



**V Seminário Anual de Iniciação Científica do
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear**
Belo Horizonte, 18 e 19 de outubro de 2010

Livro de Resumos

Publicação CDTN nº 968

Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

V Seminário Anual de Iniciação Científica do
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
Livro de resumos

Belo Horizonte

2010

**Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT
Comissão Nacional de Tecnologia Nuclear – CNEN
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN**

Diretor do CDTN

Dr. Sérgio Almeida Cunha Filgueiras

Chefe da Divisão de Ensino

Dr. Teógenes Augusto da Silva

Comitê de bolsas

Dra. Adriana Silva de Albuquerque (coordenadora)

Dra. Andréa Vidal Ferreira

Dr. Antero Silva Ribeiro de Andrade

Dr. Antônio Carlos Lopes da Costa

Dr. Luiz Cláudio Meira Belo

Dr. Vinicius Verna Magalhães Ferreira

Comissão organizadora

Dra. Adriana Silva de Albuquerque (coordenadora)

Dra. Andréa Vidal Ferreira

Dr. Luiz Cláudio Meira Belo

Organização

Dra. Adriana Silva de Albuquerque

Sumário

A Palavra do Diretor	vii
Comitê de Bolsas do CDTN.....	ix
1. Laboratório de Irradiações Gama	11
2. Núcleo de Tecnologia do Combustível	17
3. Seção da Produção de Radiofármacos	27
4. Serviço das Radiações Aplicadas à Saúde	31
5. Serviço de Gerência de Rejeitos	39
6. Serviço de Integridade Estrutural	45
7. Serviço de Meio Ambiente.....	67
8. Serviço de Nanotecnologia.....	73
9. Serviço de Radioproteção e Segurança do Trabalho	87
10. Serviço de Tecnologia de Reatores.....	91
11. Serviço de Tecnologia Mineral	99
12. Serviço do Reator e Técnicas Analíticas	107
13. Índice de Autores.....	117
14. Índice de Orientadores	119
15. Índice de Títulos	121

A Palavra do Diretor

A iniciação científica é um primeiro passo de um longo caminho da formação de um cientista. É em geral o primeiro contato do estudante com pesquisadores de alto nível, com laboratórios bem instalados e com equipamentos de alta tecnologia. É muitas vezes também o seu primeiro contato com uma organização científica diferente da universidade, com um outro modus operandi, uma outra cultura organizacional e outras exigências. A curiosidade da descoberta, a alegria do aprendizado e o prazer do convívio se misturam, então, à dedicação ao trabalho, à responsabilidade da resposta e à ansiedade da inescapável avaliação.

Quem auxilia o bolsista nessa travessia é a sua nova equipe de trabalho, mas antes de tudo é seu orientador que lhe mostra os caminhos. Trabalhar ombro a ombro com pesquisadores tarimbados possibilita ao bolsista dar saltos na sua formação tanto científica quanto profissional. Aliás, esse método de aprendizado é o mesmo da formação dos aprendizes da idade média: sorver de seus mestres não apenas as técnicas do bem fazer, mas também os códigos de relacionamento no novo ambiente social em que pretendem entrar.

O CDTN encara com muita seriedade o seu programa de iniciação científica e o vê como uma oportunidade sem igual para despertar novos talentos para a ciência, especialmente para a área nuclear. E se orgulha dos resultados que os jovens pesquisadores, em conjunto com seus orientadores, têm alcançado.

Ao abrir o Seminário Anual de Iniciação Científica – ano de 2010 - convido a todos a conferir a qualidade e a relevância dos trabalhos desenvolvidos no âmbito do Programa, reunidos nesta coletânea.

O Programa de Iniciação Científica do CDTN é apoiado pelo CNPq, pela FAPEMIG e pela CNEN.

Belo Horizonte, outubro de 2010

Sérgio Almeida Cunha Filgueiras

Diretor do CDTN

IV Seminário Anual de Iniciação Científica do CDTN

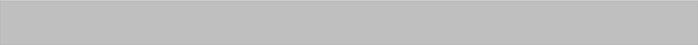
Os Programas Institucionais de Bolsas de Iniciação Científica são programas voltados para estudantes de graduação do ensino superior que têm como principais objetivos: estimular o desenvolvimento do pensamento científico e da criatividade decorrentes das condições criadas pelo confronto direto com os problemas de pesquisa; adquirir experiência em pesquisa, planejamento de trabalho e na redação e apresentação de trabalho técnico e incentivar a produção científica nos seus Institutos. Atualmente, o CDTN conta com 70 bolsas de iniciação científica de programas institucionais, sendo 14 PROBIC/CNEN, 25 PIBIC/CNPq, 35 PROBIC/FAPEMIG e 4 PIBIT/CNPq.

A realização do Seminário Anual de Iniciação Científica é parte do processo de acompanhamento e avaliação dos programas institucionais em curso. Além de atender exigências dos Editais, o seminário é instrumento importante que incita o aluno a desenvolver suas capacidades de elaboração de resumo e de exposição dos resultados do seu trabalho, na forma de pôster ou apresentação oral.

Pretende-se, com esta publicação, disponibilizar os resumos dos trabalhos apresentados pelos alunos, a fim de tornar pública as pesquisas desenvolvidas pelos bolsistas no CDTN.

Belo Horizonte, outubro de 2010

Comitê de Bolsas do CDTN



1. Laboratório de Irradiações Gama

Implantação de dosimetria de altas doses e Gestão da Qualidade no Laboratório de Irradiação Gama (LIG)

Gabriela de Amorim Soares e Márcio Tadeu Pereira
Laboratório de Irradiações Gama – LIG

INTRODUÇÃO

A obtenção de certificados de qualidade, especialmente a ISO 9001, requer a adoção de práticas de gestão bem elaboradas e estabelecidas que visem sobretudo à satisfação do cliente. Isso se torna possível através da adoção de procedimentos operacionais que padronizem a execução dos processos envolvidos na prestação do serviço, no sentido de garantir a conformidade com os requisitos apresentados por normas específicas e pelas necessidades do cliente.

No serviço de irradiações, é imprescindível garantir que a dose recebida pelos produtos está dentro dos limites recomendados e de acordo com o que foi pré-estabelecido. Na atual conjuntura do LIG, a implantação de uma dosimetria física é inviável, pois exige uma mão-de-obra adicional e infraestrutura de laboratório que não estão disponíveis. Uma alternativa que surge a esse entrave é a adoção de uma simulação de dosimetria através de métodos numéricos.

O Método de Monte Carlo é uma ferramenta matemática largamente utilizada em simulações estocásticas com aplicações em áreas como física, matemática e biologia. O método em si já era conhecido há séculos, mas passou a ser efetivamente utilizado somente nas últimas décadas. Pelo fato de as simulações por esse método estarem baseadas em eventos que ocorrem aleatoriamente e, ainda, por terem uma similaridade com jogos de azar, foi denominado “Método de Monte Carlo”, em referência à cidade famosa por seus cassinos [1].

Alguns códigos computacionais como o MCNP5 utilizam esse método para simulação do transporte de radiação. Nos últimos anos, o rápido avanço tecnológico dos computadores permitiu um aumento no uso desse tipo de ferramenta, principalmente devido à maior velocidade de processamento e capacidade de armazenamento de informações.

OBJETIVO

Capacitar o Laboratório de Irradiação Gama do CDTN com modernas técnicas de gestão e implantação de dosimetria de altas doses.

METODOLOGIA

Foram realizados estudos da Norma ISO 9001 e de outros materiais pertinentes e um acompanhamento de alguns processos do LIG para a posterior elaboração da documentação da Qualidade

Em relação à implantação de uma dosimetria de altas doses no laboratório, realizou-se um estudo dos dosímetros *Fricke* e TLD 800, mas devido às dificuldades com mão-de-obra e infraestrutura para a análise de dosímetros, optou-se por trabalhar com simulação dosimétrica por método numérico. O código computacional utilizado foi o MCNP5, que se baseia no Método de Monte Carlo. Foram realizadas diversas simulações, cujos resultados foram comparados com dosimetrias físicas realizadas com *Fricke*.

RESULTADOS

Foi elaborado o Manual da Qualidade Específica do LIG (ainda não concluído); algumas instruções normativas foram revisadas e transformadas em procedimentos operacionais; um outro procedimento foi criado; formulários foram revisados e reformatados; e o fluxograma das atividades desempenhadas no laboratório foi elaborado.

Foi realizada a simulação de uma irradiação de material hospitalar em duas caixas vazias, empilhadas sobre uma mesa giratória. A dosimetria física realizada com Fricke para confrontar os resultados foi utilizada para ajustar algumas condições que não estavam bem definidas, principalmente referente à caracterização da fonte de ^{60}Co . A partir dessa adequação e de informações requisitadas ao fabricante, uma anisotropia da fonte foi revelada. Com base em um ajuste virtual do rack (Figura 1), foram analisados pontos nos planos da base, meio e topo, e em diferentes profundidades das caixas. Os resultados referentes ao plano médio são apresentados (Tabela 1):

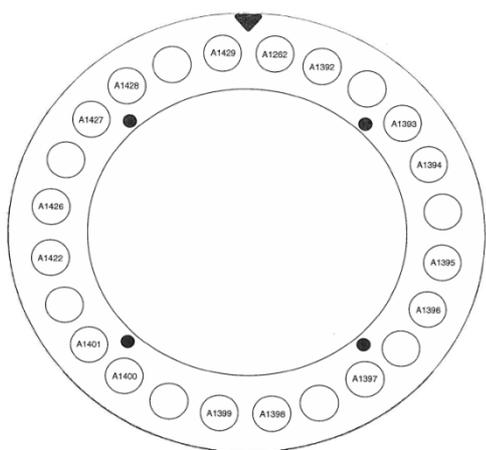


Figura 1 – Configuração das fontes de ^{60}Co

TABELA 1 – Desvio entre os resultados da simulação e da dosimetria física para os pontos localizados em diferentes raios relativos ao eixo de rotação

Raio (cm)	Desvio (%)
0	8,9
6,72	10,4
9,50	7,7
13,44	10,6
19,00	9,3
20,15	11,2
26,87	11,2

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos revelaram uma condição de anisotropia da fonte que ainda precisa ser determinada. A partir da elucidação dessa condição, os parâmetros da simulação poderão ser melhorados e esse sistema poderá ser adotado, permitindo que toda irradiação realizada seja acompanhada por um serviço de dosimetria sem que haja a necessidade de investimentos em infraestrutura e mão-de-obra.

Só a partir da implantação de um sistema de dosimetria confiável é que se pode ter uma gestão de qualidade e obter certificados que irão aumentar a credibilidade dos serviços do LIG e a satisfação dos clientes atendidos e, por consequência, gerar um aumento do reconhecimento e das atividades no laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Yoriyaz, H., Método de Monte Carlo: princípios e aplicações em Física Médica. Revista Brasileira de Física Médica, vol. 3, pág. 141-9, 2009.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN e CNPq

Estudo do Emprego de Flavonóides Naturais como Aditivos para a Conservação de Alimentos

Michelle Cristina Bastos Leal e Márcio Tadeu Pereira
Laboratório de Irradiações Gama – LIG

INTRODUÇÃO

Atualmente existe um grande interesse na aplicação de substâncias naturais com atividade antimicrobiana, antioxidante, antisenescência, protetores solares e aditivos para conservação de alimentos, visto que os mesmos são expostos à grande variedade de condições ambientais adversas e agentes capazes de favorecer reações que conduzem à sua deterioração.

A indústria e o consumidor procuram mitigar ou eliminar essas alterações através da adição de aditivos como conservantes e bactericidas. A crescente demanda por alimentos mais frescos, associada à ação dos órgãos de saúde pública por uma alimentação segura, provoca o surgimento de novas tecnologias para a conservação de alimentos [1]. Neste sentido a irradiação de alimentos é uma técnica amplamente testada e cientificamente comprovada como aquela que confere os mais altos níveis de segurança [2], podendo ser utilizada para fins de conservação. Entretanto esta técnica apresenta algumas limitações, entre elas podemos citar a rancificação de gorduras. As gorduras ou lipídeos são muito sensíveis aos agentes ambientais que promovem alterações estruturais em moléculas orgânicas, tanto em condições convencionais dos alimentos quanto em processos de irradiação são estruturas a serem protegidas.

A irradiação, como método de preservação e de desinfestação de alimentos, pode ser associada com a utilização de produtos naturais ricos em substâncias antioxidantes, como flavonóides, aumentando a eficácia de ambos os processos. A espécie *Lychnophora pinaster* Mart foi utilizada para

o estudo por ser uma planta abundante no cerrado brasileiro e utilizada pela medicina popular para o tratamento de diversas doenças [3].

OBJETIVO

Determinar a eficácia do extrato aquoso de *Lychnophora pinaster* Mart. obtido através de marcha química para conservação de alimentos à base de carne.

METODOLOGIA

Procedimentos Fitoquímicos

Uma amostra de *Lychnophora pinaster* Mart. foi coletada no condomínio Retiro das Pedras, em Nova Lima – MG em março de 2010. Uma exsicata da espécie foi depositada no Herbário do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais sob o código BHCb:24322.

A amostra coletada foi submetida à secagem em estufa e as partes aéreas foram moídas em moinho de facas. Uma massa de 200 g foi submetida à maceração em água, à 60°C, por duas horas para obtenção do extrato aquoso (**EA**). Este extrato foi filtrado e concentrado em rotaevaporador.

O extrato aquoso (**EA**) obtido foi submetido a uma marcha química para obtenção de extrato flavanoídico (**EA-F**) de acordo com metodologia descrita por Melo *et al.*[4].

Atividade Antioxidante

A atividade antioxidante de **EA-F** foi verificada pelo teste com DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), em cromatografia em

camada delgada, de acordo com metodologia descrita por Tepe *et al.*[5].

Uma amostra de **EA-F** foi adicionado à amostras de carne moída em concentrações variadas (0,016%, 0,032%, 0,064% e 0,068%) e então submetidas à irradiação gama (4,5kGy).

Para o efeito comparativo foram testadas amostras sem nenhum tratamento (Controle) e amostras tratadas com um conservante comercial, o eritorbato de sódio a uma concentração de 20%*m/v* e também submetidas à irradiação gama na dose de 4,5kGy (Antioxidante comercial).

A atividade foi avaliada segundo métodos físico-químicos convencionais para análise da sua conservação. São eles:

- Determinação da composição centesimal e pH: observação da variação da composição através de determinação de umidade, lipídeos, nitrogênio total, proteínas e pH.

- Avaliação da cor objetiva: observação da variação da cor com o uso de um colorímetro.

- Capacidade de retenção de água: quanto maior a capacidade de retenção de água, maior a suculência da carne, característica extremamente desejável sob o aspecto sensorial.

- Quantificação da oxidação lipídica: Uma das mais importantes causas da deterioração de produtos cárneos. Afeta ácidos graxos, particularmente os poliinsaturados. A degradação auto-oxidativa desses lipídeos resulta em produtos que mudam a qualidade do alimento, definindo sua vida útil, na medida em que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial e destrói vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais [6].

A avaliação da eficácia do poder de conservação foi baseada na comparação dos resultados obtidos com a amostra de carne tratada com **EA-F** e dos resultados obtidos com a amostra de carne tratada

com um conservante comercial, o eritorbato de sódio.

Após 16 dias de tratamento com as substâncias testadas verificou-se que a amostra de carne tratada com EA-F na concentração de 0,128% apresentou perfil semelhante à amostra tratada com o conservante comercial.

CONCLUSÕES

Através dos resultados preliminares obtidos justifica-se a continuidade dos estudos da atividade antioxidante de **EA-F** em alimentos cárneos, de modo a confirmar os resultados obtidos e estabelecer condições seguras e viáveis para utilização comercial, caso pertinente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] World Health Organization. Fact sheet N°237. Reviewed March 2007 .

[2] Maki, DG. Don't Eat the Spinach — Controlling Foodborne Infectious Disease. N. Eng. J. Med. 19:355. 2006.

[3] Duarte, Dâmaris Silveira . Estudo químico-biológico de *Lychnophora pinaster* Mart - Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 1993.

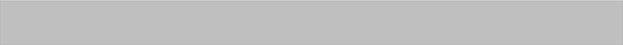
[4] Melo *et al.* *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 60, 631, 2008

[5] Tepe *et al.* *Food Chem.*, 90, 333, 2005

[6] FENNEMA, O. R. Química de los alimentos, Ed Acribia, Zaragoza, Spain. P.1095, 1993.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais– FAPEMIG.



2. Núcleo de Tecnologia do Combustível

Desenvolvimento de um sistema de controle, aquisição e tratamento de dados de um equipamento de cominuição pelo processo de hidretação e desidretação

**Aimoré Resende Riquetti Dutra e Ricardo Alberto Neto Ferreira
Núcleo de Tecnologia do Combustível – NUCTEC**

INTRODUÇÃO

A cominuição do Urânio pela técnica de hidretação e desidretação é um processo que necessita de um controle rigoroso. Este processo tem o objetivo de transformar o Urânio metálico em pó, de forma segura e prática [1]. Para isso utiliza-se um forno tubular e alguns gases. Os parâmetros do processo, tais como a quantidade da amostra dentro do tubo do forno, a pressão e a temperatura no seu interior, e o tempo, devem ser precisamente controlados para que se consiga obter um pó com as características desejadas e sem riscos de explosões, já que o Urânio é pirofórico, ou seja, se em contato com o Oxigênio e calor ele queima rapidamente podendo gerar explosões dentro do tubo do forno do sistema.

