code for the Calculation of Steady-State, Thermal-Mechanical Behavior of Oxide Fuel Rods for High Burnup”. Vol. 1, Rev. 1. Washington, 2014
- [2] BLYTH, T. “Fuel Performance Code Benchmark For Uncertainty Analysis in Light Water Reactor Modeling.” Pennsylvania, 2012.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ/PIBIC

Caracterização e Qualificação de Liga Ag/In/Cd de Grau Nuclear

Debora Alves Pereira e Dra. Claudia Giovedi Motta

Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo – CTMSP

INTRODUÇÃO

A liga de prata-índio-cádmio (Ag/In/Cd) é utilizada como material absorvedor em elementos de controle de reatores nucleares devido à alta seção de choque para absorção de nêutrons de seus componentes.

Em reatores refrigerados a água pressurizada tipo PWR, a liga Ag/In/Cd é utilizada na forma de barra contendo aproximadamente 80% de prata, 15% de índio e 5% de cádmio. A barra é encapsulada em tubos metálicos, os quais compõem o conjunto do elemento de controle.

Para ser aplicada com este propósito, a barra de liga Ag/In/Cd deve apresentar uma composição homogênea ao longo de toda a sua extensão, a fim de assegurar seu comportamento adequado dentro do reator. A metodologia normalizada para determinar o teor de prata, índio e cádmio na liga de grau nuclear é a titulação potenciométrica e complexométrica [1].

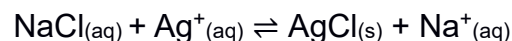
OBJETIVO

O objetivo do projeto é qualificar a metodologia de análise química aplicada à caracterização de liga Ag/In/Cd para ser usada em barras de controles em reatores do tipo PWR.

METODOLOGIA

A metodologia estabelece a titulação potenciométrica para a determinação do teor de prata e a titulação complexométrica para determinação dos teores de índio e de cádmio. Para a realização das análises, a amostra da liga ternária é dissolvida em ácido nítrico e diluída em volume

determinado para posteriormente serem realizadas as titulações. Para a concentração de prata é medido o potencial (mV) a partir de um eletrodo de íon seletivo para cloreto em função do volume de reagente adicionado. A prata reage com o NaCl formando o precipitado cloreto de prata, conforme reação abaixo:



O ponto de equivalência é determinado graficamente pela curva potencial (mV) x volume de titulante (mL), sendo o volume do titulante no ponto de equivalência correspondente ao conteúdo de prata.

A solução resultante da titulação da prata é fervida para coagular o precipitado formado, e prosseguir com a titulação colorimétrica do índio e do cádmio. O pH é ajustado na faixa que cada elemento complexa com EDTA e o analito é titulado, sendo o primeiro o índio e, posteriormente, o cádmio.

Para determinar quantitativamente os teores de índio e cádmio, utiliza-se os princípios da titulação de complexação, na qual a formação do complexo entre o analito e o titulante é usado para indicar o ponto final da titulação, indicado pelo indicador PAN o qual reage com o complexo mudando a cor da solução de purpura para amarela, Figura 1. A reação da formação do complexo é dada como:

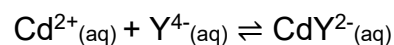
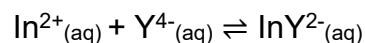




Figura 1: Coloração da solução no ponto de viragem

RESULTADOS

As soluções dos titulantes EDTA e NaCl foram calibradas para calcular os fatores de calibração para a prata, o índio e o cádmio usando a seguinte equação:

$$F_x = \frac{mg\ de\ X\ em\ aliquota\ do\ padrão\ de\ calibração}{ml\ de\ solução\ padrão\ de\ T\ adicionada}$$

Sendo:

X = Metal (Ag, In ou Cd)

T = Titulante (NaCl ou EDTA)

Obtendo-se os fatores da Tabela 1.

Tabela 1 – Fatores de calibração dos padrões

Prata (Ag)	Índio (In)	Cádmio (Cd)
5,49	1,17	1,10

Os teores de Prata-Índio-Cádmio nas amostras foram calculadas usando a seguinte equação:

$$X\% = mL\ do\ titulante \times F_x \times 10^3 / M$$

Sendo:

X = Metal (Ag, In ou Cd)

M = Massa da amostra pesada em mg

Inicialmente, realizou-se três titulações com a amostra obtendo-se os seguintes teores médios e seus respectivos desvios padrões, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Teores da liga de Ag/In/Cd

Metal	Ag	In	Cd
Teor médio (%)	79,17	14,88	5,1
Desvio padrão	0,09	0,04	0,2

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, conforme Tabela 2, o desenvolvimento do procedimento demonstrou que o método de análise titulométrica fornece resultados confiáveis, com precisão compatível com a tolerância requerida para a composição da liga, teor de $15,00 \pm 0,25\%$ para o índio, $5,00 \pm 0,25\%$ para o cádmio e o remanescente, tirando todas as impurezas, para a prata, com uma composição máxima de $80,50\%$ e mínima de $78,94\%$ [2]. Dessa forma, os resultados obtidos são satisfatórios, tornando possível a qualificação da metodologia para aplicação em processo de fabricação das barras de Ag/In/Cd de grau nuclear.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM C760 – 90 (2015). Standard Test Methods for Chemical and Spectrochemical Analysis of Nuclear-Grade Silver-Indium-Cadmium Alloys.