OBJETIVO

Esse projeto tem como objetivo desenvolver um programa de controle e aquisição de dados baseado na linguagem LabVIEW. O processo a ser controlado é o da cominuição da liga de Urânio metálico através da hidretação e desidretação, em um sistema já existente em um dos laboratórios do NUCTEC.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do programa foi feito em LabVIEW [2] (abreviação de “Virtual Instrumentation Engineering Workbench”), que é uma plataforma e um ambiente para desenvolvimento de uma linguagem visual

de programação criada pela National Instruments.

Primeiramente foi feita uma análise do programa antigo e uma reprodução das rotinas já existentes.

O acompanhamento dos testes feitos com o pessoal do laboratório revelou vários pontos a serem melhorados no novo programa. Durante o desenvolvimento do novo programa percebeu-se a necessidade de criação de um dispositivo eletrônico para simular a pressão, que é a variável principal de todo processo. Com o auxílio deste dispositivo, muitos testes puderam ser feitos sem prejudicar o andamento dos processos reais e sem riscos para as pessoas e as instalações. Todas as versões do programa foram testadas antes na bancada, minimizando os erros. Nas primeiras versões preocupou-se apenas em realizar as tarefas, sem muita atenção nos detalhes. Atualmente, já na quarta versão, o programa está estruturado e com boa interface com o operador. Além disso, possui rotinas de segurança e de controle de processos paralelos em tempo real. O programa continua sendo aperfeiçoado.

RESULTADOS

Com o novo programa, algumas falhas foram detectadas no processo antigo e na montagem. Uma delas foi a queda de pressão por um vazamento. Outra foi ruído e desvios no medidor digital de pressão. Melhoramentos foram feitos a fim de ajudar o operador e aumentar o rendimento do

processo. Os botões que controlam as válvulas ficaram em seus respectivos lugares em um esboço feito para facilitar a visualização do estado das válvulas e o processo como um todo. Há um gráfico com registro real das pressões, que pode ser acessado posteriormente. Este gráfico permitiu a observação do comportamento da pressão, o que era impossível no programa anterior. Existe também uma rotina de segurança que protege o manômetro de altas pressões. São apresentadas ainda, todas as grandezas como temperatura, tempo de processo, estado das válvulas, além da pressão. Conseguiu-se reduzir o tempo de passivação, que antes era feita em 10 horas aproximadamente e agora é realizada em apenas 6 horas. As rotinas do processo de hidretação, passivação e desidretação estão facilmente disponíveis na tela. Nas Figuras 1 e 2 pode-se ver a diferença entre o programa original e o atual.

CONCLUSÕES

Com o novo programa foi possível apontar alguns problemas que afetavam o sistema. Além disso, o operador possui um visual mais detalhado e mais claro da situação permitindo atuar a qualquer momento que desejar. Foi possível também apresentar um gráfico ao mesmo tempo em que o programa era executado o que facilitou muito a análise dos resultados e do andamento do processo. Foi possível até fazer mudanças com relação ao modo de obter o pó de Urânio, variando a taxa de entrada dos gases. Dessa maneira obteve-se bons resultados em menos tempo e com mais detalhes.

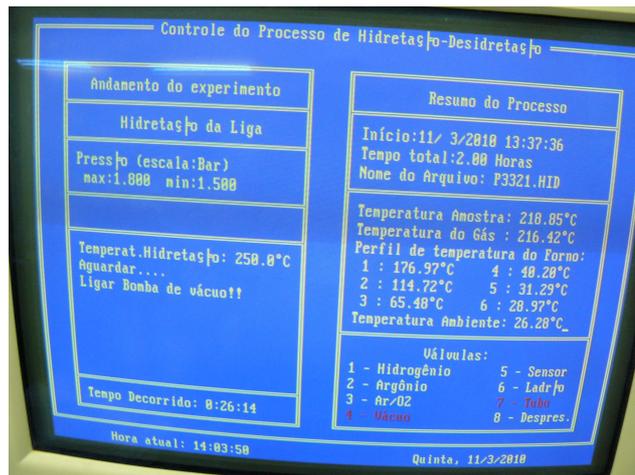


Figura 1: Programa original

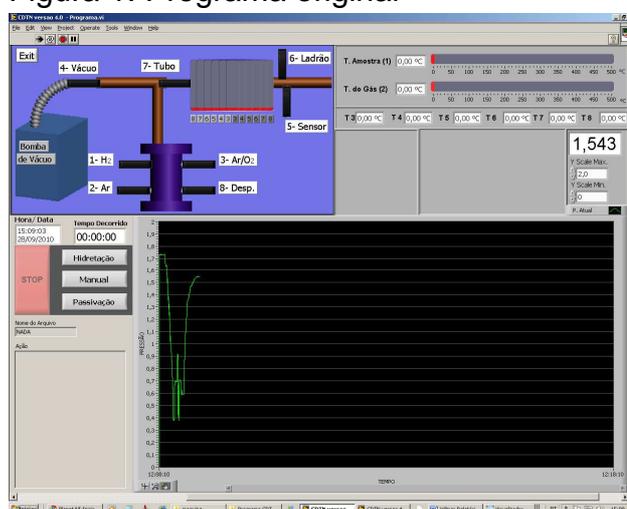


Figura 2: Programa atual

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cahn, R.W; Haasen, P. and Kramer, E. J. Materials Science and Technology – A Comprehensive Treatment – Vol. 10^o – Nuclear Materials, Dispersion Fuels (Chap.2) – Editor: Frost, B. R. T., 1997.
- [2] LabVIEW Básico 2. Manual do Curso de Desenvolvimento.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG

Caracterização Termofísica do Dióxido de Urânio – Influência da Pressão de Compactação

Luciana Capanema Silva Carneiro e Denise das Mercês Camarano
Núcleo de Tecnologia do Combustível – NUCTEC

INTRODUÇÃO

A caracterização termofísica do combustível nuclear representa uma necessidade dentro do contexto da melhoria do combustível e da garantia de segurança do reator. A obtenção de resultados confiáveis exige conhecimentos abrangentes sobre o método empregado, de forma que seja possível obter uma determinação quantitativa da qualidade da medida, que é dada por sua incerteza. As principais propriedades de interesse são a difusividade térmica, a condutividade térmica e a densidade, visto que essas influenciam no comportamento térmico do combustível, e a porosidade aberta, que deve ser a menor possível para limitar a liberação de gases de fissão.

Este trabalho apresenta os resultados da influência da pressão de compactação na difusividade térmica, condutividade térmica, densidade e porosidade aberta de duas pastilhas de UO_2 , juntamente com as respectivas incertezas de medição, para um nível de confiança de aproximadamente 95%, calculadas de acordo com o ISO/BIPM - Guia para a Expressão da Incerteza de Medição [1].

OBJETIVO

Dados experimentais relativos às propriedades termofísicas do UO_2 têm sido revisados [2]. Entretanto, muitos destes dados não contêm uma informação detalhada de como foi estimada sua incerteza de medição. Esse trabalho tem por objetivo contribuir para a base de dados referente às propriedades de UO_2 em função da pressão de compactação, sendo dada ênfase à estimativa da incerteza de medição.

METODOLOGIA

Foi utilizado o Método Flash Laser [3] para a medição da difusividade térmica. Segundo este método um flash intenso e curto de energia radiante é aplicado uniformemente sobre a face frontal de uma amostra com a forma de um pequeno disco. O pulso de energia se difunde unidirecionalmente, provocando um transiente de temperatura na face oposta. A difusividade térmica α é então calculada a partir da espessura da amostra L e do tempo requerido para a temperatura atingir metade do seu valor máximo $t_{1/2}$, medido a partir do início do flash:

$$\alpha = \frac{0,13879 \cdot L^2}{t_{1/2}} \quad (1)$$

Para a determinação da densidade e da porosidade aberta foi utilizado o método de penetração e imersão com xylol [4]. Este método permite a obtenção da densidade do material e de sua porosidade aberta em termos absolutos, ou seja, em relação ao volume da pastilha (%V), e em termos relativos (%P).

A condutividade térmica foi determinada por meio de modelagem matemática proposta por Grossi [5] aplicável ao Método Flash Laser. Esta é baseada na solução numérica da equação de transmissão de calor levando em conta as reais condições experimentais.

A Tabela 1 apresenta os resultados da densidade e da porosidade aberta, considerando a densidade teórica (DT) do dióxido de urânio igual a $10,96 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. A incerteza da densidade é de 1%.

TABELA 1 – Densidade sinterizada, porcentagem da densidade teórica (% DT) e porcentagem da porosidade aberta absoluta das amostras.

Amostra	Pressão de compactação / MPa	Densidade sinterizada / g.cm ⁻³	% da DT	Porosidade aberta / % V
2737	400	10,22	93,2	0,95
2738	500	10,40	95,0	0,75

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados da difusividade e da condutividade em função da temperatura das amostras, obtidas a partir de 5 medições repetidas para cada ensaio, com as respectivas incertezas expandidas para um nível de confiança de aproximadamente 95% ($U_{95\%}$).

TABELA 2 – Valores da difusividade térmica e condutividade térmica para a amostra 2737.

Temperatura (°C)	Difusividade térmica / $\times 10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$		Condutividade térmica / $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	
	Valor	$U_{95\%}$	Valor	$U_{95\%}$
31	3,01	0,22	6,80	0,60
55	2,90	0,32	6,09	0,60
104	2,69	0,24	5,70	0,50
175	2,38	0,22	5,50	0,50

TABELA 3 – Valores da difusividade térmica e condutividade térmica para a amostra 2738.

Temperatura (°C)	Difusividade térmica / $\times 10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$		Condutividade térmica / $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	
	Valor	$U_{95\%}$	Valor	$U_{95\%}$
25	3,42	0,31	7,05	0,54
52	3,19	0,36	6,86	0,38
100	2,93	0,40	6,16	0,54
175	2,54	0,35	5,50	0,59

Como esperado, a densidade da amostra 2738 é maior do que a da amostra 2737, devido ao maior valor da pressão compactação. Como a presença de poros dificulta o transporte de calor no material, os valores de condutividade e difusividade da amostra 2738 são maiores. Verifica-se que a incerteza tanto da difusividade térmica como da condutividade térmica da amostra 2737 é maior do que a da amostra 2738. A possível causa deste efeito deve-se a maior dispersão dos resultados obtidos com esta amostra. O valor máximo obtido

para a incerteza da condutividade térmica é de 11 %, compatível com o valor da literatura, de aproximadamente 10 %.

CONCLUSÕES

A difusividade térmica, condutividade térmica, densidade e porcentagem da porosidade aberta de duas amostras de UO_2 foram determinadas, juntamente com as respectivas incertezas. Os resultados claramente indicam que a pressão de compactação tem um efeito na difusividade térmica e, conseqüentemente, na condutividade térmica. O máximo valor da incerteza de medição é de 11 % para a condutividade térmica.

REFERÊNCIAS

- [1] ISO/BIPM, Guide to Expression of Uncertainty in Measurement. International Organization for Standardization, 1995.
- [2] Fink, J. K., 2000, Journal of Nuclear Materials, 279, pp. 1-18, 2000.
- [3] Parker, W.J., Jenkins, R.J., Butler, C. P., Abbott, G.L., 1961, Journal of Applied Physics, 32, pp.1679-1685, 1961.
- [4] Ferreira, R. A. N., Lopes, J. A. M., "Implementation of a fuel pellets density and open porosity measurement system by the xylol penetration-immersion method at CDTN", INAC-International Nuclear Atlantic Conference, 2007.
- [5] Grossi, P.A, Ferreira, R.A.N., Camarano, D.M., Andrade, R.M. "Measurement of Uranium Dioxide Thermophysical Properties by the Laser Flash method". INAC-International Nuclear Atlantic Conference, 2009.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

A autora agradece à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio financeiro à pesquisa.

Avaliação de Resinas para Utilização em Sementes para Braquiterapia Intersticial

Luiz Cláudio Freitas Maciel Garcia de Carvalho e Wilmar Barbosa Ferraz
Núcleo de Tecnologia do Combustível – NUCTEC

INTRODUÇÃO

A braquiterapia intersticial é uma forma de tratamento radioterápico em que fontes de radionuclídeos encapsuladas são inseridas diretamente no tumor com objetivo de destruir as células cancerígenas sem que um grande número de células saudáveis seja afetado [1,2].

Estas fontes encapsuladas recebem o nome de sementes e são compostas basicamente de um material onde são incorporados os radionuclídeos, um invólucro, geralmente de titânio e um marcador radiopaco em seu interior.

Dentre os processos utilizados para a selagem das sementes de braquiterapia, a utilização de polímeros constitui uma boa alternativa principalmente por proporcionar à semente uma melhor distribuição da dose ao redor da fonte. Isso dá maior eficiência ao tratamento comprometendo ainda menos os tecidos vizinhos ao tumor a ser tratado.

Para que um polímero seja utilizado na selagem das sementes, no entanto é necessário que se conheça suas propriedades bem como a maneira como ele irá reagir às adversidades impostas pelo corpo humano e pelo sistema imunológico do paciente.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar algumas características de dois tipos de resinas epóxis como tempo de cura e aderência, visando sua utilização na obtenção de sementes de braquiterapia.

METODOLOGIA

Inicialmente foram obtidos filmes com as resinas biocompatíveis EP01 e EP02 utilizando-se moldes de plástico, os quais foram preenchidos com as resinas e deixados à temperatura ambiente durante o processo de endurecimento.

Em seguida, para verificar o tempo de cura alterando-se a temperatura, os filmes foram submetidos a tratamentos térmicos realizados ao ar, em estufa com controle de temperatura, nas condições: 40°C/0,5h; 50°C/0,5h; 60°C/0,5h; 100°C/0,5h e 180°C/0,5h.

Para testar a aderência das resinas ao titânio foram utilizados dois tipos de placas de Ti como substrato: placas preparadas metalograficamente em politriz automática (Buehler modelo Alpha 2) até a etapa da pasta de diamante de 0,25µm e, placas como recebidas. A Figura 1 mostra a superfície das duas placas de titânio utilizadas.

Os filmes foram caracterizados através de inspeção visual e espectrometrias nas regiões do infravermelho FTIR-ATR (Nicolet 6700 FTIR-ATR) e ultra-violeta próximo do visível (Shimadzu UV-2401PC).

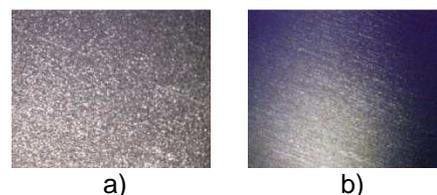


Figura 1. (a) Placa de titânio como recebida; (b) Placa de titânio polida.

A superfície de cada placa de titânio foi recoberta parcialmente com as resinas

EP01 e EP02 formando-se filmes poliméricos. Em seguida, algumas placas foram deixadas à temperatura ambiente e outras colocadas em estufa à temperatura de 100°C/0,5h. Estes filmes foram submetidos ao teste qualitativo de aderência. Este teste consistiu na colocação de uma fita adesiva dupla face sobre o filme pegando-se também parte do substrato. Depois de fixada a fita, esta foi retirada de maneira repentina. Através da inspeção visual foi verificada a aderência ou não do filme.

RESULTADOS

Os espectros FTIR-ATR dos filmes obtidos com os dois tipos de resina, identificadas como EP01 e EP02, estão representados nas Figuras 2 e 3.

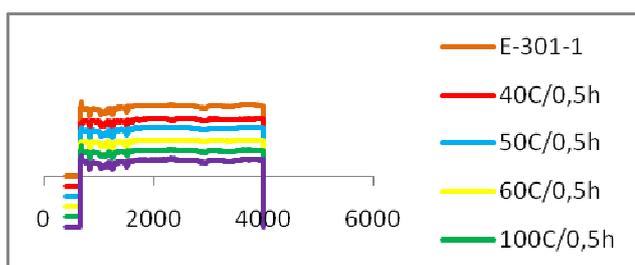


Figura 2. Espectros FTIR-ATR (absorbância) dos filmes de EP01.

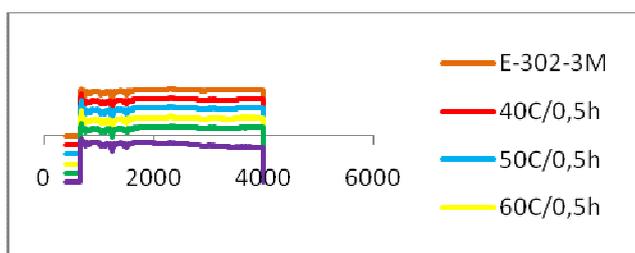


Figura 3. Espectros FTIR-ATR (absorbância) dos filmes de EP02.

A análise das Figuras 2 e 3 mostra que aparentemente o aumento de temperatura não altera significativamente as características das resinas mostrando que as resinas ficaram estáveis nesta faixa de temperatura.

A Figura 4 mostra espectros UV-VIS obtidos nos filmes de EP01. Aparentemente, não foram encontradas alterações significativas com relação à faixa de temperatura estudada. O mesmo comportamento observou-se com filmes da EP02.

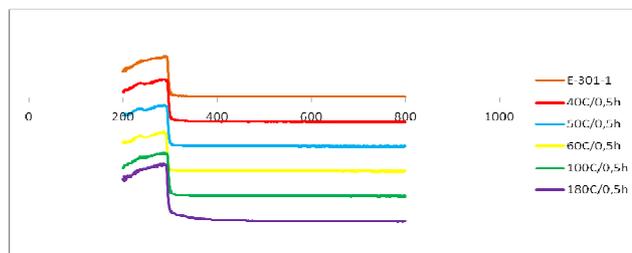


Figura 4. Curvas de UV-VIS dos filmes de EP01.

A resina EP01 apresentou cura nas temperaturas de 50° e 60°C após 30min. Já a resina EP02 não apresentou cura nestas temperaturas.

Os testes de aderência mostraram que tanto a resina EP01 quanto a resina EP02 têm uma boa aderência tanto nas placas de titânio polidas quanto nas placas como recebidas. Os filmes continuaram perfeitos após a retirada da fita.

CONCLUSÕES

Entre as duas resinas analisadas a EP01 se mostra uma alternativa mais promissora visto que possui um tempo de cura mais facilmente atingível, uma estabilidade boa com relação à temperatura e uma boa aderência no substrato de titânio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T.J. Godden, Physical aspects of brachytherapy, Bristol: Hilger, 291 p., (1998.).
- [2] N. Suntharalingam, E.B. Podgorsak, H. Tölli, Brachytherapy: Physical and Clinical Aspects, International Atomic Energy Agency, Vienna 2005.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG

Obtenção de Pós das Ligas U_{2,5}Zr_{7,5}Nb e U₃Zr₉Nb pelo Processo Hidretação-Desidretação e Caracterização por MEV

Thiago de Oliveira Mazzeu, Ana Maria Matildes dos Santos e Wilmar Barbosa Ferraz
Núcleo de Tecnologia do Combustível – NUCTEC

INTRODUÇÃO

Combustíveis metálicos tipo placa em dispersão têm sido usados em reatores nucleares de teste e pesquisa e de potência de pequeno porte. Ligas de U-Zr-Nb são escolhidas como materiais físséis por apresentarem alta densidade, resistência à corrosão e estabilidade à irradiação [1].

A fabricação destes combustíveis requer a pulverização dos lingotes das ligas. Porém, por serem muito dúcteis, são de difícil cominuição [2].

Dentre os métodos existentes de cominuição de metais e suas ligas [3] há o processo de hidretação-desidretação que evita a contaminação das amostras e a formação de grãos esféricos, que podem segregar no revestimento durante a fabricação da placa combustível [3,4].

Existem algumas técnicas de caracterização granulométrica de pós cuja escolha depende da faixa de tamanho das partículas [5].

Neste trabalho foram obtidos pós de ligas de urânio pelo processo de hidretação-desidretação, que foram caracterizados através de microscopia eletrônica de varredura (MEV), com medição computadorizada dos tamanhos de partículas.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é obter pós das ligas U_{2,5}Zr_{7,5}Nb e U₃Zr₉Nb pelo processo de hidretação-desidretação e caracterizar o tamanho das partículas dos pós.

METODOLOGIA

As ligas U_{2,5}Zr_{7,5}Nb e U₃Zr₉Nb foram obtidas sob os tratamentos térmicos de homogeneização, envelhecimento e choque térmico em água. Na Tabela I são mostrados os diferentes tempos das etapas de homogeneização e envelhecimento.

TABELA 1. Condições de Tratamentos Térmicos das Ligas U_{2,5}Zr_{7,5}Nb e U₃Zr₉Nb.

Tempo de Homogeneização a 1000°C	Tempo de Envelhecimento a 600°C
1h	0,5h
1h	3h
1h	24h
16h	0,5h
16h	3h
16h	29h

A cominuição das ligas foi realizada num equipamento tipo Sievert (Figura 1) controlado por computador. A cominuição envolve as etapas de hidretação, desidretação e passivação.

Na etapa de hidretação, a liga foi aquecida em forno tubular sob atmosfera de H₂ a 200°C. Nesta temperatura formam-se os hidretos de urânio. Por diferença de densidade entre o hidreto e o metal, a liga se desintegra na forma de pó. Já a etapa de desidretação foi realizada à temperatura de 400°C sob vácuo, transformando os hidretos em urânio metálico. Como o pó é pirofórico, este é passivado com 10% de O₂ e 90% de Ar.

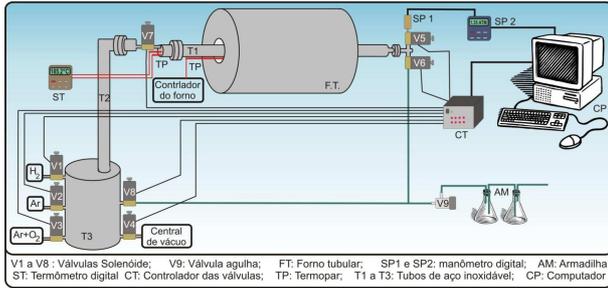


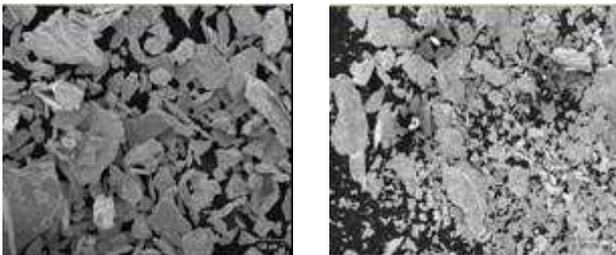
Figura 1. Esquema do equipamento para a realização da hidretação-desidretação [6].

A análise granulométrica do pó foi realizada através de micrografias obtidas no MEV (JEOL, JXA-8900RL). O tamanho das partículas foi tomado como a média entre a maior e a menor diagonais utilizando-se o programa Quantikov 2009[®].

RESULTADOS

Com o estabelecimento de uma técnica de cominuição das ligas foi possível obter os pós e fotografá-los por MEV.

Na Figura 2 são mostradas duas micrografias como ilustração dos pós obtidos.



a) U_{2,5}Zr_{7,5}Nb

b) U₃Zr₉Nb

Figura 2. Micrografias de pós obtidos pelo processo hidretação-desidretação.

Na Figura 3 são apresentados os tamanhos médios das partículas de cada pó de liga obtidos nas condições citadas na Tabela I. Observa-se que, dentre os tratamentos térmicos, a liga U_{2,5}Zr_{7,5}Nb apresenta tendência a gerar partículas maiores do que a liga U₃Zr₉Nb.

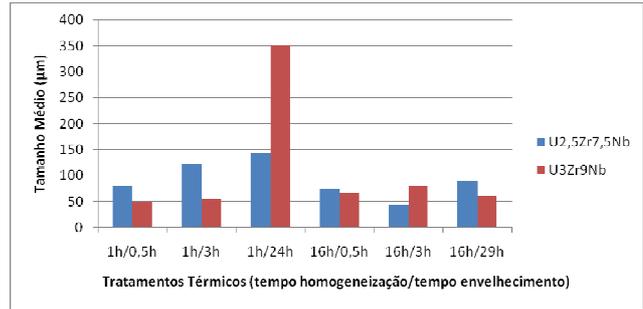


Figura 3. Tamanho médio das partículas em função do tratamento térmico aplicado às ligas.

CONCLUSÕES

Através do processo de hidretação-desidretação foi possível obter pós das ligas U_{2,5}Zr_{7,5}Nb e U₃Zr₉Nb. Observou-se que a liga U_{2,5}Zr_{7,5}Nb tem tendência a gerar partículas maiores que a outra liga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CAHN R. W., ET AL. Materials Science and Technology - A Comprehensive Treatment. Frost, B. R. T. v.10A, 1997.
- [2] PASQUALINI, E. E., ET AL. Research Reactor Fuel Management. Bariloche, 2002b, p.183-187.
- [3] CLARK, C. R.; ET AL. International Meeting On Reduced Enrichment For Research And Test Reactors. São Paulo, 1998.
- [4] PARK, J. M. Journal of Nuclear Materials, v.265, p. 38-43, 1999.
- [5] SMITH, C. O. Nuclear Reactor Materials. London, Addison-Wesley Publishing Company, 1967.
- [6] AGUIAR, B. M. Desenvolvimento dos Processos de Cominuição, Passivação e Investigação da Cinética de Hidretação Massiva da Liga U-4Zr-2Nb Pelo Processo de Hidretação-Desidretação. 2008. Dissertação. CDTN, 2008.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG

3. Seção da Produção de Radiofármacos

Produção de ^{18}F FDG utilizando esterilização por calor úmido

Priscilla Figueiredo Santos e Juliana Batista da Silva
Seção da Produção de Radiofármacos - SECPRA

INTRODUÇÃO

A Unidade de Pesquisa e Produção de Radiofármacos (UPPR) do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) apresenta, atualmente, processo validado para a produção de ^{18}F FDG utilizando esterilização por filtração (membrana de 0,22 μm). Diante da recomendação da Farmacopéia Brasileira 4ªed para se adotar calor úmido como método de escolha para esterilização, propõe-se que novos procedimentos sejam elaborados e implantados, de modo a incluir a autoclavação nos processos produtivos de ^{18}F FDG. Segundo KARWATH e colaboradores (2005), para se conseguir um produto de qualidade após esterilização por calor úmido, é preciso alterar o pH da formulação. O pH da solução de ^{18}F FDG deve ser ligeiramente ácido para evitar a decomposição do produto final durante o processo de esterilização.

OBJETIVO

Avaliar a viabilidade de esterilização do ^{18}F FDG por calor úmido levando em consideração o impacto dessa mudança na qualidade do produto e no processo produtivo.

METODOLOGIA

Foi proposto um método para esterilização do radiofármaco ^{18}F FDG por calor úmido. A ação do calor úmido e a influência do pH da formulação na formação de produtos de decomposição foram avaliados.

O produto autoclavado foi submetido aos ensaios de determinação de pH, solventes residuais, identificação radioquímica, pureza radioquímica, identificação

radionuclídica, pureza radionuclídica, endotoxinas bacterianas e esterilidade, conforme métodos descritos na USP 31. Além desses, foram feitas análises em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), de modo à melhor evidenciar a formação de possíveis produtos de decomposição do ^{18}F FDG.

RESULTADOS

Mudanças no processo de síntese de ^{18}F FDG permitiram a obtenção de amostras de pH variável (5,0, 5,5, 6,0 e 8,0) para avaliação de sua qualidade após o ciclo de esterilização.

Adotou-se como referência para comparação dos resultados o ^{18}F FDG não autoclavado. As amostras apresentando pH igual a 5,0, 5,5, e 6,0 cumpriram com todos os requisitos para ^{18}F FDG descritos na USP 31. A amostra cujo pH era 8,0 não cumpriu com as especificações de pH e pureza radioquímica que constam na USP 31.

Em relação aos ensaios em CLAE, em todas as amostras autoclavadas foi possível observar a formação de subprodutos (possivelmente ^{18}F -Fludesoximane). Observou-se, entretanto, que a formação do subproduto era maior para as amostras apresentando pH mais elevado (6,0 e 8,0).

CONCLUSÕES

Dentre as condições testadas, a produção de ^{18}F FDG com pH 5,0 demonstra ser a mais adequada para esterilização do produto por calor úmido. Além disso, ressalta-se a importância da realização de ensaios do ^{18}F FDG em CLAE, uma vez que essa técnica se mostrou bastante sensível a detecção de

produtos de decomposição do radiofármaco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] KARWATH, P. *et.al.* Steam sterilization and automatic dispensing of [¹⁸F]fludeoxyglucose (FDG) for injection. Appl. Rad. and Isot. 62 (2005) 577–586.

[2] UNITED States Pharmacopeia. 31.ed. Rockville: U. S. Pharm. Convention, 2008.

[3] FARMACOPÉIA Brasileira. 4.ed. São Paulo: Atheneu, 1996. pt.2, p.16.1

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN.

4. Serviço das Radiações Aplicadas à Saúde

Padronização e comparação de métodos de PCR para diagnóstico da leishmaniose visceral canina

Aline Leandra Carvalho Ferreira e Antero Silva Ribeiro de Andrade
Serviço das Radiações Aplicadas à Saúde - SERAS

INTRODUÇÃO

A leishmaniose visceral (LV) no Brasil é causada pela espécie *Leishmania (leishmania) chagasi* e os cães são considerados os principais reservatórios domésticos deste parasita. O controle da enfermidade no Brasil envolve a eutanásia dos animais infectados. Portanto, o diagnóstico correto e seguro é muito importante para evitar a transmissão da doença ou o sacrifício desnecessário destes cães. Uma das alternativas para investigação dos parasitas são as técnicas de PCR que permitem a identificação do DNA de *Leishmania* nas amostras coletadas. As amostras clínicas mais comumente utilizadas para a detecção por PCR são os aspirados por punção de medula óssea, baço, linfonodos, sangue e biópsias de pele (Queiroz, 2008). Um dos obstáculos para a implementação da técnica de PCR é a falta de padronização, apesar de muitos estudos já terem sido realizados sobre o diagnóstico molecular da LV. Segundo REITHINGER *et al* (2007), pouquíssimas pesquisas tinham como objetivo a comparação da eficiência das diversas técnicas de PCR disponíveis.

OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho foi comparar diferentes métodos de PCR e amostras clínicas utilizadas para o diagnóstico da leishmaniose visceral canina.

METODOLOGIA

Foram utilizadas três técnicas de PCR: Internal Transcribed Spacer 1 Nested PCR (ITS-1 nPCR), *Leishmania* Nested PCR (LnPCR) e kDNA Semi-Nested PCR

(kDNA snPCR) para avaliação de amostras clínicas de sangue, pele, medula óssea e swab conjuntival de 30 cães sintomáticos, positivos nos testes sorológicos e exame parasitológico. Para a extração de DNA das amostras de sangue, pele e medula óssea foram utilizados kits comerciais. A técnica de extração do DNA de swab conjuntival basou-se no trabalho de Ferreira *et al.* (2008). Os cães foram provenientes da região metropolitana de Belo Horizonte. Seis cães saudáveis foram utilizados como controle negativo. Para a análise estatística foi utilizado o teste Qui quadrado (χ^2), com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Os resultados do método ITS-1 mostraram que não houve diferença estatística entre as positivities de amostras de pele, swab conjuntival e a medula óssea. Apenas foi significativa a diferença entre as amostras de sangue e medula óssea ($p < 0,05$). O método Ln-PCR não apresentou qualquer diferença estatística entre as amostras avaliadas. Observando os dados obtidos da técnica kDNA-sn PCR temos a medula óssea e swab conjuntival com as maiores positivities, sendo que o teste estatístico apontou diferença significativa entre as amostras de swab conjuntival e sangue e também entre os aspirados de medula óssea e sangue ($p < 0,05$). As outras amostras quando comparadas entre si não mostraram diferença estatística. Considerando isoladamente cada amostra clínica não foi verificada diferença estatística entre a positividade dos 3 métodos de PCR testados (figura 1).

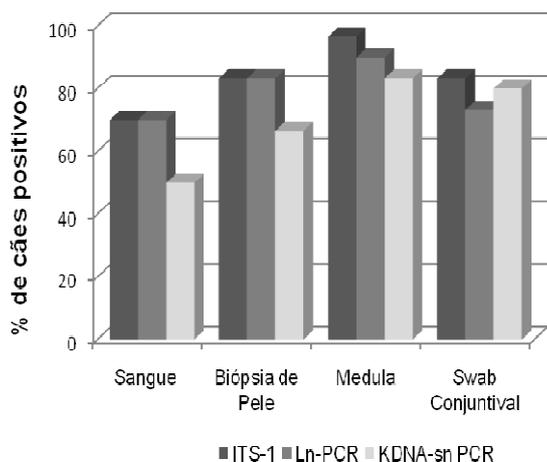


Figura 1: Porcentagem de cães positivos por amostra, considerando as técnicas utilizadas.

Comparando a positividade total das amostras clínicas (figura 2) verificou-se que as amostras de medula óssea foram estatisticamente superiores ao sangue, pele e swab conjuntival. Por sua vez não houve diferença estatística entre swab conjuntival e pele, sendo que estas duas amostras foram numericamente superiores ao sangue.

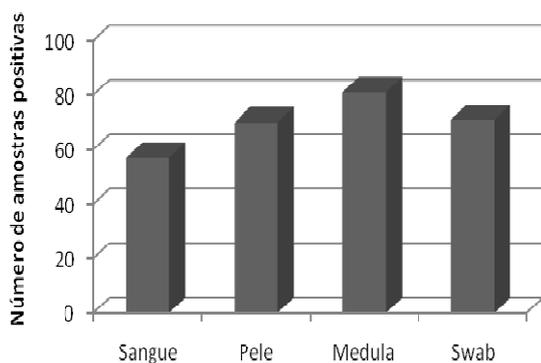


Figura 2: Total de amostras positivas entre os métodos investigados.

Quando confrontadas todas as amostras positivas dos métodos ITS-1 e Ln-PCR não houve diferença estatística significativa, o mesmo ocorreu entre o KDNA-sn PCR e

Ln-PCR. No entanto, foi observada uma diferença significativa entre a positividade dos métodos ITS-1 e KDNA-sn PCR ($p < 0,05$).

CONCLUSÕES

Analisando os métodos de PCR não houve diferença estatística dentro de cada amostra clínica. Em relação às amostras, o sangue mostrou o pior resultado, sendo estatisticamente inferior às demais amostras. A medula apresentou a maior positividade, seguida por swab conjuntival e pele que não obtiveram diferença estatística entre si, sendo ambas superiores ao sangue. Tendo em vista que as amostras de medula óssea não são adequadas para os levantamentos epidemiológicos é recomendada a utilização do swab conjuntival que apresentou alta sensibilidade neste estudo e ainda é uma técnica não invasiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] World Health Organization. The world health report 2002: reducing risks, promoting healthy life. Geneva; 2002.