[2] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM C752 – 13 (2016). Specification For Nuclear-Grade Silver-Indium-Cadmium Alloy.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Bolsa PIBIC.

Estudo de corrosão do aço maraging 300 por técnicas eletroquímicas

Juliana Camargo e Renata Mayumi Saito
Centro Tecnológico da Marinha de São Paulo

INTRODUÇÃO

Os aços maraging referem-se aos aços martensíticos endurecíveis por precipitação (envelhecimento). Dentre eles, existe um grupo baseado no sistema Fe-Ni-Mo desenvolvido a partir do princípio de endurecimento proporcionado pela interação Co-Mo. Um dos mais recentes aços desse grupo é o aço maraging 300, no qual o número 300 refere-se ao valor de seu limite de escoamento nominal em unidade ksi, na condição envelhecida.

Os aços maraging têm grande relevância em indústrias aeronáuticas, nucleares e aeroespacial devido à sua excelente tenacidade, resistência mecânica e a boa soldabilidade [1].

OBJETIVO

O estudo propõe caracterizar o aço maraging 300 por meio de análises química e metalográfica e, também, estudar o comportamento corrosivo em meio ácido desse aço submetido a tratamentos térmicos diferentes.

METODOLOGIA

As amostras de aço maraging 300 foram duplamente solubilizadas a 900 °C por 1 h e o tratamento térmico de envelhecimento foi realizado a 480 °C por 6 horas.

Para a caracterização metalográfica, a microestrutura da amostra foi revelada com reagente Marble. Para análise de contorno de grão, foi utilizado ataque eletroquímico em solução de trióxido de cromo 10% aplicando uma densidade de corrente de 0,1 A/cm² durante 4 minutos e as imagens foram obtidas em microscópio óptico (Axio Imager M2m, Zeiss). Para cálculo de tamanho médio de grão, empregou-se o método de interseptos da norma ASTM E112-13 [2].

Para análise do comportamento de corrosão, foram realizados ensaios eletroquímicos com o Potenciostato/Galvanostato Autolab PGSTAT 302N (Metrohm). Como eletrodo de trabalho, utilizou-se amostras de aço maraging 300 nas condições solubilizada e/ou envelhecida, embutida em baquelite, lixada e polida com pasta de diamante até granulometria de 3 µm (área de trabalho 1,5 cm²). Eletrodos de Ag/AgCl e Pt foram utilizados como referência e contra-eletrodo, respectivamente. O método de extrapolação da reta de Tafel foi empregado para calcular o potencial, a corrente e a taxa de corrosão da amostra em diferentes concentrações de ácido sulfúrico.

RESULTADOS

Na microestrutura da amostra solubilizada foi possível observar a estrutura martensítica típica do aço maraging (Figura 1A) e na revelação dos contornos de grão um tamanho médio de grão de 31,8 µm (Figura 1B).

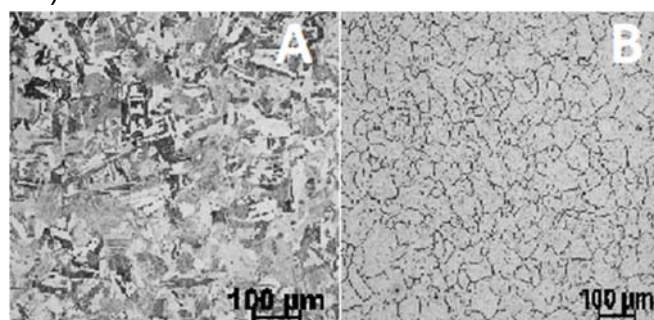


Figura 1. Imagens da amostra solubilizada obtidas no microscópio óptico: microestrutura (A) e contorno de grão (B).

A Figura 2 mostra uma curva de polarização potenciodinâmica do aço maraging 300 solubilizado em meio de ácido sulfúrico 1,5 mol/L. Nesse gráfico, percebe-se que, entre A e B, há uma região ativa, onde ocorre corrosão do material, em C uma região de pseudo-passivação e na região D ocorre a quebra da camada passiva com evolução de O₂.

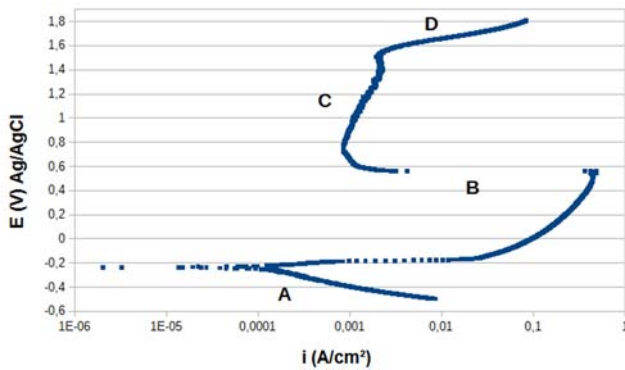


Figura 2. Curva de polarização em aço maraging 300 solubilizado (H_2SO_4 1,5 mol/L, 1 mV/s.)

As Figuras 3 e 4 apresentam as curvas de polarização na região ativa das amostras solubilizada e envelhecida, respectivamente, em solução de diferentes concentrações de ácido sulfúrico.

As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados de corrente, potencial e taxa de corrosão obtidos a partir dessas curvas. Os dados sugerem que a concentração de ácido no meio influencia nos parâmetros de corrosão, porém não foi possível perceber uma tendência de alteração nos valores obtidos em função do pH para a amostra solubilizada. Já na envelhecida, nota-se que ocorre redução do potencial de corrosão e aumento da corrente e da taxa de corrosão em função do aumento da concentração. Além disso, observa-se que a taxa de corrosão na amostra envelhecida é consideravelmente maior do que na solubilizada.

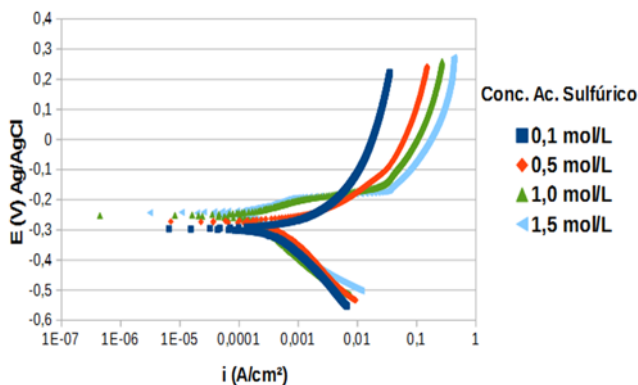


Figura 3. Curvas de polarização em aço maraging 300 solubilizado em diferentes concentrações de ácido sulfúrico. Velocidade de varredura 1 mV/s.

TABELA 1. Potencial, corrente e taxa de corrosão obtidos para o aço maraging 300 solubilizado.

$[H_2SO_4]$ (mol/L)	E_{cor} (mV)/Ag/AgCl	I_{cor} (mA/cm ²)	Taxa _{cor} (mm/ano)
0,1	-295,5	0,34	3,9
0,5	-280,6	0,38	4,4
1,0	-241,4	0,20	2,3
1,5	-247,4	0,17	1,8

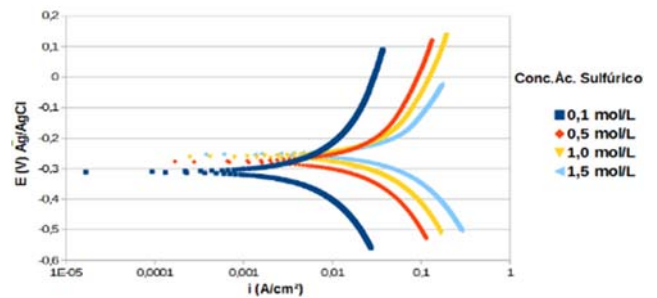


Figura 4 – Curvas de polarização em aço maraging 300 envelhecido em meio de ácido sulfúrico. Velocidade de varredura 1mV/s.

TABELA 2. Potencial, corrente e taxa de corrosão obtidos para o aço maraging 300 envelhecido.

$[H_2SO_4]$ (mol/L)	E_{cor} (mV)/Ag/AgCl	I_{cor} (mA/cm ²)	Taxa _{cor} (mm/ano)
0,1	-306,8	2,4	28,3
0,5	-276,0	9,4	108,9
1,0	-261,1	12,8	149,2
1,5	-250,8	19,9	230,6

CONCLUSÕES

Por meio dos resultados, conclui-se que, embora o pH do meio possa influenciar no comportamento corrosivo do aço, o tipo de tratamento térmico realizado interfere mais significativamente nesse aspecto para o aço maraging 300.

REFERÊNCIAS

- [1] Kumar, P.; Shetty. A. N. Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 49, pp 253-260, 2013.
- [2] ASTM. Standard test methods for determining average grain size, ASTM E112-13, 2013.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – PIBIC.

Calibração e medição em laboratório de componentes mecânicos aplicados à área nuclear

Leticia Almeida de Lima e Claudia Aparecida Zerbinatti de Carvalho
Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP)

INTRODUÇÃO

A calibração de equipamentos e instrumentos de medição na área nuclear tem como objetivo dar validade aos componentes do reator fabricados em oficinas e laboratórios. Ao longo do seu uso, um equipamento de medição tende a degradar seu desempenho. Vale ressaltar que o erro de medição não depende só do equipamento, outros fatores como o método de medição, condições ambientais, padrão utilizado etc, também introduzem incertezas nas medições.

Nesse contexto, a medição de força da mola de uma grade espaçadora foi realizada para obter, por meio de parâmetros dimensionais, o valor da força aplicada na vareta combustível de um reator tipo PWR (*Pressurized Water Reactor*) sem ser necessária a aplicação de força direta, evitando assim a deformação da mola. Por meio de interpolações foi possível fazer uma relação entre a altura da mola medida em um projetor de perfil e a força obtida nos deslocamentos especificados em documento de projeto.

OBJETIVO

Realizar um estudo que avalie a implementação de um novo método de medição para a força da mola da grade espaçadora, devido ao método anteriormente utilizado ser extremamente trabalhoso e provocar a deformação plástica da mola antes de sua utilização.

METODOLOGIA

Para a determinação da transição da região elástico-plástica, adotou-se o critério de aplicar carga na mola, remover essa carga e verificar, por meio do relógio comparador, se a mola retorna para a posição original. O dispositivo utilizado para o ensaio das molas está esquematizado na Figura 1. Foi utilizado um projetor de perfil onde foram realizadas medições do topo da mola à superfície externa da tira, para assim no sistema de medição obter a força de mola final.