[2] QUEIROZ, N. M. G. P. (2008), "Diagnóstico da leishmaniose visceral canina pelas técnicas de imunistoquímica e PCR em tecidos cutâneos em associação com a RIFI e Elisa-teste". Tese de mestrado em Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal. Brasil: Faculdade de Odontologia – UNESP, Campus de Araçatuba (SP).

[3] REITHINGER, R.; DUJARDIN, J.C. Molecular diagnosis of leishmaniasis: current status and future applications. J. Clin. Microbiol., v. 45, n. 1, p. 21-25, 2007.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG (CBB-APQ-00399-08), CNEN e CNPq

Desenvolvimento de técnicas e métodos para avaliação da qualidade de imagens digital e digitalizadas em mamografia

Danielle Soares Gomes e Maria do Socorro Nogueira
Serviço das Radiações Aplicadas à Saúde - SERAS

INTRODUÇÃO

Em exames que fazem uso da radiação ionizante a dose a que o paciente é exposto, deve ser mantida tão baixa quanto possível, de acordo com os princípios da proteção radiológica, porém sem comprometer a qualidade da imagem, que vai possibilitar o seu uso como ferramenta útil para o diagnóstico. A obtenção de imagens com definição e contraste satisfatórios pode ser alcançada com uma adequação da geometria do feixe de radiação e também com a escolha correta do sistema receptor e do seu processamento adequado. A mama é composta por tecidos de baixa densidade, formados por estruturas com densidades muito próximas o que aumenta a dificuldade na obtenção de contraste desejado na imagem formada pelos raios X. Esse fator associado à qualidade da radiação, à compressão da mama, ao uso de grade, ao sistema filme-écran, e ao processamento dos filmes são fatores que influenciam no contraste da imagem mamográfica[1,2,3].

Um programa de controle de qualidade em mamografia em Minas Gerais realizado pelo CDTN e VISA/MG, tem por objetivo realizar avaliações visuais da imagem do simulador. O estudo da VISA/CDTN teve como objetivo levantar a situação dos serviços de mamografia do estado de Minas Gerais, e estabelecer procedimentos de garantia de qualidade e controle de risco, sob o ponto de vista de proteção radiológica e qualidade da imagem dos exames. Neste trabalho desenvolveu-se uma metodologia para a avaliação automatizada, destas imagens obtidas pela VISA, utilizando o software livre ImageJ.

OBJETIVO

Aplicação de um protocolo que permita avaliar a qualidade de imagens mamográficas digitalizadas, com vistas à implementação de parâmetros que garantam o atendimento aos requisitos de proteção radiológica e qualidade de imagem.

METODOLOGIA

Para a realização dos testes de qualidade da imagem, foi usado o software livre ImageJ. Este Programa foi desenvolvido para aplicações de processamento e análise das imagens.

Avaliou-se 29 imagens digitalizadas de simuladores, do banco de imagem do CDTN e VISA/MG, que teve por objetivo realizar comparações com a avaliação visual feita pela vigilância sanitária.(figura1).

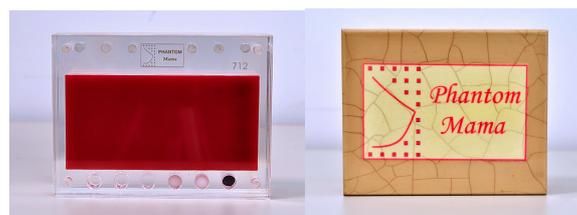


Figura1. - Simulador radiográfico de mama *Phantom Mama*.

Através das avaliações de estruturas destes simuladores, pode-se detectar a visibilidade dos objetos teste, determinando assim a qualidade desta imagem; (figura 2)

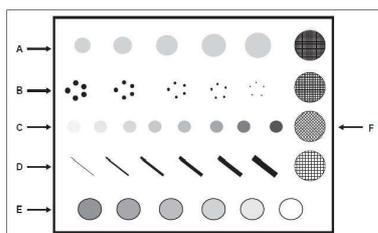


Figura 2. - Simulador radiográfico para mama, contendo as estruturas: massas (A), microcalcificações (B), discos de baixo contraste (C), fibras (D), escala de contraste (E) e grades metálicas de alto contraste (F).

RESULTADOS

Para cada objeto de teste, foi montada uma tabela (tabela 1) para se comparar a avaliação visual da automatizada.

Tabela 1: Resultado dos testes de avaliação visual e da metodologia proposta para verificação da resolução espacial, sendo as imagens conformes marcadas com “C” e não conformes com “N”.

Serviço	Avaliação Visual		Image J
	1	2	
Padrão 134	C	C	C
Padrão 411e	C	C	C
Padrão 411	C	C	C
MG 01	C	C	C
MG16	C	C	C
MG19	C	C	C
MG20	C	C	C
MG21	C	C	C
MG50	N	C	C
MG51	N	C	C
MG53	C	C	C
MG57	C	C	C
MG65	C	N	C
MG86	N	N	N
MG90A	C	C	C
MG101	C	C	C
MG102	C	C	C
MG103	C	C	C
MG104	C	C	C
MG107	C	C	C
MG114	C	C	C
MG123	C	C	C
MG124	C	C	C
MG133	C	C	C
MG165	C	C	C
MG192	C	C	C
MG194	C	C	C
MG205	C	C	C
MG213	C	C	C
MG224	N	C	C

A partir destas comparações pode se determinar que ambas as metodologias apresentaram concordância.

CONCLUSÕES

Os testes realizados com os objetos teste, determinam a qualidade da imagem mamográfica necessária para o diagnóstico.

E através deste trabalho, concluiu-se que tanto a avaliação visual como a automatizada (software livre ImageJ), chegam em resultado similar

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NCRP. National Council on Radiation Protection and Measurements. *Quality Assurance for Diagnostic Imaging Equipment*. Report. 99, 1988.
- [2] ICRP. International Commission on Radiological Protection. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*; ICRP Publication 103, Pergamon Press, Oxford: 1991
- [3] SVS - Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. *Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico* (Portaria nº453). Diário Oficial da União de 1 junho 1998.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG

Caracterização da atividade antitumoral de tiossemicarbazonas complexadas com metais: avaliação do seu potencial radiofarmacêutico

Raquel Pereira Ribeiro e Raquel Gouvêa dos Santos
Serviço das Radiações Aplicadas à Saúde - SERAS

INTRODUÇÃO

A neoplasia pode ser entendida como proliferação celular anormal, descontrolada e autônoma, na qual as células reduzem ou perdem a capacidade de se diferenciar, em consequência de alterações nos genes que regulam o crescimento e a diferenciação celulares.(1)

A enzima ribonucleotídeo redutase (RR) vem sendo relacionada como um alvo promissor na terapia do câncer. Esta enzima existe em todas as células vivas e apresenta a função de catalisar o passo limitante na síntese dos desoxirribonucleotídeos necessários para síntese e reparo do DNA. Sendo assim, os inibidores desta enzima são extremamente efetivos em bloquear a biossíntese de DNA.(2) Dentre outras substâncias que também apresentam atividade inibitória sobre esta enzima, estão as tiossemicarbazonas livres ou complexadas com metais (Fig.1). Complexos metálicos de tiossemicarbazona com o isótopo de cobre-64 (^{64}Cu), emissor de pósitrons, apresentam um grande potencial para aplicação no diagnóstico molecular por Tomografia por emissão de pósitrons (PET).

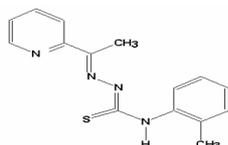


Figura 1. Estrutura geral de uma tiossemicarbazona derivada de 2-acetilpiridina

OBJETIVO

Esse projeto tem como objetivo a identificação e a determinação da atividade

antitumoral de complexos de cobre metálico de tiossemicarbazonas derivadas de 2-acetilpiridina (Culacm e Culapt) e suas formas livres (Lacm e Lacpt) sobre glioblastomas (RT2, U87 e T98), melanoma (UACC) e câncer de mama (MCF7).

METODOLOGIA

A 2-acetilpiridina e seus complexos foram sintetizados no departamento de Química da UFMG, no laboratório da nossa colaboradora, Dra Helosísa Beraldo.

As linhagens de células de melanoma (UACC) e de glioblastoma (U87 e T98) foram obtidos da ATCC (American Type Cell Collection). A linhagem e RT2 foi gentilmente cedida pelo Dr. William Broaddus, Medical College of Virginia (VCU,VA, USA).

Avaliação da atividade citotóxica: Teste do MTT

Placas de Petri de 96 poços foram semeadas com células tumorais (1000cel/poço) em meio DMEM (Dulbecco's modified Eagle's) e depois de 24 horas de incubação, para aderência, elas são expostas a diferentes concentrações da droga (10⁻¹² a 10⁻⁵ M). Após 48 horas de tratamento a viabilidade metabólica celular foi medida espectrofotometricamente a 570 nm através do teste com o MTT. O MTT é um sal de tetrazolium que, ao ser reduzido por enzimas desidrogenases de células metabolicamente viáveis, forma cristais de Formazan.

Análise das alterações do DNA cromossomal através da coloração com DAPI.

RESULTADOS

Todas tiossemicarbazonas(tsc) provocaram alterações morfológicas (Fig 2) e alterações na cromatina (Fig 3) em todas as linhagens testadas.

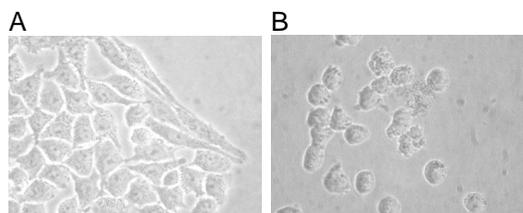


Figura 2: Alterações morfológicas provocadas pela tiossemicarbazona Lacm. **A:** Células U87 controle, **B:** Células U87 após tratamento de 48 hs. Aumento: 400x.

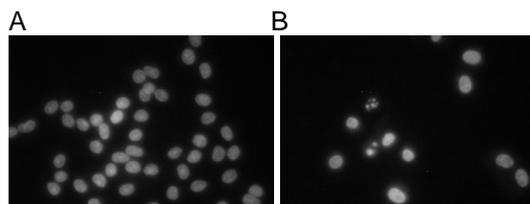


Figura 3: Fotomicrografia do núcleos de células U87 controle (**A**) e tratadas com a tiossemicarbazona Lacm após 48 hs (**B**). Teste DAPI. Aumento: 400x

Todas tiossemicarbazonas foram muito potentes da ordem de nanomolar, conforme os IC50 mostrados na tabela 1.

TABELA 1: Efeito Citotóxico de tiossemicarbazonas derivadas de 2-acetilpiridina e seus complexos com cobre em células tumorais.

Compostos	IC50* (nM)				
	RT2	T98	U87	UACC	MCF7
Lacm	1.44 ±0.05	6.57 ±0.09	0.21 ±0.07	7.31 ±0.03	0,62 ±0,09
Lacpt	43.30±0.08	0.16 ±0.07	0.38 ±0.07	5.51 ±0.04	0,24 ±0,08
Culacm	0.35 ± 0.03	0.45 ±0.05	0.36 ±0.05	0.34 ±0.03	0,18 ±0,07
Culacpt	0.33 ± 0.07	0.14 ±0.06	0.20 ±0.09	0.87 ±0.07	0,28 ±0,08

IC50: Concentração Inibitória que mata 50% das células - Resultados expressos como média±desvio padrão, n=3.

CONCLUSÃO

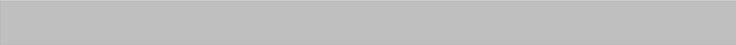
A coordenação das tiossemicarbazonas com cobre aumentou o efeito citotóxico sobre as linhagens. Estes dados indicam o grande potencial destes complexos para ao desenvolvimento de radiofármacos baseados no emissor de pósitron Cu-64.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1)FILHO; G. B. *Bogliolo Patologia Geral*. 3ª Ed. Guanabara Koogan, 2006.
- (2)BERALDO; Heloisa. *Semicarbazonas e Tiossemicarbazonas: O amplo perfil farmacológico e usos clínicos*, Belo Horizonte, 2003.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/CDTN ; FAPEMIG



5. Serviço de Gerência de Rejeitos

A importância das incertezas em análise de segurança de repositórios de rejeitos radioativos

Ana Cristina Vieira Zuccheratte e Rogério Pimenta Mourão
Serviço de Gerência de Rejeitos – SEGRE

INTRODUÇÃO

A implementação de um repositório para deposição de rejeitos radioativos envolve uma série de estudos para determinação da viabilidade do empreendimento que vão desde a escolha do local para a sua construção até a análise do seu desempenho para toda a sua vida útil após seu fechamento.

Tais estudos exigem análise de dados e de várias áreas das ciências. Eventualmente todas devem ser combinadas de modo a se ter uma conclusão sobre a adequabilidade do sistema em termos de segurança radiológica e ambiental. Este estudo é chamado de análise de segurança.

OBJETIVO

Estudar as inúmeras formas de incertezas na segurança para com o meio, encontradas durante a elaboração de um projeto de repositório e estudar o melhor tratamento para as mesmas.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado a partir de uma revisão bibliográfica. Inicialmente foram realizadas pesquisas em trabalhos específicos sobre repositórios bem como estudos com profissionais da área.

RESULTADOS

O processo de tratamento e deposição dos rejeitos depende da classificação dos rejeitos e regulamentação de cada país.

A construção dos repositórios passa por vários estudos desde a escolha de locais até estudos do comportamento do repositório, após o seu fechamento, durante

todo o período de vida útil. A disposição final dos rejeitos radioativos é um problema complexo e requer a aplicação de várias disciplinas e entrosamento de profissionais de diferentes campos da ciência.^[1]

Devido à sua complexidade, todo o sistema de deposição é geralmente dividido em vários subsistemas de modo a se ter um melhor entendimento e facilitar a modelagem matemática.^[1] Após estudo de cada subsistema, tem-se então a agregação dos dados tendo assim um modelo do sistema total onde, através da análise total de segurança, se poderá definir sobre a adequabilidade do sistema em relação as normas de segurança radiológica e ambiental.

Este último processo é particularmente delicado devido às incertezas presentes nas análises de dados, sua transmissão através dos cálculos e finalmente na determinação da confiabilidade dos resultados. Portanto, uma das etapas mais importantes no estudo de implantação e construção de repositórios de rejeitos, é na definição das incertezas e do modo como estas serão representadas de modo a se ter o máximo de confiabilidade nos resultados dos cálculos de segurança.

No caso do Brasil será construído o repositório para deposição de rejeitos de baixo e médio nível, em geral este é projetado para uma vida útil de 300 a 500 anos, dependendo dos tipos de rejeitos e legislação de cada país.^[1] Para tal período de tempo, não há um modo de se verificar as previsões feitas pelos cálculos. Existem, contudo mecanismos para o fortalecimento da confiança nos resultados.

Um destes mecanismos é o tratamento das incertezas. De acordo com a AIEA existem dois tipos de incertezas, a tipo A, ou aleatória, e a tipo B, ou epistêmica.

As incertezas aleatórias são aquelas originadas por variações naturais e não podem ser reduzidas. As incertezas epistêmicas são geradas por desconhecimento completo sobre os fenômenos e podem ser reduzidas ao se coletar mais dados ou ao se conseguir mais informações sobre os fenômenos estudados.

Fontes de incertezas

A fonte de incerteza está diretamente ligada ao desempenho futuro da instalação, incluindo o uso e ocupação da terra, os processos geofísicos e de intrusão dos radionuclídeos entre outros.^[1] Porém não é possível realizar uma descrição exata do futuro do local da instalação do repositório, mais pode se proporcionar uma descrição próxima do real, com base na evolução mais provável, em experiências passadas e dados disponíveis.

Modelo conceitual

O modelo conceitual é a representação do conhecimento atualizado do funcionamento do sistema de deposição, ou seja, o conhecimento dos processos naturais em curso, dos princípios das reações geoquímicas e interações entre os vários parâmetros que compõem todos os elementos que afetem a migração dos radionuclídeos na geosfera, fenômenos de degradação das barreiras de engenharia, transferência de contaminantes para os seres vivos, etc.^[1]

Devido a diversos fatores, o conhecimento sobre os processos não é completo e uniforme. Esta diferença na disponibilidade de conhecimento é uma fonte importante de incertezas, pois são feitas suposições sobre

o funcionamento do sistema que são posteriormente representadas por meio de modelos matemáticos usados para prever o comportamento do sistema por varias centenas ou milhares de anos no futuro.

A maneira mais usada para se avaliar as incertezas do modelo é através da validação por meio de comparação com modelos consagrados pela comunidade científica internacional.

CONCLUSÕES

Como não há uma forma de se prever o futuro com certeza. Uma das formas usadas para se representar o que se supõe ser a mais provável evolução do sistema ao longo dos anos futuros seria se basear em dados de eventos passados. Neste contexto o julgamento de especialistas é de grande importância.