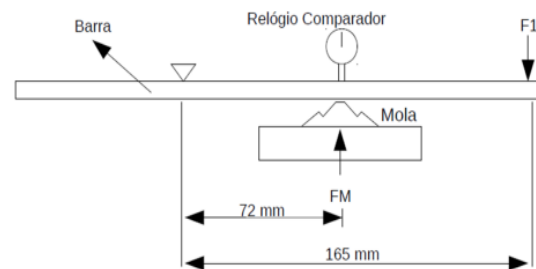


Figura 1 – Sistema de Medição

As tiras utilizadas foram previamente estampadas e são típicas de uma grade espaçadora utilizada em um elemento combustível para reator tipo PWR.

RESULTADOS

Realizou-se 4 (quatro) ciclos de carga e descarga em uma mesma mola dentro das condições nominais de trabalho. Não se observou deformação permanente nessas molas, indicada pelo relógio comparador, conforme mostra o Gráfico 1.

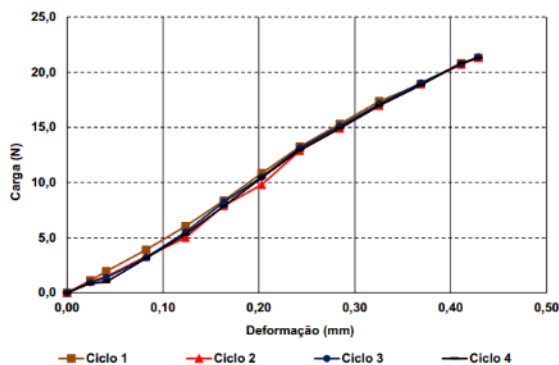


Gráfico 1 - Curva Carga (N) X Deformação (mm)

Outras amostras foram submetidas a um maior deslocamento e as deformações permanentes máximas encontradas, mostraram a ocorrência de deformação plástica das molas, conforme mostra o Gráfico 2.

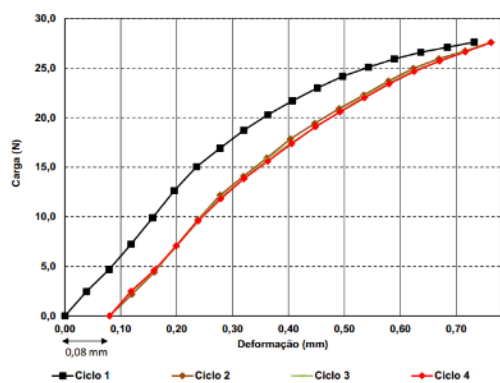


Gráfico 2 - Curva Carga (N) X Deformação (mm)

Os resultados da força de mola das tiras na grade espaçadora, foram calculados a partir de interpolações das forças obtidas e registradas, com as deformações obtidas em condições de projeto por meio de equações.

CONCLUSÕES

Com os resultados das tiras estampadas utilizadas no experimento, foi possível perceber que o sistema de medição, devido à sua forma de trabalho, apresenta incerteza e por esse motivo, sugerere-se a medição desta força com um conjunto de equipamentos

mais precisos. Porém, considerando a simulação da tira já montada na Grade Espaçadora e utilizando valores de projeto para as variáveis de uso, a deformação destas tiras resultaria em uma força dentro dos limites especificados em projeto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(ABNT, 2005c) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração*. Rio de Janeiro. ABNT, 2005c. (NBR ISO/IEC 17025).

(CNEN, 2000) COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, *Garantia da qualidade para a segurança de usina nucleoeletricas e outras instalações*. Rio de Janeiro. CNEN, 2000 (CNEN-NN-1.16)

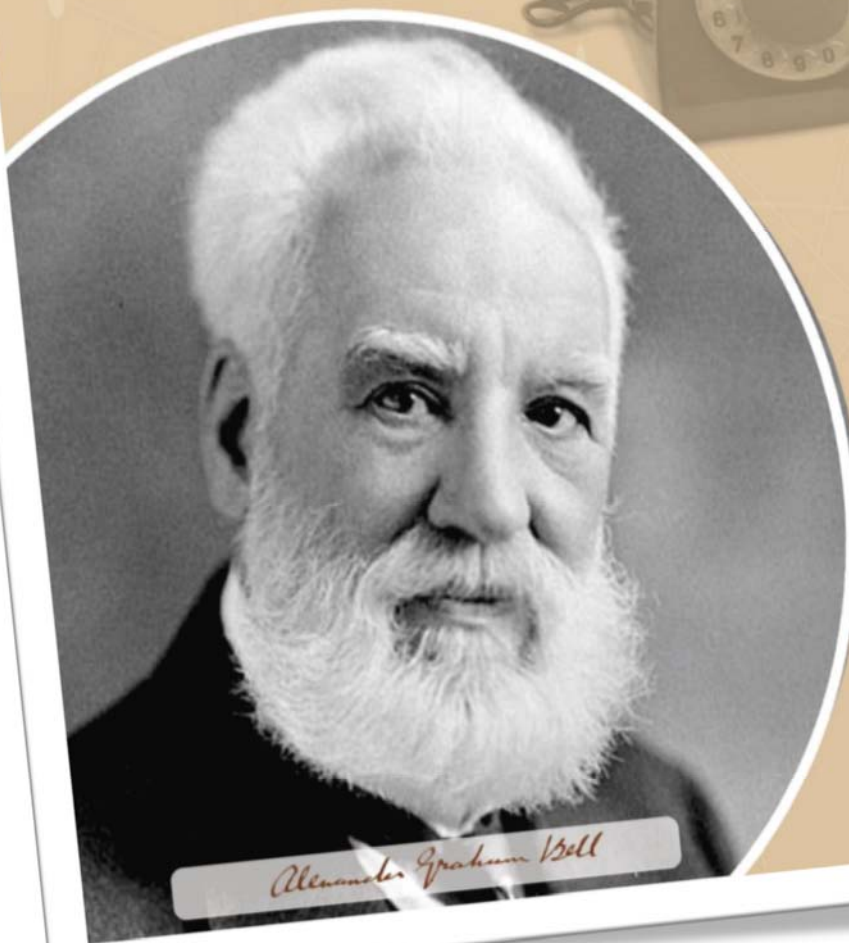
Práticas Operacionais Laboratoriais com acompanhamento de pessoal qualificado INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. *VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados*. 1a. Tradução Luso-Brasileira (VIM 2012). Disponível em www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf. Acesso em: Fev.2018.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO.

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)



UNITPAC
Instituto Tocantinense
Presidente Antônio Carlos



Alexander Graham Bell

A invenção que mudou a história da humanidade
(Homenageado de 2018)

ALEXANDER
ALEXANDER
GRAHAM BELL
(1847-1922)

o inventor do telefone

Verificação do comportamento mecânico do concreto convencional incorporado com filamentos de Polietileno Tereftalato

Anna Victoria Morais Balbino¹, Adriano Luiz Roma Vasconcelos¹

¹Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos UNITPAC

INTRODUÇÃO

Com ocorrência do avanço populacional ao longo dos anos as cidades desenvolveram-se tornando suscetíveis ao descarte abundante de lixo em locais inadequados, prejudicando desta forma o meio ambiente.

A apreensão em demasia da sociedade em analogia ao desenvolvimento sustentável e o cuidado com o meio ambiente, a indústria de construção civil entra na procura de respostas que venham a reduzir o resultado da má preservação do planeta.

Ao longo dos anos o concreto vem se tornando um material vital para a indústria da construção civil, devido a facilidade de moldagem e boa durabilidade quando expostas a má condição climática além do baixo preço quando solicitado em obras. [1]

Para favorecer as resistências à flexão e à tração do concreto a inclusão de fibras é bastante empregada, de modo que possam vir a reduzir as rachas que são causadas pela retração logo nas primeiras idades, quando ocorre a junção fibra e concreto origina-se um material compósito. [2]

OBJETIVO

Alinhar sustentabilidade à inovação de um compósito ecologicamente correto, verificando se a inserção de porcentagens baixas (0%, 0,5% e 1,0%) de filamentos de Polietileno Tereftalato auxilie o comportamento mecânico de concretos convencionais.

METODOLOGIA

Inicialmente é necessária a coleta e higienização das garrafas de Polietileno Tereftalato, com o auxílio de um filetador manual iniciou-se o processo de corte dos filamentos em tamanhos determinados, obtendo a seguinte configuração: 5mm de espessura por 5cm de comprimento.

Para o conhecimento acerca da quantidade de fibras em cada porcentagem foi realizado o seguinte cálculo:

$$\gamma_{pet} = \frac{M_{fibras}}{V_{recipiente}} \quad (1)$$

Encontrando-se um valor de 1,35 g/cm³ para massa específica do PET, é possível calcular a quantidade de fibras nas porcentagens determinadas (0%, 0,5% e 1,5%) através do volume do corpo de prova utilizado na pesquisa, o mesmo possui dimensões de 10x20cm.

A caracterização dos agregados fora feita regendo as normas técnicas brasileiras para cada ensaio. A obtenção do módulo de finura do agregado miúdo e a dimensão máxima do agregado graúdo [3] teve valor igual a 2,93 e 25mm respectivamente. A massa específica do agregado miúdo e graúdo [4] obteve valor de 2,64 kg/dm³ e 2,70 kg/dm³ nessa ordem. Por fim, a massa unitária do agregado miúdo e do agregado graúdo [5] aferiu-se em 2,57 kg/dm³ e 1,50 kg/dm³ respectivamente. O traço calculado e utilizado é de 1:1,88:2,47 a/c 0,47. É importante salientar que a moldagem [6], teve um tempo de cura com duração de 28 dias. A figura 1 retrata o Slump Test do concreto incorporado com 1,0% de fibras.



Figura 11. Slump Test do compósito

RESULTADOS

Seguindo o objetivo da pesquisa, foram realizados dois ensaios regidos pela ABNT para determinar a resistência à compressão axial [7] e resistência à tração por compressão diametral [8]. Obtendo os seguintes resultados respectivamente:

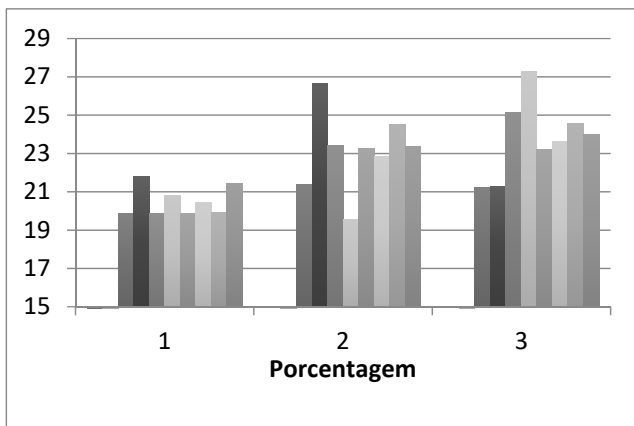


Gráfico 1. Resistência à Compressão Axial (MPa)