Outro modo de se melhorar a confiança nos resultados seria usar dados de eventos presentes como base para prever os eventos futuros. Independente do método usado, os cálculos devem sempre ser feitos de forma que permitam decisões defensáveis cientificamente.^[1]

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] IAEA / ISAM (2004). Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities. Volume 2: Test Cases – Results of co-ordinated research Project. Vienna, 2004

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO PROBIC

Sistema computacional para facilitar a realização da manutenção centrada em confiabilidade em processos industriais

Danyel Pontelo Correa e Vanderley de Vasconcelos
Serviço de Gerência de Rejeitos – SEGRE

INTRODUÇÃO

A manutenção centrada em confiabilidade (MCC) é uma metodologia que visa aproveitar ao máximo a vida útil dos equipamentos, enquanto estes conseguem desempenhar as funções requeridas. Os reparos são feitos sem visar restabelecer a condição ideal. Esse modo de agir reduz o tempo de parada e os custos de manutenção. A MCC utiliza técnicas de análise de risco para aumentar a vida útil dos equipamentos [3]. No software em questão foi utilizada a técnica FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). A FMEA é uma técnica de grande importância, aplicada primeiramente nas indústrias de alto risco, como nuclear, bélica e aeronáutica, e depois difundida para outras indústrias [1]. Trata-se de uma ferramenta sistemática para quantificar a severidade, a probabilidade de ocorrência e de detecção de falhas, bem como orientar na busca de ações corretivas, melhorias de processos e projetos, bem como a elaboração de planos de contingência e de emergência [2]. Este trabalho apresenta um sistema computacional desenvolvido no CDTN, dentro do Programa CNEN/PROBIC, para auxiliar a realização de estudos que visem implementar a MCC.

OBJETIVO

Implementar um aplicativo computacional para guiar a aplicação da manutenção centrada em confiabilidade.

METODOLOGIA

A MCC pode ser dividida em etapas que garantem uma maior organização e orientação ao trabalho. Na primeira etapa

deve ser feita a definição da equipe, composta pelo gerente e pelo chefe de produção, pelo supervisor de manutenção e pelos mecânicos que tenham experiência com o sistema em foco. Devem participar ainda, um técnico do setor de projetos e um segundo do setor de planejamento e controle de manutenção. A equipe deve ser conduzida por um analista familiarizado com a MCC. Deve ser definida ainda, a abrangência da operação. O segundo passo é dividir o processo produtivo em sistemas e subsistemas funcionais. Os itens físicos devem ser incorporados a um sistema ou subsistema. Finalmente, deve-se avaliar a prioridade dos sistemas com base no risco de parada total ou parcial. Na terceira fase são analisadas as funções e falhas funcionais do subsistema. Função é tida como a razão para a qual o subsistema foi projetado. As falhas funcionais são um desvio da especificação proposta ao item físico. Em seguida são selecionados os itens críticos dos subsistemas. Os itens críticos são os que estão associados às funções críticas. Deve ser avaliado o grau de dificuldade para realizar a manutenção do item físico e os efeitos de suas falhas funcionais na segurança humana, ambiental e conseqüências econômicas e operacionais. Na quinta etapa deve ser feita uma análise de modos e efeitos de falha. Para isso utiliza-se a técnica FMEA. O passo seguinte consiste em avaliar as tarefas de manutenção preventiva. Com os dados das etapas anteriores em mãos é possível definir ações para cada modo de falha. Finalmente, deve ser traçado o plano de manutenção. Nesse plano devem constar as tarefas de manutenção para cada modo de falha e a frequência de realização de cada tarefa. [3]

RESULTADOS

O aplicativo é composto, basicamente, por formulários e planilhas, programados a partir de macros do *Visual Basic* (Figura 1). O aplicativo visa facilitar o preenchimento dos formulários pela equipe multidisciplinar envolvida na análise. São fornecidos formulários de ajuda instruindo sobre a funcionalidade dos principais botões. O software desenvolvido propicia a realização paralela da análise por equipes diferentes. Tais planilhas contêm os dados do processo importantes para se planejar as atividades de manutenção.

CONCLUSÕES

O aplicativo desenvolvido é uma ferramenta que tem por objetivo auxiliar na realização da MCC e da técnica FMEA. Os benefícios desse tipo de manutenção são o menor tempo de parada, redução de custos, aumento da vida útil de equipamentos, maior qualidade do produto ou serviço e maior segurança humana e proteção ambiental. A implementação de técnicas de identificação de perigos e análise de riscos é, eventualmente, realizada de forma não padronizada pelos diversos setores de uma empresa, diminuindo a eficácia dos critérios de priorização das ações recomendadas baseados no índice de risco. O software desenvolvido visa facilitar e padronizar as análises de risco e a definição de um plano de manutenção.



Figura 1. Tela inicial do aplicativo FMEA

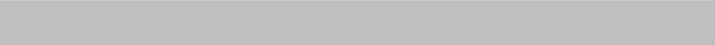
O aplicativo melhora também o armazenamento de dados. Os dados da análise ficam armazenados em planilhas do Microsoft Excel e podem ser facilmente consultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Senne JR., M. *Abordagem sistemática para avaliação de riscos de acidentes em instalações de processamento químico e nuclear*. Tese de Doutorado, FEQ/UNICAMP, Campinas, (2003).
- [2] Vasconcelos, V.; Costa, A.C.L.; Jordão, E. "Development of a systematic methodology to select hazard analysis techniques in nuclear facilities". Proceedings of 12th Brazilian Congress of Thermal Engineering and Sciences, Belo Horizonte, MG, November, 10-14 (2008).
- [3] Zaions, D. R. *Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma planta de Celulose e Papel*. UFRGS, Porto Alegre, 2003 (Tese de Mestrado).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CDTN / CNEN e CNPq



6. Serviço de Integridade Estrutural

Avaliação da corrosão sob tensão da liga de alumínio 7075-T6 em solução de NaCl 3,5%

Cartergiane Junio de Oliveria e Marco Antônio Dutra Quinan
Serviço de Integridade Estrutural - SEIES

INTRODUÇÃO

A Corrosão Sob Tensão (CST) ou *Stress Corrosion Cracking* (SCC), é um termo geral que descreve falha de metais ou ligas que ocorre por propagação de trincas em meios corrosivos. Desenvolve-se sob tensões de tração relativamente baixas, e o nível de tensão de fratura requerido é menor comparado com fratura do material no ar [1].

A liga 7075 foi desenvolvida para melhorar as propriedades metalúrgicas do metal puro garantindo assim uma liga mais leve e com propriedades mecânicas otimizadas, sendo de grande utilização na aeronáutica. A susceptibilidade à CST nas ligas de alumínio é observada em materiais que contenham quantidades apreciáveis de elementos tais como cobre, magnésio, silício e zinco.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da liga 7075-T6 sob as condições de corrosão sob tensão no ensaio de deformação lenta, utilizando o meio NaCl 3,5% como meio agressivo nos ensaios e o ar como meio neutro (referência).

METODOLOGIA

Utilizou-se o alumínio 7075-T6, adquirido na forma de barra, com dimensões de 263x150x150mm. Foram retirados corpos de provas para ensaios de tração em três sentidos ortogonais. Ensaios foram realizados no ar (referência) e no meio NaCl 3,5% com auxílio de uma célula onde

circulou-se aproximadamente 4 litros de solução durante os ensaios. Foram preparadas amostras metalográficas nos três sentidos de orientação ortogonais. O ataque químico foi realizado com reagente de Keller (5 ml de ácido nítrico, 3 ml de ácido clorídrico, 2 ml de ácido fluorídrico e 190 ml água destilada) por imersão, durante 20s [2].

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta as metalografias das amostras da liga de alumínio 7075-T6 nos três sentidos de orientações (R,S e T).

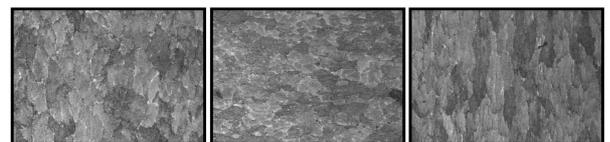


Figura 1: Aumento de 50 vezes. R, S e T respectivamente.



Figura 2: Curva tensão versus deformação, sentido R.

As Figuras 2, 3 e 4 apresentam, respectivamente, as curvas características de tensão versus deformação relativas aos ensaios de deformação lenta das amostras

nas três orientações: R, S e T , no meio NaCl 3,5% e no meio neutro.

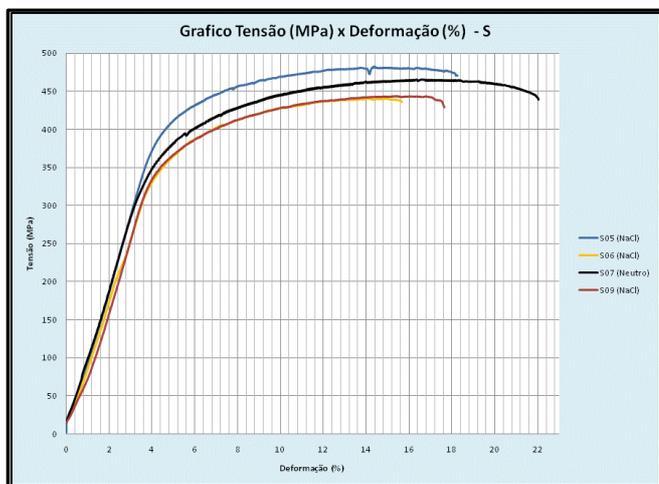


Figura 3: Curva tensão versus deformação, sentido S.

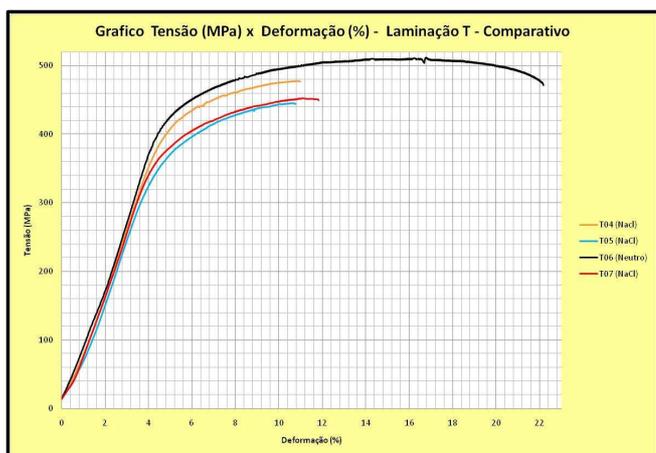


Figura 4: Curva tensão versus deformação, sentido T.

Na Figura 5 são apresentadas as imagens obtidas, no microscópio eletrônico de varredura (aumento de 15X), das amostras ensaiadas no meio neutro e no meio NaCl 3,5% , sentido T de orientação.

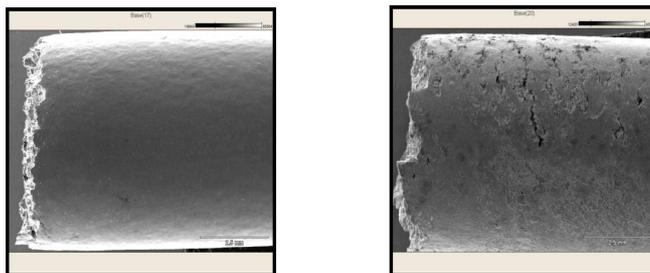


Figura 5: Aspecto visual após fratura, em meio neutro e em solução corrosiva.

CONCLUSÕES

A partir da análise geral dos dados obtidos nos ensaios de tração com taxa de deformação lenta (curvas tensão versus deformação %) juntamente com a razão entre deformação plástica total no meio de estudo e no meio neutro e as macrografias da região de fratura, verificou-se que a liga de alumínio 7075 -T6 é suscetível à CST no meio NaCl 3,5%, sendo que o sentido de orientação influencia significativamente nos resultados de corrosão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SIERADZKI, K., NEWMAN, R.C. Stress corrosion cracking. J. Phys. Chem. Solids, v.48, n.11, p.1101-1113, 1987
- [2] COUTINHO, TELMO DE AZEVEDO. Metalografia dos Não Ferrosos: Análise Prática. SÃO PAULO, 1980

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem CNPq pela concessão de bolsas e apoio financeiro.

Simulação Numérica de Tensões e Deformações de Tubulações Submetidas à Estratificação Térmica

Daniel Jardim de Souza e Luiz Leite da Silva
Serviço de Integridade Estrutural - SEIES

INTRODUÇÃO

Estratificação térmica é um fenômeno em tubulações horizontais com escoamento laminar e diferentes temperaturas entre as camadas do fluido. Ao final da década de 80 ocorreram os primeiros vazamentos em tubulações de centrais nucleares devidos à fadiga térmica originada na estratificação térmica [NRC, 1988]. Isto despertou mundialmente o interesse pelo fenômeno em centrais nucleares projetadas até os anos 80. A estratificação térmica induz altas tensões compressivas na parte superior, trativas na inferior e circunferenciais na seção transversal do tubo. Há flutuações de temperaturas na interface entre fluido quente e frio, induzindo tensões cíclicas. Nesta interface pode ocorrer a nucleação de trincas na parede do tubo [Hunger, 1993].

Estudos experimentais da influência da estratificação térmica em tubulações foram realizados em uma seção de testes que simula o bocal de injeção de um gerador de vapor de uma central nuclear a água pressurizada. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Termohidráulica do CDTN com os dados registrados eletronicamente. Tensões e deformações em um modelo desta seção foram simuladas numericamente com o código ANSYS. O refinamento do modelo numérico foi determinado pelos resultados experimentais [da Silva, 2009].

OBJETIVO

Obter respostas numéricas de tensões e deformações, coerentes com os resultados experimentais, de um modelo de uma seção de testes que simula o bocal de injeção do gerador de vapor de uma central

nuclear a água pressurizada utilizando o código ANSYS.

METODOLOGIA

Simulações consistentes com o código ANSYS requerem a escolha do elemento adequado. Para este trabalho foi escolhido o elemento SOLID98. Este é um elemento tetraédrico de 10 nós da biblioteca do ANSYS, que permite atribuir carregamentos simultâneos em seus nós. Utilizou-se a técnica de simulação acoplada para determinar a resposta para todos os carregamentos aplicados simultaneamente.

A simetria vertical da estratificação térmica permitiu reduzir o modelo computacional da seção de testes. Foram considerados 65 passos de carregamentos para obter a resposta transiente. Considerou-se o modelo com isolamento térmico e variações das propriedades mecânicas do material.

A discretização do modelo utilizou elemento com arestas de 15mm, gerando 26.556 elementos e 52.983 nós.

RESULTADOS

Nas Figuras 1 e 2 são mostradas as distribuições de tensões e deformações simuladas. Nas Figuras 3 [da Silva, 2009] e 4 são mostradas, respectivamente, as deformações experimentais e simuladas. A diferença observada entre estes valores estão dentro das encontradas em experimentos de fadiga dos materiais. Acredita-se ser possível melhorar esta diferença reduzindo o tamanho do elemento, melhorando as condições de contorno do modelo e as variações das propriedades mecânicas do material.

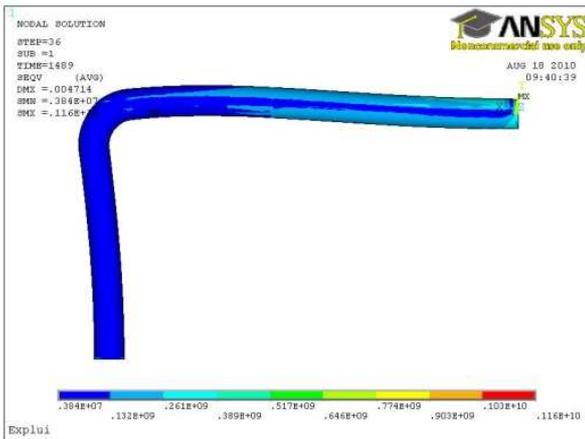


Figura 1 Tensões de von Misses passo 36

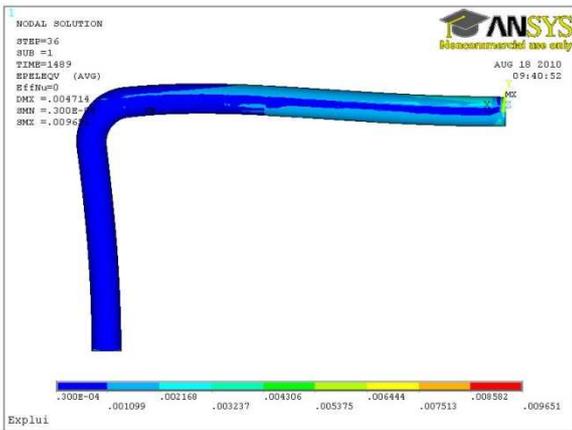


Figura 2 Deformações passo 36

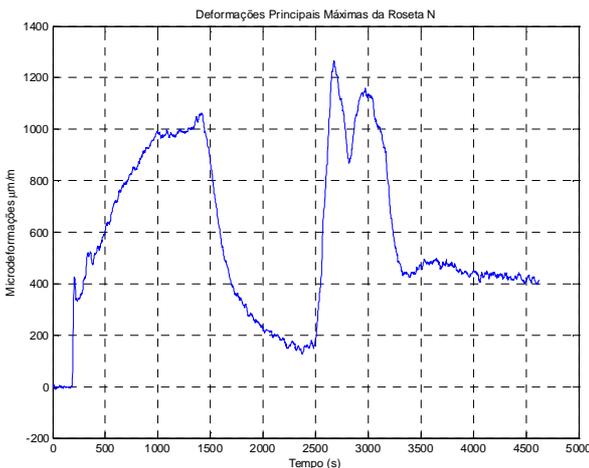


Figura 3 Deformações Experimentais

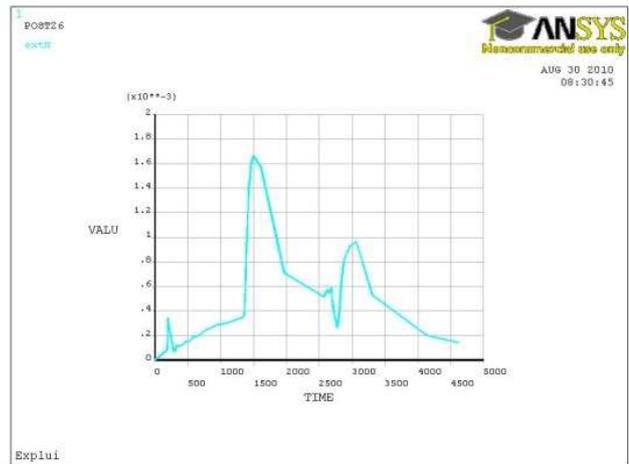


Figura 4 Deformações simuladas

CONCLUSÕES

Simulações numéricas acopladas de um modelo de uma seção de testes foram realizadas. A diferença entre os valores simulados e experimentais estão de acordo com os encontrados para estudos de fadiga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NRC Bulletin 88-08: Thermal stresses in piping connected to reactor coolant systems. June 22, 1988.
- [2] HUNGER, H. Experimental investigation of a flawed pipe system loaded with temperature stratification and pressure. SMIRT 12, Elsevier Science Publishers, 1993.
- [3] Da Silva, L. L. Análise Experimental e Numérica em Tubulações Submetidas ao Fenômeno de Estratificação Térmica, Tese de Doutorado, UFMG, 2009.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

O autor e o orientador agradecem a FAPEMIG pelo apoio financeiro.