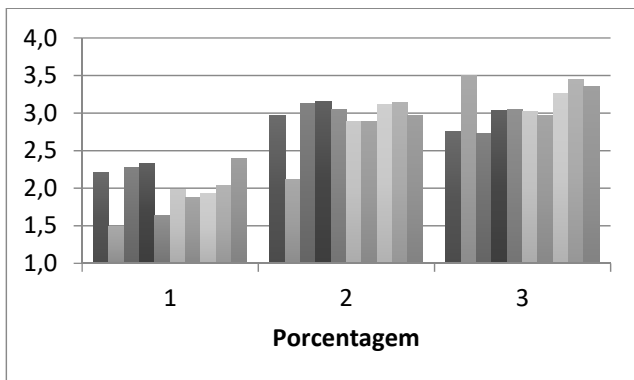


Gráfico 2. Resistência à Tração por Compressão Diametral (MPa)

O desvio padrão para compressão axial nas porcentagens 1, 2 e 3 é de: 0,814; 1,91 e

1,934 nessa ordem. Já na tração tem se: 2,205; 3,048 e 3,032 respectivamente.

CONCLUSÕES

Em comparativo com os resultados atribuídos para cada resistência, é visto que a inclusão de filamentos de Polietileno Tereftalato influenciou na melhoria das resistências do concreto convencional, alinhando desta forma sustentabilidade do meio ambiente à inovação de um compósito ecologicamente correto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [179]METHA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. **Concreto- Microestrutura, Propriedades e Materiais**. Ed. PINI. São Paulo, 2008.
- [180]HOUGET, V. **Etude des caracteristiques mecaniques et physico-chimiques de composites ciments-fibres organiques**.1992. 237f. Tese (Doutorado em Ciências dos Materiais)
- [181]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.
- [182]____. **NBR 9776: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. Rio de Janeiro, 1987.
- [183]____. **NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.
- [184]____. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.
- [185]____. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.
- [186]____. **NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2011.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos UNITPAC

Uso de WSN em dispositivos IoT em Reserva Indígena no Tocantins

Henrique Milanês Moraes¹, Kaio Ribeiro Rocha¹, Letícia dos Santos Teixeira¹, Matheus Ferreira Costa¹, Márcia Maria Savoine^{1,2}, Mário Olimpio de Menezes²
Centro Universitário Instituto Presidente Antônio Carlos – UNITPAC¹

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN²

INTRODUÇÃO

A maior parte dos sistemas de monitoramento vigentes constituem-se da aplicação de *Wireless Sensor Networks* (WSNs). Uma WSN é uma rede sem fio que se conecta há um grande número de nós sensores os quais desempenham um papel vital no recebimento e transmissão de informações do ambiente, enviando-as até um destino capaz de armazenar os parâmetros e disponibilizá-lo para os usuários finais [1].

Obtém-se a otimização de uma WSN através de sua associação a dispositivos IoT (*Internet of Things*). Entende-se como IoT a crescente rede que abrange a horda de dispositivos, sensores, atuadores, capazes de perceber e coletar dados para agregação e análise para melhor tomada de decisão que se revela vantajosa para certas aplicações [2].

A implementação da WSN requer estudos, por exemplo, a respeito dos nós sensores a serem utilizados, suas características técnicas e a melhor maneira de dispô-los na rede, a fim de otimizar o seu funcionamento prevenindo falhas. O teste apresentado nesse artigo foi baseado em um cenário de uma reserva indígena chamada Xambioá, esta reserva conta com uma área de 33.260.000m², mas, devido à grande área da reserva, somente 10% foi utilizada para realização dos testes. Esta reserva foi escolhida por sofrer constantemente com queimadas, e a área de maior criticidade é o extremo sul, Figura 1.



Figura 12. Área da Reserva Indígena Xambioá.
Fonte: [3] - Adaptado

OBJETIVO

Objetiva-se neste trabalho simular um sistema de monitoramento (WSN) integrado à tecnologia IoT para a reserva, avaliando a transmissão, o consumo energético e a segurança dos nós, através do uso de uma plataforma de *testbed*, que consiste em nós sensores implantados no mundo real, projetados para apoiar pesquisas experimentais, sendo comumente usados para analisar o desempenho e descobrir potenciais problemas da aplicação da rede de sensores, o que é crucial durante a pré-implantação [4]. A plataforma utilizada é a FIT IoT-Lab, onde os usuários possuem acesso aos nós sensores fixos de três tipos para experimentos agendados que geram relatórios com os dados obtidos.

METODOLOGIA

Os testes foram montados pensando na aplicação posterior da WSN na ocorrência de um incêndio na reserva, para isso, os nós usados, a sua topologia, os gatilhos dos

sensores e sua priorização de uso da rede para transmissão de informações.

Os Nós (sensores M3) são estimulados durante os testes através do uso de *firmwares*, são extraídas informações a respeito da atividade dos nós durante o estímulo e a situação dos sensores.

RESULTADOS

Os experimentos realizados contaram com 18 Nós da arquitetura M3 distribuídos na região de Lille do FIT IoT-Lab, que conta com um densa topologia de Nós aglomerados, ampliando as possibilidades de interações. Adotando um Nó central (M3-180) para a criação da rede através de um *firmware* disponibilizado na plataforma que utiliza o protocolo RPL (IPv6 *Routing Protocol for Low Power and Lossy Network*) para agregar os Nós. O RPL determina rotas de transmissão desenvolvendo uma árvore de roteamento. Com a rede criada através de comandos de coleta informações dos Nós em tempo real, foi possível testar a capacidade do funcionamento da rede com a troca de informações entre os sensores. Apenas um Nó (m3-188) apresentou erro, no entanto a rede não foi afetada pela perda, constatando a propriedade do protocolo, que criou uma nova rota sem a presença do Nó falho.

Ao final do experimento foram emitidos relatórios para todos os Nós, permitindo a análise do desempenho da WSN avaliada com os dispositivos IoT. Os Nós com maior distância do Nó central (M3-38 e M3-49) verificou-se que o consumo de energia (W) inicia com 0,14 chegando a 0,06 no regime permanente, o Nó central (M3-180) requer maior energia, pois é nele que o processo da formação de rotas tem início, inicia com 0,14 e aproxima-se de 0,16 W até o fim dos testes.

CONCLUSÕES

Observou-se que o protocolo RPL se mostrou bastante eficaz para a rede, uma vez que este recalcula rotas quando essas são comprometidas por falhas de Nós, como

mostrado nos resultados do experimento. Esta característica mostra-se bastante eficiente, uma vez que a rede não é comprometida com a ausência de Nós. Para dispor deste perfil o protocolo intitula um Nó como raiz, sendo este uma desvantagem, uma vez que esse Nó consome muita energia para realizar este trabalho.

Posteriormente, busca-se aprimorar este impasse para melhor eficiência da composição WSN em dispositivos IoT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[187]MEENA, S. Santha; MANIKANDAN, J. Study and evaluation of different topologies in wireless sensor network. In: *Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, 2017 International Conference on. IEEE, 2017. p. 107-111.

[188]SHARMA, Cheena; GONDHI, N. Kumar. Communication Protocol Stack for Constrained IoT Systems. In: *3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*. IEEE, 2018.

[189]FLORES, L. P.; MACIEL. M. R. A.; ALMEIDA. S. C. A experiência do Projeto GATI em terras indígenas. Brasília - DF: IEB, 2016.

[190]MA, Junyan; WANG, Jin; ZHANG, Te. A Survey of Recent Achievements for Wireless Sensor Networks Testbeds. In: *Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC)*, 2017 International Conference on. IEEE, 2017. p. 378-381.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Centro Universitário Instituto Presidente Antônio Carlos - UNITPAC

Comparação dos níveis de força em crianças pré-púberes e púberes

Rondineli Martins Soares¹, Hugo Martins Teixeira^{1,2}, Marlene Aparecida Moreno²

¹Centro Universitário Presidente Antônio Carlos - UNITPAC

²Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP

INTRODUÇÃO

A maturação é um processo dinâmico que acomete a transformação das estruturas físicas e biológicas em crianças, provocando alterações que levam ao estado de amadurecimento [1]. Dentre outras, utiliza-se a avaliação das características sexuais secundárias- Tanner, para análise da progressão dos estágios- 1, 2, 3, 4 e 5.

Dentre os componentes da aptidão física, destaca-se a força da função musculoesquelética como um dos elementos de estudo deste trabalho. Tem papel fundamental tanto para a promoção da saúde quanto para o sucesso em diversos esportes [2].

OBJETIVO

Comparar e relacionar os níveis de força (força explosiva de membros inferiores e superiores e força abdominal) em crianças entre 9 e 11 anos, de ambos os sexos em diferentes níveis maturacionais.

METODOLOGIA

Este estudo, transversal, de base escolar, com abordagem quantitativa, avaliou 831 escolares (414 meninas e 417 meninos) da rede municipal da cidade de Araguaína – TO, com idade entre 09 e 11 anos.

Para a avaliação dos níveis de força foi adotado as baterias de testes propostas pelo Projeto Esporte Brasil [3].

Realizaram-se os testes de força-resistência abdominal (ABD), de força explosiva de membros inferiores - salto horizontal (SALT) e, força explosiva de membros superiores - Arremesso de Medicine Ball. (ARREM).

Para a avaliação da maturação sexual utilizou-se o método da autoavaliação de Tanner, onde os avaliados deveriam identificar através de imagens os diferentes estágios e posteriormente categorizados em níveis de maturação (P1 = Pré-púbere, P2, P3 e P4 = Púbere e P5 = Pós-Púbere).

Foram utilizados o teste *t de student* e o coeficiente de correlação de *Pearson* para comparação e correlação das médias e índices, respectivamente, entre os escolares de ambos os sexos e entre níveis de maturação.

RESULTADOS

Ao comparar meninas nos distintos níveis de maturação, foi possível observar que as meninas *púberes* obtiveram melhores resultados nas variáveis SALT ($\mu=1,29$ m vs $\mu=1,26$ m), ARREM ($\mu=1,89$ m vs $\mu=1,73$ m) e ABD ($\mu= 19,29$ rep vs $\mu= 19,11$ rep), muito embora havendo diferenças estatisticamente significativas somente no teste de ARREM ($p<0.05$).