Caracterização mecânica e microestrutural de soldas dissimilares de aço inoxidável austenítico AISI 316L com Inconel 182

Ellen dos Santos e Wagner Reis da Costa Campos
Serviço de Integridade Estrutural - SEIES

INTRODUÇÃO

Ligas à base de níquel possuem alta resistência à corrosão, sendo assim muito utilizadas como metal de adição em soldagens entre metais dissimilares (DMW - Dissimilar Metal Weld). Essas soldas são empregadas em usinas de geração de energia nuclear e convencional, indústrias químicas e petroquímicas. [1-3]

Em algumas destas plantas existem bocais compostos de tubulações de aço inoxidável ou ligas de níquel soldadas. A manutenção da integridade estrutural destes bocais, que são normalmente partes do sistema de pressão, é essencial a uma operação segura e continuada das plantas.

Alguns destes componentes soldados passam por tratamentos térmicos pós-soldagem para alívio das tensões. Estes tratamentos térmicos, apesar de aliviarem tensões prejudiciais à junta, podem causar degradação na sua microestrutura e está relacionada com a temperatura e tempo do tratamento térmico. Vários trabalhos publicados têm mostrado que trincas por corrosão sob tensão, envolvendo materiais dissimilares, está fortemente relacionada com a microestrutura na região de solda. Assim, a análise de soldas dissimilares, utilizando ligas de níquel como metal de adição, vem se tornando o foco de intensos estudos, principalmente na área nuclear e petroquímica.

OBJETIVO

Investigação e caracterização mecânica e microestrutural de soldas de chapas de Aço Inoxidável Austenítico AISI 316L com adição de Inconel 182.

METODOLOGIA

Foram realizadas as seguintes atividades:

- Confecção de quatro conjuntos soldados de chapas de AISI 316L com adição de Inconel 182 pelo processo SMAW.
- Tratamentos térmicos pós-soldagem a 600°C, 700°C e 800°C, por 3 horas.
- Confecção de corpos-de-prova para ensaios metalográficos e mecânicos na região de solda e no metal base.
- Ensaio metalográfico e de tração (a temperatura ambiente e a 325°).
- Análise por EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) na região da solda.

RESULTADOS

Através de ensaios metalográficos percebeu-se a presença de grande quantidade de ferrita delta no AISI 316L, alongadas devido à laminação. Com os tratamentos térmicos a quantidade de ferrita delta diminuiu gradativamente. verificou-se a presença de fase sigma na zona afetada pelo calor (ZAC) do metal base, acompanhado de uma ligeira precipitação de carbonetos, provavelmente de Cr e Mo. O tratamento térmico também aumentou a precipitação de carbonetos no metal de solda.

Os ensaios de microdureza Vickers (HV 0,1kg) realizados no metal de solda mostraram um aumento de dureza no tratamento térmico à 600°C e uma redução na dureza, com o tratamento térmico a 700°C e 800°C.

Os ensaios de tração à temperatura ambiente e à 325°C, no metal de solda estão apresentados nas Tabelas I e II.

Tabela I –Ensaio de tração na junta soldada realizados à temperatura ambiente.

Temperatura de ensaio 22°C				
N°CP	Localização da fratura	TT	σ_e	σ_r
			kgf/mm ²	kgf/mm ²
7	Solda	sem	25,59	47,48
4	Solda	600°C/3h	29,36	49,47
6	Solda	700°C/3h	28,04	50,29
5	Solda	800°C/3h	24,82	47,96

Tabela II –Ensaio de tração na junta soldada realizados à temperatura de 325°C.

Temperatura de ensaio 325°C				
N°CP	Localização da fratura	TT	σ_e	σ_r
			kgf/mm ²	kgf/mm ²
7	MB	sem	39,87	67,59
4	Interface	600°C/3h	40,19	66,77
6	MB	700°C/3h	40,31	71,98
5	MB	800°C/3h	36,47	67,03

Para os ensaios realizados à temperatura ambiente e a temperatura 325°C o limite de escoamento (σ_e) avaliado na junta soldada apresentou um aumento de aproximadamente 15% com o tratamento térmico a 600°C e 700°C e uma leve redução a 800°C. Enquanto o limite de ruptura (σ_r) apresentou um ligeiro crescimento com o tratamento térmico.

CONCLUSÕES

Verificou-se uma redução da quantidade de ferrita delta na ZAC do AISI 316L junto à linha de fusão, o que é fator prejudicial as juntas soldadas principalmente em relação à corrosão sob tensão.

O aumento da precipitação de carbonetos no metal base devido ao tratamento térmico foi muito pequeno, porém a precipitação nos contornos de dendrita do metal de solda de Inconel 182, junto à linha de fusão aumentou significativamente com o tratamento térmico.

A variação nos resultados dos ensaios de microdureza realizados no metal de solda, aumentaram para o tratamento

térmico realizado à 600°C e reduziram para as temperaturas de 700°C e 800°C, provavelmente devido a um aumento na precipitação de carbonetos de Ti e Nb na temperatura de 600°C em relação as temperatura de 700°C e 800°C.

Próximo a linha de fusão houve uma ligeira diminuição no valor da dureza com aumento da temperatura possivelmente devido à redução da tensão residual perto da linha de solda.

Os ensaios de tração mostraram um aumento no limite de escoamento (σ_e) e do limite de ruptura (σ_r) para os corpos de prova com o tratamento térmico na junta soldada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Miteva, R. and Taylor, N. G. “General Review of Dissimilar Metal Welds in Piping Systems of Pressurized Water Reactors, Including WWER Designs”. NESC - Network for Evaluating Structural Components. IE Institute for Energy. EUR22469E. 2006.

[2] Chhibber, R., Arora, N., Gupta, S., Dutta, B. “Use of bimetallic welds in nuclear reactors: associated problems and structural integrity assessment issues”. Proceedings of the I MECH E Part C, Journal of Mechanical Engineering Science. V. 220, N. 8, 2006, p. 1121-1133.

[3] Gomez-Briceno, D. et al. “SCC of alloy 600 components in PWR primary loop. International Symposium on Nuclear Power Plant Life Management”. 88-89, Budapest, Nov 2002, p. 4-8.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais. FAPEMIG

OBSERVAÇÃO: Trabalho vinculado ao do bolsista Rangel Teixeira Frade pelo projeto de mesmo título.

Desenvolvimento de sistema de aquisição para máquina universal de ensaios INSTRON TTDML do Laboratório de Ensaios Mecânicos

Luís Eduardo Lopes e Jefferson José Vilela
Serviço de Integridade Estrutural - SEIES

INTRODUÇÃO

Os ensaios mecânicos são de fundamental importância na caracterização dos materiais de engenharia. Nesse sentido, o laboratório de ensaios mecânicos do CDTN tem equipamentos para atender a demanda interna de pesquisa, da área de integridade e outras, e prestação de serviços à comunidade para diversos tipos de ensaios.

Hoje no laboratório encontra-se instalada a máquina universal de ensaios INSTRON modelo TTDML de 1971. Essa máquina, apesar de dispor de uma boa estrutura mecânica, utiliza um sistema de aquisição de dados extremamente defasado tecnologicamente [1] e dessa forma nem mesmo o fabricante oferece suporte, visto que já não se encontra peças de reposição [2] no mercado. Além disso, a impressão do gráfico do ensaio utiliza de um sistema eletromecânico que exige um papel específico e por isso caro. Conforme se verifica abaixo na Figura 1.



Figura 1 - Sistema eletromecânico p/ impressão.

A implantação deste novo sistema de aquisição agregará significativas melhorias

ao procedimento de ensaio dos materiais, nos seguintes aspectos:

Confiabilidade, por permitir um maior número de sensores e conseqüentemente o monitoramento de mais parâmetros durante o ensaio.

Econômico, por dispensar o uso de papel específico, poupar tempo do operador na confecção do relatório e substituir o hardware antigo e de difícil manutenção.

Tratabilidade dos dados, por disponibilizar os dados do ensaio em formato digital, softwares específicos para análises poderão ser posteriormente utilizados.

OBJETIVO

Desenvolver um sistema de aquisição, hardware e software, para a máquina universal de testes INSTRON TTDML, capaz de trabalhar com múltiplos sensores e gerar o relatório do ensaio segundo o padrão exigido.

METODOLOGIA

Em princípio, levantou-se as características necessárias à aquisição, como os tipos de sensores a serem suportados e a interface destes com a placa de aquisição, ainda a taxa de aquisição necessária para cada tipo de sensor. Através dessa análise optou-se por utilizar a placa de aquisição da National Instruments modelo NI USB-6210 e o ambiente de desenvolvimento LabView 2009 [3,4].

Posteriormente, foram discutidas as necessidades de software, no que diz respeito à usabilidade e a funcionalidade. A usabilidade além de ter sido discutida a priori, foi um aspecto sempre refletido ao longo do desenvolvimento do software. Já os aspectos funcionais foram definidos

nesse momento, sendo, entre outros, a capacidade de salvar e abrir registros de ensaios realizados, imprimir relatórios e ainda gerar diversos gráficos com os sinais adquiridos [5].

A partir desse momento o desenvolvimento do trabalho foi dividido em duas etapas, o desenvolvimento do software e posteriormente do hardware de interface.

RESULTADOS

O desenvolvimento do software de aquisição encontra-se em um estágio avançado, onde já foi desenvolvida uma ferramenta para cadastro dos sensores utilizados nos ensaios e as possibilidades de: criar uma nova aquisição, inserir os dados necessários e acompanhar a geração dos gráficos. Abaixo temos a tela principal do software na Figura 2 e, na sequência, a tela de visualização gráfica para os sensores de carga na Figura 3.

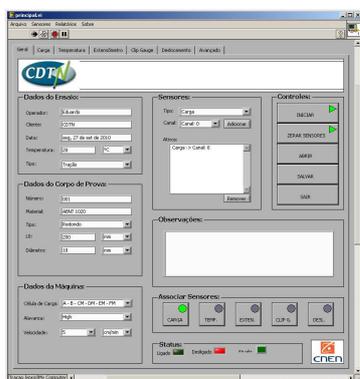


Figura 2 - Tela principal do software

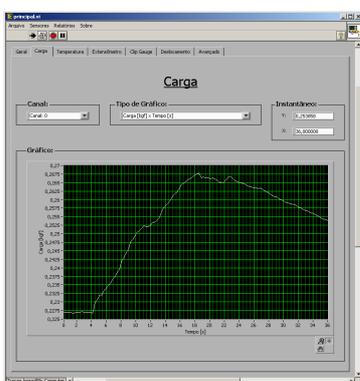


Figura 3 - Tela p/ inspeção gráfica do sinal de carga

CONCLUSÕES

O trabalho encontra-se em fase de desenvolvimento como previsto no cronograma do projeto.

O modelo padrão de relatório está em fase de elaboração pela equipe do laboratório de ensaios mecânicos.

AGRADECIMENTOS

Ao Denis B. Scaldasferri pela coordenação das atividades de automação da aquisição de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] INSTRON CORPORATION, Automatic Chart Control, 1973.

[2] INSTRON CORPORATION, Maintenance Instructions, 1967.

[3] NATIONAL INSTRUMENTS, LabView Básico I, 2006.

[4] NATIONAL INSTRUMENTS, LabView Básico II, 2006.

[5] Garcia, Amauri; Spim, Jaime A.; dos Santos, Carlos A., Ensaios dos Materiais, LTC, 1999.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG, CNPq e CDTN/CNEN.

Estudo do limite de resistência à fadiga de juntas soldadas de materiais dissimilares

Mariana Coelho de Vasconcelos Santos e Emerson Giovani Rabello
Serviço de Integridade Estrutural - SEIES

INTRODUÇÃO

As juntas soldadas de materiais dissimilares possuem diversas aplicações na indústria alimentícia e na indústria nuclear. Devido à geometria resultante da fusão do material soldado e de seu resfriamento heterogêneo, o processo de soldagem apresenta tensões residuais. Para que seja possível otimizar cada vez mais a escolha do processo de fabricação, a realização do projeto, e principalmente a conservação do equipamento feito com juntas dissimilares é necessário que se tenha um conhecimento prévio de seus comportamentos em situações de variações térmica e dimensional. O estudo da vida a fadiga dessas juntas é então, imprescindível pelo fato de ser a maior causa de falhas nos metais, compreendendo aproximadamente 90% de todas as falhas metálicas [1]. Paralelamente, o conhecimento do comportamento térmico ao longo do material também é muito importante para o início do estudo da vida a fadiga e do aprimoramento de tais soldas.

OBJETIVO

Determinar o Limite de Resistência à Fadiga de juntas soldadas de materiais dissimilares de Aço Inoxidável ABNT 304, Aço Carbono A36 e Cobre pelo processo de soldagem GTAW.

METODOLOGIA

Foram realizadas as seguintes atividades:

- Revisão bibliográfica;
- Calibração do equipamento de realização do ensaio de fadiga flexo-rotativa;
- Confecção dos corpos-de-prova para ensaio de fadiga e de tração;

- Ensaio de tração de cada material utilizado;
- Análise metalográfica dos materiais utilizados na fabricação dos corpos-de-prova;
- Ensaio de microdureza Vickers com dois corpos-de-prova, sendo um de ABNT 304 soldado ao A36 com ABNT 316L e outro de ABNT 304 soldado ao Cobre com Cobre;
- Realização dos ensaios de fadiga nos corpos-de-prova que não foram soldados;
- Determinação do Limite de Resistência à Fadiga (x_0) dos materiais utilizados, a partir da Equação 1, cujos parâmetros (β_0 , β_1 e Γ) são obtidos através do Software Minitab [2-3]:

$$x_0 = \frac{1}{\beta_1} [\Phi^{-1}\Gamma + \ln(t) - \beta_0] \quad (1)$$

RESULTADOS

Foi verificado um ligeiro aumento da microdureza ao longo do A36 e um aumento maior na linha de fusão entre o A36 e o ABNT 316L, mas entre o ABNT 316L e o ABNT 304 não é possível distinguir qualquer variação na microdureza. Não foi verificada alteração na microdureza entre o metal base e o cordão de solda, pelo fato de ambos serem de cobre, mas a partir da linha de fusão entre o cobre e o ABNT 304 observou-se um aumento da microdureza.

A Figura 1 apresenta a curva S-N-P com 50% de probabilidade de falha para todos os materiais ensaiados. Podemos perceber que quanto maior a magnitude da tensão, menor será o número de ciclos que o

material poderá suportar antes da ocorrência da falha.

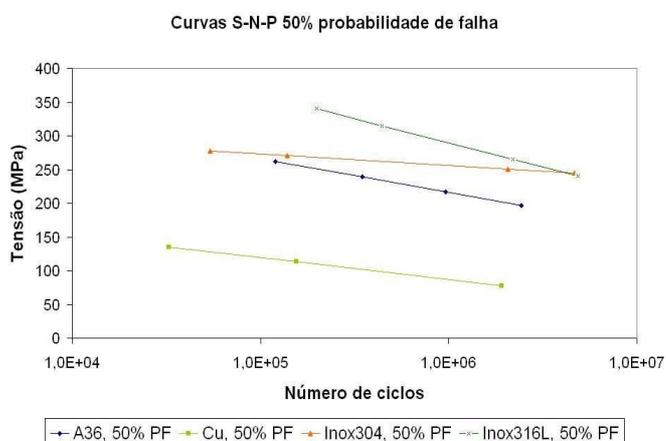


Figura 1. Curva S-N-P com 50% de probabilidade de falha para todos os materiais

A Tabela 1 mostra a relação do Limite de Resistência à Fadiga, a microdureza e o Limite de Resistência à Tração dos materiais utilizados. Como é possível analisar, os quatro valores são diretamente proporcionais, principalmente pelo fato do LRT e a microdureza serem indicadores da resistência de um material à deformação plástica.