Em relação aos meninos em diferentes níveis de maturação foi possível observar valores semelhantes ($\mu=1,37$ m) referente ao teste SALT, e melhores índices nos teste de ARREM ($\mu=2,00$ m vs $\mu=1,87$ m) e ABD ($\mu=24,95$ rep vs $\mu=24,43$ rep) em favor de meninos *púberes*, no entanto, somente no teste de ARREM foi constatado diferença estatisticamente significativa ($p<0.05$).

Na comparação de meninas x meninos *púberes* foi possível observar melhores índices em todas as variáveis em favor dos meninos, constatando diferenças estatisticamente significativas ($p<0.05$). SALT ($\mu=1,29$ m vs $\mu=1,37$ m), ARREM ($\mu=1,89$ m vs

$\mu=2,00$ m) e ABD ($\mu=19,29$ rep vs $\mu=24,95$ rep).

Ao comparar meninas x meninos *pré-púberes* também foi possível observar melhores índices em todas as variáveis em favor dos meninos, constatando diferenças estatisticamente significativas ($p<0.05$). SALT ($\mu=1,26$ m vs $\mu=1,37$ m), ARREM ($\mu=1,73$ m vs $\mu=1,87$ m) e ABD ($\mu=19,11$ rep vs $\mu=24,43$ rep).

Ao analisar meninas e meninos em relação ao nível de maturação, apresenta correlação às variáveis percebemos que a variável ARREM apresenta uma relação direta e significativa com esta variável. Ou seja, à medida que o nível de maturação aumenta os valores desta variável aumenta, no entanto apresentando uma correlação fraca ($r>0.10<0.30$). As demais variáveis não se apresentaram significantes ($p<0.05$).

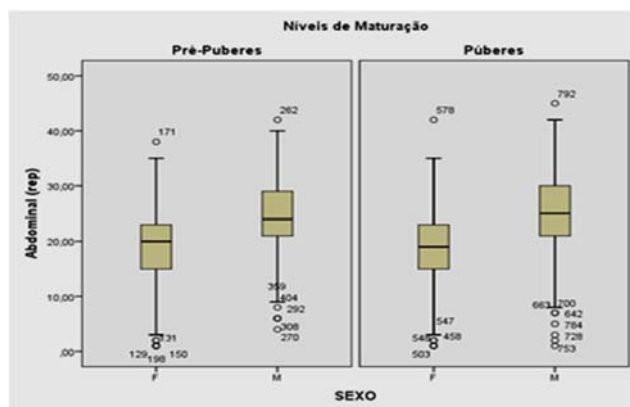


Figura 1. Força Abdominal

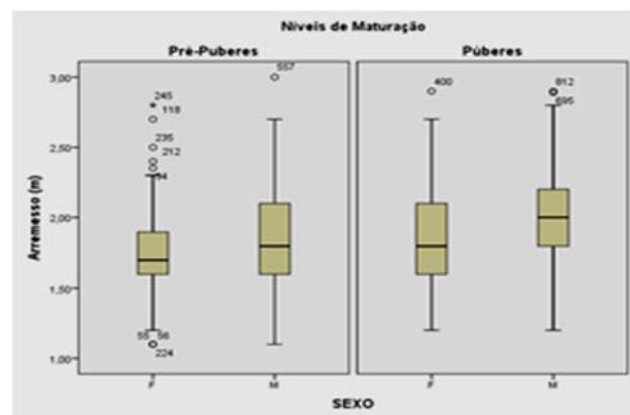


Figura 2. Força Explosiva de Membros Superiores

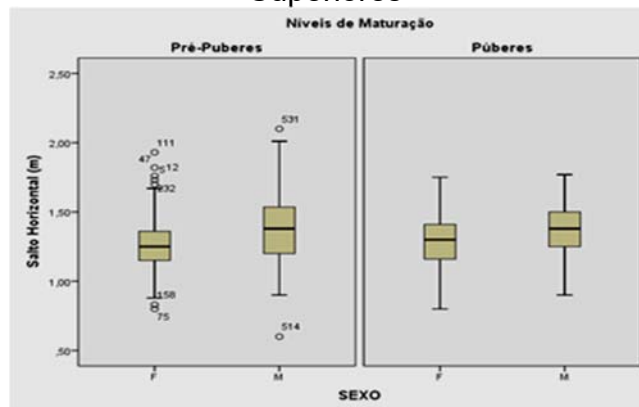


Figura 3. Força Explosiva de Membros Inferiores

CONCLUSÕES

Diante da análise do presente estudo, é possível observar que, quando comparado à força entre meninos x meninas, em diferentes níveis de maturação, os meninos apresentam melhores índices em todas as variáveis. Quando comparado em um mesmo sexo e entre níveis de maturação, os melhores resultados estão em prol de crianças púberes, com exceção à força explosiva de membros inferiores em meninos. Assim, é possível constatar que crianças com maior nível de maturação os níveis de força tendem a ser mais elevados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [191]MALINA, ROBERT M; BOUCHARD, C; BAR-OR, O. Crescimento, maturação e atividade física. Phorte: São Paulo, 2009.
- [192]SILVA, L.R.. Desempenho esportivo: treinamento com crianças e adolescentes. 2. Ed. Phorte: São Paulo, 2010.
- [193]GAYA, A.; SILVA, G. Projeto esporte Brasil. Manual de aplicações de medidas e teste, normas e critérios de avaliação. 2015. UFRGS: Porto Alegre, 2016.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agradecimentos especiais ao UNITPAC, Prefeitura Municipal de Araguaína – SEMED e a CAPES