TABELA 1. Relação entre LRF, Microdureza e σ_{Res} dos Materiais Utilizados

Material	LRF (MPa)	Microdureza (HV)	σ_{Res} (MPa)
Cobre	77	170	242
Aço A36	201	221	466
Inox 304	251	296	664
Inox 316L	268	313	672

CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados foram obtidas as seguintes conclusões:

O alto índice de porosidade encontrado na grande maioria dos corpos-de-prova soldados não permitiu a realização dos ensaios de fadiga flexo-rotativa. Portanto cada material foi analisado separadamente, com exceção da microdureza que utilizou dois corpos-de-prova soldados que não tinham sofrido porosidade na soldagem.

A microdureza de Cobre foi a menor encontrada, como previsto, provando ser o material mais dúctil dos três materiais bases. O Aço Inoxidável ABNT 304 possui a maior microdureza.

O Limite de Resistência à Fadiga se mostrou diretamente proporcional à microdureza e ao Limite de Resistência à Tração, sendo maior para o Aço Inoxidável ABNT 316L, seguido do Aço Inoxidável ABNT 304, Aço Carbono A36, e por último Cobre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CALLISTER, W. D, Ciência e engenharia de materiais: uma introdução, Editora LTC, 2002.

[2] Nota Interna. Fadiga – Traçado da Curva S-N-P – Distribuição Lognormal. NI-EC2-001/2008.

[3] Nota Interna. Estimação do Limite de Resistência à Fadiga. NI-EC2-002/2008.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Estudo da Propagação de Rede de Trincas em Material Base e Soldas de Tubulações Classe 1 de Reatores Nucleares Tipo PWR Devido à Fadiga Térmica

Pedro Santiago Lacerda e Tanius Rodrigues Mansur
Serviço de Integridade Estrutural - SEIES

INTRODUÇÃO

A Fadiga Térmica é um fenômeno que ocorre em componentes metálicos que estão sujeitos a flutuações cíclicas de temperatura [ASM Handbook, 1990]. Nas centrais nucleares este fenômeno ocorre com frequência, provocando tensões e deformações nas tubulações e reduzindo sua vida útil [Alvarenga Júnior, 2006].

OBJETIVO

Avaliar a velocidade de abertura da rede de trincas no aço utilizado nas tubulações das plantas nucleares, visando estimar a vida do material e uma provável extensão de sua vida útil. Para isso, é necessária a construção de uma máquina de ensaios que possibilite a criação de trincas de modo acelerado.

METODOLOGIA

Foi feita uma pesquisa nas mais importantes normas, em busca de regras de normatização de corpos de prova e de ensaios de fadiga térmica. Na Figura 1 podem ser vistas as sugestões de corpos de prova de quatro centros de pesquisas da Europa para estudo de fadiga térmica [Sehitoglu, 2000]. Na Figura 2 é mostrado o corpo de prova proposto para os ensaios de fadiga térmica no CDTN. Foram pesquisadas na bibliografia, também, diversas máquinas já existentes para essa finalidade. Essa pesquisa serviu como auxílio para a determinação dos parâmetros a serem adotados, a partir dos requisitos do projeto [Di Stasi, 1981]. Na Figura 3 pode ser vista a proposta do mecanismo de

aplicação de carga aos corpos de prova. Na Figura 4 é mostrado um esboço da máquina de ensaios de fadiga térmica.

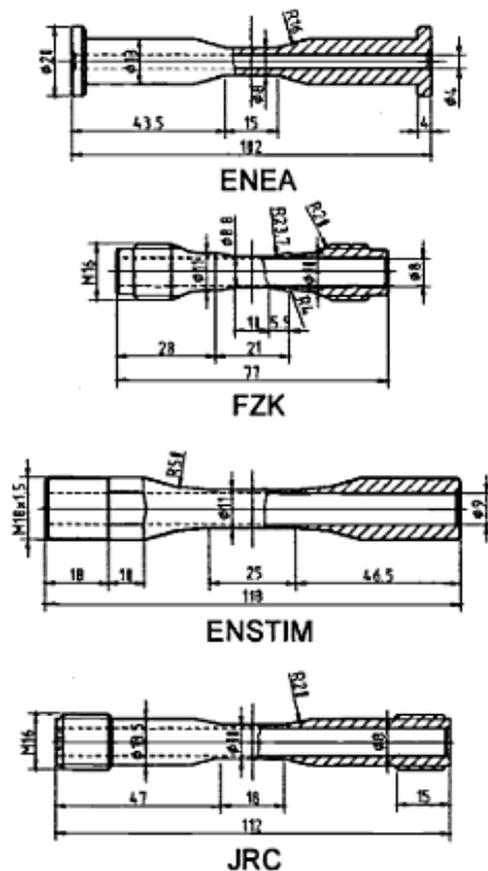


Figura 4. Corpos de prova da literatura

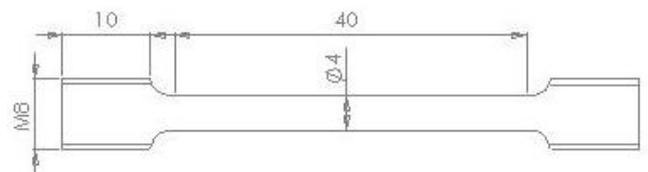


Figura 2 Corpo de prova proposto

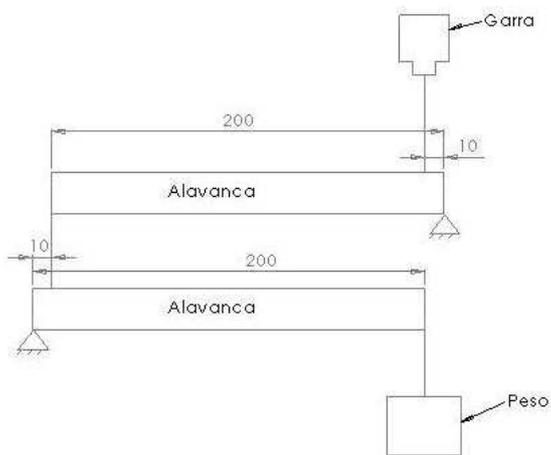


Figura 3. Sistema de alavancas

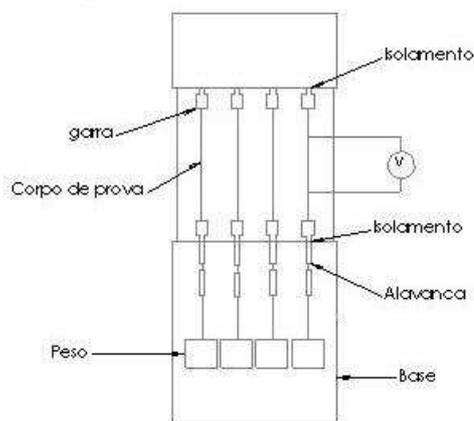


Figura 4. Esboço máquina de fadiga térmica

RESULTADOS

- Não foi encontrada normatização de corpos de prova ou de ensaios de fadiga térmica.
- A máquina deverá suportar diversos tipos de corpos de prova e possibilitar o ensaio de 4 corpos de prova simultaneamente.
- O aquecimento do corpo de prova será feito por efeito Joule, através da aplicação de uma corrente elétrica.
- A corrente aplicada será da ordem de 10^3 A, para promover um aquecimento a até 400°C , a uma taxa de aproximadamente 6°C/s (baseado num corpo de prova padrão, de 40mm de comprimento e 4mm de diâmetro – proposto).

- Resfriamento será feito através de jato de ar comprimido.

- Aplicação de carga de tração através de sistema de alavancas com peso, integrado à máquina e engastamento do corpo de prova para evitar alívio de tensão pela sua dilatação.

- Deverá haver isolamento elétrico por motivos de segurança.

CONCLUSÕES

Devido ao curto período referente a este trabalho, ainda não foram obtidos resultados que permitam tirar conclusões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] “*Properties and selection: Irons, steels and high performances alloys*”, ASM Handbook, vol. 1, ASM International/The materials information company, 1990.

[2] Alvarenga Júnior, A.; “*Avaliação Experimental dos Efeitos da Fadiga Térmica nas Propriedades Mecânicas de um Aço Inoxidável Austenítico*”, Tese de doutorado, UFMG, 2006.

[3] Sehitoglu, H.; Maier, H.J., “*Thermo-mechanical fatigue behavior of materials*”, 3ª edição, American Society for Testing and Materials, 2000.

[4] Di Stasi, L.; “*Fornos elétricos*”, Ed. Hemus, 1981.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

O autor e o orientador agradecem ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro.

Caracterização Mecânica e Microestrutural de Soldas Dissimilares de Aço Inoxidável Austenítico AISI 316L com Inconel 182

Rangel Teixeira Frade e Wagner Reis da Costa Campos
Serviço de Integridade Estrutural - SEIES

INTRODUÇÃO

Ligas de níquel são comumente empregadas em usinas nucleares, uma vez que apresentam alta resistência à corrosão em ambientes a alta temperatura, sendo utilizadas como metal de adição em soldagens entre metais dissimilares. As luvas térmicas localizadas nos bocais responsáveis pela interação entre o vaso de pressão e os tubos de penetração de instrumentos e linhas de condução de água a altas temperaturas e pressão em usinas nucleares são geralmente confeccionadas de aço inoxidável austenítico ou Inconel, forjados, soldadas com adição de Inconel, que passam por tratamentos térmicos pós-soldagem para alívio das tensões provenientes do processo de soldagem [1-3].

Muitos trabalhos publicados têm mostrado que trincas por corrosão sob tensão, envolvendo metais dissimilares, está relacionada com a microestrutura na Zona Afetada pelo Calor (ZAC) do metal de base, e com os contornos de dendrita do metal de solda. Assim, a análise da região próxima a linha de fusão de soldas dissimilares, utilizando ligas de níquel como metal de adição, vem se tornando o foco de intensos estudos, principalmente na área nuclear e petroquímica.

OBJETIVO

Investigar os efeitos dos tratamentos térmicos pós-soldagem do aço inoxidável austenítico AISI 316L com Inconel 182 no metal base e na ZAC.

METODOLOGIA

As juntas soldadas foram obtidas utilizando chapas de aço inoxidável austenítico AISI 316L (300 x150 x 12,7mm) soldadas de topo com chanfro em V de 30°, com adição de Inconel 182, pelo processo SMAW. Foram realizados tratamentos térmicos pós-soldagem a 600°C, 700°C e 800°C por 3h para alívio de tensões em forno à vácuo, com resfriamento no mesmo.

Para avaliar os efeitos dos tratamentos térmicos pós-soldagem, foram executados ensaios metalográficos no metal de base e região de solda, ensaios de microdureza Vickers com carga de 0,1kg nas amostras de aço inoxidável AISI 316L, testes de tração à temperatura ambiente e à 325° C de corpos de prova retirados no metal base e análise da composição e microestrutura por Microscopia Eletrônica de Varredura.

RESULTADOS

Através de ensaios metalográficos percebeu-se a presença de grande quantidade de ferrita delta no AISI 316L, alongadas devido à laminação. Com os tratamentos térmicos a quantidade de ferrita delta diminuiu gradativamente. verificou-se a presença de fase sigma na zona afetada pelo calor (ZAC) do metal base, acompanhado de uma ligeira precipitação de carbonetos, provavelmente de Cr e Mo. O tratamento térmico também aumentou a precipitação de carbonetos no metal de solda.

Os ensaios de microdureza Vickers (HV 0,1kg) realizados na ZAC mostraram uma redução da dureza à medida que aumenta a temperatura na qual se realiza o

tratamento térmico. Enquanto no metal base obteve-se os resultados apresentados na tabela I.

Tabela I – Resultado dos ensaios de dureza nas amostras do metal base (AISI 316L) sem e com tratamento térmico.

Tratamento térmico	HV 0,1kg
Sem TT	176,36
600°C/3h	168,35
700°C/3h	173,35
800°C/3h	171,97

Os ensaios de tração à temperatura ambiente e à 325°C, no metal base estão mostrados nas Tabelas II e III.

Tabela II – Ensaio de tração no metal base realizados à temperatura ambiente.

Temperatura de ensaio 22°C				
N°CP	Localização da fratura	TT	σ_e	σ_r
			kgf/mm ²	kgf/mm ²
7	MB	sem	30,82	64,99
4	MB	600°C/3h	36,34	68,68
6	MB	700°C/3h	34,83	69,31
5	MB	800°C/3h	34,27	69,98

Tabela III – Ensaio de tração no metal base realizados à temperatura de 325°C.

Temperatura de ensaio 325°C				
N°CP	Localização da fratura	TT	σ_e	σ_r
			kgf/mm ²	kgf/mm ²
7	MB	sem	20,21	47,61
4	MB	600°C/3h	24,64	48,28
6	MB	700°C/3h	22,63	49,47
5	MB	800°C/3h	23,26	49,71

Para os ensaios realizados tanto à temperatura ambiente como à 325°C, o limite de escoamento (σ_e) avaliado no metal base apresentou um aumento entre 15 e 20% com o tratamento térmico e o limite de ruptura (σ_r) apresentou apenas um leve aumento com o tratamento térmico.

CONCLUSÕES

Verificou-se uma redução da quantidade de ferrita delta na ZAC do AISI 316L junto à linha de fusão, o que é fator prejudicial as juntas soldadas principalmente em relação à corrosão sob tensão.

Observou-se a redução da dureza no metal base e na ZAC com o tratamento térmico.

Os ensaios de tração mostraram um aumento no limite de escoamento (σ_e) e do limite de ruptura (σ_r) para os corpos de prova com o tratamento térmico para o metal base.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Miteva, R. and Taylor, N. G. “General Review of Dissimilar Metal Welds in Piping Systems of Pressurized Water Reactors, Including WWER Designs”. NESC - Network for Evaluating Structural Components. IE Institute for Energy. EUR22469E. 2006.

[2] Chhibber, R., Arora, N., Gupta, S., Dutta, B. “Use of bimetallic welds in nuclear reactors: associated problems and structural integrity assessment issues”. Proceedings of the I MECH E Part C, Journal of Mechanical Engineering Science. Volume 220, Number 8, 2006, p. 1121-1133.

[3] Gomez-Briceno, D. et al. “SCC of alloy 600 components in PWR primary loop. International Symposium on Nuclear Power Plant Life Management”. 88-89, Budapest, Nov 2002, p. 4-8.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Observações: Trabalho vinculado ao da bolsista Ellen dos Santos pelo projeto de mesmo nome.

Avaliação da Influência do Processo de Cladeamento na Resistência à Corrosão do Aço ASMEAS-240TP-316L Soldado por Explosão ao Aço ASTMSA-516GR 60 N

Raphael Gomes de Paula e Célia de Figueiredo Cordeiro Neves
Serviço de Integridade Estrutural - SEIES

INTRODUÇÃO

Os aços são utilizados em numerosas aplicações, tais como ferramentas em construções de pontes, prédios, reatores, navios entre outros. Entretanto, a sua utilização está condicionada a determinadas aplicações devido a vantagens técnicas que oferecem outros materiais como o titânio, alumínio e níquel e outros materiais com relação a peso resistência mecânica e resistência a abrasão ou corrosão. O cladeamento por explosão é um processo de soldagem em estado sólido que une dois metais compatíveis ou não, utilizando a energia de explosivos. Chapas cladeadas são desenvolvidas com a finalidade de diminuir o custo dos equipamentos pela redução do consumo de materiais nobres. São geralmente compostas de uma chapa de aço carbono e de outra de material nobre, sendo que a de aço carbono fornece a resistência mecânica necessária e a chapa nobre fornece ao equipamento as características necessárias de resistência à abrasão, calor ou corrosão [1-3].

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento eletroquímico em solução de 0,1 mol/L de H_2SO_4 , em uma chapa cladeada composta pelos aços ASTM SA-516 Gr 60 N e ASME AS-240 TP-316L comparada com o aço AS-240 TP-316L não cladeado, verificando a resistência à corrosão dos dois materiais.

METODOLOGIA

Uma chapa de 2500X4050(mm) do aço ASTM SA-516 Gr 60 N com espessura de 9,5(mm) foi revestida com o aço inoxidável ASME AS-240 TP-316L de 3(mm) de espessura, utilizando-se o processo de cladeamento por explosão (Figura 1).

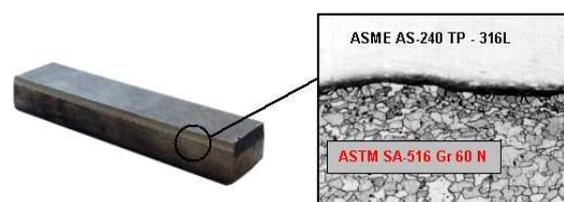


Figura 1. Amostra da chapa cladeada aços ASTM SA-516 Gr 60 N e ASME AS-240 TP-316L em detalhe a região de união entre as chapas.

Foram retiradas amostras das chapas de aproximadamente 15X20 (mm) para a realização do embutimento em Baquelite (poílero termofixo) e posteriores ensaios eletroquímicos. O acompanhamento do potencial eletroquímico (E) foi realizado expondo-se três amostras de cada material à solução de ácido sulfúrico 0,1 mol/L, H_2SO_4 por 1 hora, e registrando-se sua variação com o tempo até a estabilização [4-6]. Após o qual se realizou o levantamento de curvas de polarização anódica potenciodinâmicas para as três amostras, de cada material.

RESULTADOS

Com base nas curvas de polarização anódica potenciodinâmicas obtidas através do ensaios eletroquímicos, observa-se que o aço ASME AS-240 TP-316L apresentou uma região de passivação no meio corrosivo (Figura 2). Esta passivação é

característica da presença de cromo na constituição química do mesmo [10]. Surgem picos de redução de corrente na faixa de potencial entre -0,25 a 0,15 V, estes picos são característicos da microestrutura do aço inoxidável 316L, que é um aço baixo carbono, contendo cerca de 2 a 3% de molibdênio [5,7].

Observa-se que os potenciais de corrosão e de Transpassivação e densidade de corrente anódica dos aços cladeados com e sem polimento, são da mesma ordem de grandeza, quando colocados em solução de H₂SO₄ 0,1 mol/L. O aço ASME AS-240 TP-316L com polimento apresentou um filme óxido mais estável e protetor. Os parâmetros eletroquímicos característicos das curvas de polarização são apresentados na Tabela 1.

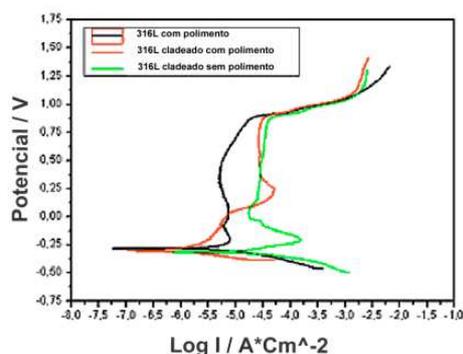


Figura 2. Curvas médias de polarização anódica potenciodinâmicas do aço inoxidável ASME AS-240 TP-316L.

Tabela 1. Valores dos parâmetros eletroquímicos extraídos das curvas de polarização potenciodinâmicas do aço ASME AS-240 TP-316L.

AMOSTRA	E _{corr} (mV)	I _{pass} (μA/cm ²)	E _{pass} (mV)
ASME AS-240 TP-316L polido	-254,5	8,3	875,0
ASME AS-240 TP-316L Cladeado e polido	-288,2	25,1	875,0
ASME AS-240 TP-316L cladeado como recebido sem polimento	-312,5	31,6	875,0

O aço inoxidável ASME AS-240 TP-316L como recebido sem polimento, apresentou menor potencial de corrosão (E_{corr}) igual a -312,5(mV) e maior corrente de passivação (I_{pass}) igual a 31,6 (μA/cm²).

CONCLUSÕES

O aço inoxidável ASME AS-240 TP-316L cladeado e polido é um pouco menos resistente ao processo de corrosão eletroquímica, quando comparado com os aços ASME AS-240 TP-316L polido. Isto é evidenciado pelos valores inferiores de corrente de passivação (I_{pass}).

O material que possui uma camada de óxido mais estável que lhe confere uma passivação é o aço inoxidável ASME AS-240 TP-316L polido, esta diferença em relação ao aço cladeado, pode estar relacionada com modificações estruturais sofridas durante o processo de cladeamento e posteriores trabalhos a frio e também pelo acabamento superficial. Verifica-se que o efeito do polimento e do cladeamento não influenciam no valor do potencial de pite dos materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Akbari-Mousavi, S.A.A., Barrett, L.M., Al-Hassani, S.T.S. Explosive welding of metal plates Journal of Materials Processing Technology vol. 202, pp. 224-239, 2008.
- [2] Chizari, M.; Al-Hassani, S.T.S.; Barrett, L.M. Effect of flyer shape on the bonding criteria in impact welding of plates Journal of Materials Processing Technology vol. 209, pp. 445-454, 2009.
- [3] Mynors, D.J.; Zhang; B. Applications and capabilities of explosive forming Journal of Materials Processing Technology vol.125-126, pp 1-25, 2002.
- [4] GENTIL, V. Corrosão. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- [5] Annual Book of ASTM Standards, Part. 10., American Society for Testing and Material. ASTM G 5: Standards recommended practice for standard method for making potentiostatic and otentiodynamic anodic polarization measurement. Philadelphia, PA. 11 p. 1994.
- [6] LIFKA, BERNARD W. Corrosion Tests and Standards. 2nd Edition. Robert Baboian Editor, 2005.
- [7] FONTANA, M. G. Corrosion Engineering. Third Edition. Singapore: Mc. Graw Hill Book Company. 556p. 1986.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPEMIG.FAPEMIG e CNPq.

Análise de propagação de trinca por fadiga em juntas soldadas por processo MAG do aço ABNT 1016

Sabrina Nunes Soares e Jefferson José Villela
Serviço de Integridade Estrutural - SEIES

INTRODUÇÃO

Ensaio de crescimento de trinca por fadiga são usados para avaliar a cinética da propagação da mesma. A relação $\log (da/dN)$ versus $\log (\Delta K)$ (a : tamanho de trinca, N : número de ciclos, ΔK : faixa de fator de intensidade de tensão) descreve a propagação de trinca nos metais. A curva tem uma aparência sigmoide e pode ser dividida em três regiões (Figura 1).

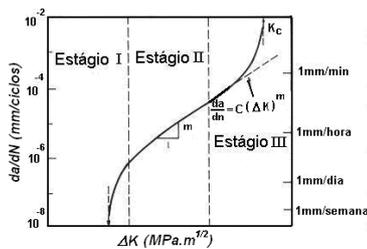


Figura 1 : Diferentes estágios na propagação de trinca por fadiga. Fonte: Suresh,1988

O modelo de Paris & Erdogan,1963 (Eq. 1) é aplicado à região 2.

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m \quad (1)$$

Bergner & Zouhar, 2000 propuseram uma nova representação (Eq. 2, 3, 4 e 5) em que obtém-se coeficientes "C" e "m" linearmente independentes.

$$C_g = \left(\prod_{j=1,k} C_j \right)^{1/k} \quad (2)$$

$$\Delta K_p = 10^{-\left[\frac{\sum_{j=1,K} (m_j - \bar{m}) \log\left(\frac{c_j}{c_g}\right)}{\sum_{j=1,K} (m_j - \bar{m})^2} \right]} \quad (3)$$

$$\frac{da}{dN} = C_0 \left(\frac{\Delta K}{\Delta K_p} \right)^m \quad (4)$$

$$C_0 = C \Delta K_p^m \quad (5)$$

OBJETIVO

Realização dos ensaios de propagação de trinca por fadiga para a zona fundida do aço ABNT 1016 soldado por processo MAG com célula de carga de capacidade máxima de 10KN, a fim de diminuir a dispersão dos testes obtidos por Alves, 2009.

Propor a utilização do rasgo lateral admitido pela norma ASTM 1820,2009 para os ensaios J_{IC} nos ensaios de propagação de trinca por fadiga a fim de evitar que a trinca se desvie como o observado por Alves 2009.

METODOLOGIA

O material utilizado neste trabalho foi o aço ABNT 1016 fornecido pela USIMINAS, em forma de chapa com espessura de 12,7 mm. O processo de soldagem utilizado foi o MAG (Metal Active Gas) em passe único com chanfros 1/2V e ângulo de abertura da junta de 45°.

Usinaram-se, então, corpos de prova tipo CT e como nos ensaios realizados por Alves,2009 a trinca se desviou da ZTA, foi realizado um rasgo com profundidade de 0,5 mm em cada lado do corpo de prova para forçar a trinca a propagar num plano paralelo ao eixo de simetria do corpo de prova mantendo sempre na zona fundida.

Os ensaios foram realizados à temperatura ambiente em uma máquina servo-hidráulica universal INSTRON modelo 8802, composta de sistema dinâmico com célula de carga de 10 kN, garras de cabeçote e levantamento hidráulico com distância máxima 1515 mm, controlador eletrônico digital de carga e posicionamento.

RESULTADOS

Foram feitas as curvas de propagação de trinca por fadiga para a zona fundida dos corpos de prova.

Na Tabela 1, estão representados os valores médios dos parâmetros de crescimento de trinca C e m proposto por Paris & Erdogan (Eq. 1) e o coeficiente de determinação R^2 obtido. Na Tabela 2, apresentam-se os valores médios encontrados por Alves (2009) para a zona fundida.

Tabela 1: Parâmetros C e m de Crescimento de Trinca Segundo o Modelo De Paris & Erdogan e o Coeficiente de Determinação R^2 para a zona fundida.

m	C	R^2
3.15	3.1E-09	0.81

Tabela 2: Parâmetros C e m de Crescimento de Trinca segundo o Modelo de Paris & Erdogan e o Coeficiente de Determinação R^2 para a Zona Fundida. Fonte: Alves, 2009

M	C	R^2
$2,09 \times 10^{-11}$	4,36	0,67

Os parâmetros c_0 e m de crescimento de trinca no estágio II segundo o modelo de Bergner & Zouhar foram calculados para a zona fundida e são apresentados na Tabela 3. Na Tabela 4 estão os valores calculados por Alves, 2009 para a zona fundida e metal base.

Tabela 3: Parâmetros C_0 e m de crescimento de trinca no estágio II segundo o modelo de Bergner & Zouhar.

m	C	R^2
3.105	5.36E-06	0.79

Tabela 4: Parâmetros C_0 e m de crescimento de trinca no estágio II segundo o modelo de Bergner & Zouhar. Fonte: Alves, 2009

	C_0	m	R^2
Metal Base	$4,24 \times 10^{-4}$	3,01	0,50
Zona Fundida	$5,78 \times 10^{-7}$	4,39	0,75

CONCLUSÕES

Observa-se que os valores dos coeficientes de determinação (R^2) encontrados são maiores que os apresentados por Alves, 2009, o que demonstra a diminuição da dispersão dos resultados também se observadas as curvas.

De acordo com Alves, 2009 tanto o modelo de Paris & Erdogan quanto o modelo de Bergner & Zouhar mostraram que a propagação de trinca por fadiga para a zona fundida foi mais rápida quando comparada ao metal de base. Porém quando comparado os novos valores para a zona fundida com o metal base encontrado por Alves, 2009, observa-se que não houve diferença significativa entre as duas regiões.

Assim como não se sabe se a influência sobre os resultados foi causada pela presença do rasgo ou pela nova célula de carga propõe-se a realização de novos ensaios com e sem o rasgo utilizando-se a célula de 10KN utilizada nesse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SURESH, S., *Fatigue of Materials*, Cambridge University Press, 1988.
- [2] PARIS, P.C.; ERDOGAN, F. *Journal of Basic Engineering* 85, 1963. p. 528-534.
- [3] BERGNER, F.; ZOUHAR, G. *International Journal of Fatigue*, 2000. p. 229-239.
- [4] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. E 1820. *Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness*. Philadelphia: ASTM, 1999.
- [5] ALVES, M. P.; VILELA, J. J.; MARTINS, G. P.; CARNEIRO, J. R. G. *Modelagem da propagação de trinca por fadiga de juntas do aço ABNT 1016 soldadas por processo GMAW*. Em: V Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Belo Horizonte, 2009.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq e FAPEMIG

Determinação do Grau de Sensitização do Metal de Adição Inconel 182 Depositado em Diferentes Condições de Aporte Térmico de Soldagem

Stephano Papadopoli Tonelli Piva e Marco Antônio Dutra Quinan
Serviço de Integridade Estrutural - SEIES

INTRODUÇÃO

A liga de níquel 600, assim como seus metais de adição (ligas 82 e 182) de composições similares, é encontrada nos principais componentes de usinas nucleares. Sua utilização se deve ao fato destes materiais possuírem elevada resistência mecânica, grande ductilidade e alta resistência à corrosão nas condições de operação das centrais nucleares tipo PWR (*Pressurized Water Reactor*). Porém, após longo período de operação, observou-se que estas ligas eram susceptíveis à corrosão sob tensão nas condições de operação dos circuitos primário e secundário desses reatores.

OBJETIVO

Considerando que a sensitização é um dos fatores que afetam o comportamento à corrosão da liga 182, realizou-se a avaliação do grau de sensitização da liga 182, depositada sob diferentes condições de soldagem. Foi empregada a técnica eletroquímica de reativação potenciocinética DL-EPR com diferentes concentrações dos eletrólitos $H_2SO_4+CH_3CSNH_2$ e H_2SO_4+KSCN .

METODOLOGIA

Os corpos-de-prova foram retirados de três blocos de teste preenchidos com o eletrodo revestido de liga 182. Em cada bloco de teste utilizou-se parâmetros de soldagem com diferentes aportes térmicos: a solda 1 com o aporte regular, a solda 2 com aporte cerca de três vezes maior que o da solda 1 e a solda 3, na qual o aporte térmico foi regular, mas utilizou-se um sistema de resfriamento a água.

Os ensaios eletroquímicos realizados para a avaliação do grau de sensitização foram feitos em seções transversais dos três blocos de teste embutidos em resina epóxi e lixadas com lixa 600. Os ensaios foram conduzidos em um potenciostato Autolab PGSTAT20, com eletrodo de Ag/AgCl 1,0 mol/L como referência e eletrodo de Platina como contra-eletrodo. A taxa de varredura utilizada foi de 1,67 mV/s. Os ensaios foram conduzidos à temperatura de $(30\pm 1)^\circ C$ contendo o eletrólito desaerado por 50 minutos com gás nitrogênio.

Os eletrólitos estudados foram:

- (a) 0,05M $H_2SO_4+0,003M CH_3CSNH_2$
- (b) 0,05 M de $H_2SO_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2$
- (c) 0,01 M de $H_2SO_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2$
- (d) 0,1 M de $H_2SO_4 + 0,001 M KSCN$

O valor do grau de sensitização (GS) de cada amostra testada foi calculado através da relação I_r/I_a , onde I_r é a corrente máxima obtida na reativação e I_a a corrente máxima obtida na ativação (anódica). Após cada ensaio as amostras foram analisadas metalograficamente.

RESULTADOS

A solução inicialmente utilizada nos ensaios DL-EPR para avaliação do grau de sensitização do material foi 0,05M $H_2SO_4 + 0,003M CH_3CSNH_2$. O ataque resultante foi considerado generalizado, pois não houve em nenhuma das três amostras um ataque preferencial que pudesse caracterizar metalograficamente uma corrosão nos contornos de grãos. A solução apresentada na letra (d) - 0,05 M de $H_2SO_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2$ foi a mais adequada devido ao melhor ataque nos contornos de grão percebido nas três amostras. A Figura 1

apresenta o gráfico dos ensaios DL-EPR das três amostras testadas nesta solução.

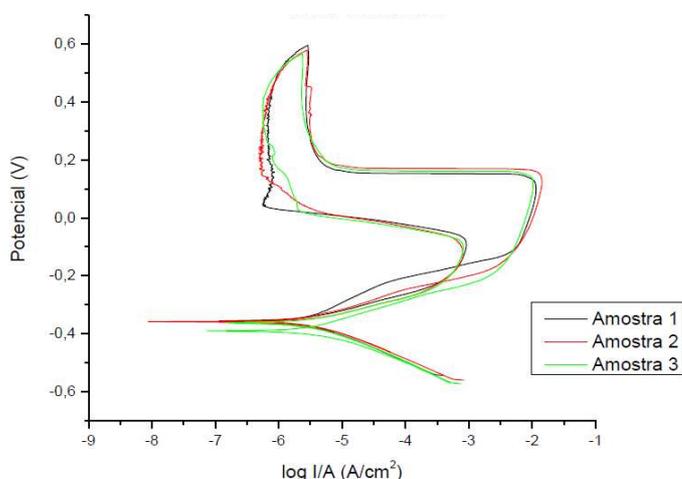


Figura 1 – Gráfico de DL-EPR das três amostras na solução 0,05 M de H₂SO₄ + 0,0001 M CH₃CSNH₂

A Tabela 1 apresenta os valores de GS das três amostras, também nesta solução. As microestruturas das três amostras após o ensaio, também nesta solução, estão apresentadas na Figura 2.

Tabela 1 – Correntes de reativação e ativação e os graus de sensibilização das três amostras ensaiadas na solução 0,05 M de H₂SO₄ + 0,0001 M CH₃CSNH₂.

AMOSTRAS	I _{reativação} (mA)	I _{ativação} (mA)	GS = I _{ret} /I _{at}
1	2,08	26,24	0,079
2	1,43	25,21	0,057
3	2,10	26,69	0,079



Figura 2 – Micrografias das três amostras após ensaio DL na solução 0,05 M de H₂SO₄ + 0,0001 M CH₃CSNH₂.

Foi observado que o processo de soldagem em si não provocou uma grande migração e precipitação de Cromo em forma de carbonetos nos contornos de grãos. Considera-se que a presença de nióbio na liga foi um fator limitador da precipitação de carbonetos de cromo, pois o nióbio reage preferencialmente com o carbono.

CONCLUSÕES

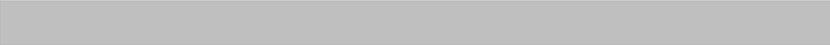
Das quatro soluções testadas, considerou-se que a solução de 0,05M H₂SO₄+0,0001M CH₃CSNH₂ foi a mais adequada para avaliar o grau de sensibilização do metal de solda da liga 182. Os resultados obtidos para as três amostras foram semelhantes, tanto em termos de Grau de Sensibilização (GS) como em termos de aspecto micrográfico. Foi observado neste trabalho que, no estado bruto de soldagem, a variação no aporte térmico não é suficiente para provocar uma sensibilização significativa na liga 182.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PENG, Q. ET AL, Intergranular environmentally assisted cracking of Alloy 182 weld metal in simulated normal water chemistry of boiling water reactor, Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University, Aramaki Aoba 6-6-01, Aoba-ku, Sendai City 980-8579, Japan, Corrosion Science 49 2767–2780, (2007), Elsevier Ltd
- [2] MADAY, M. F, MIGNONE, A, VITTORI, M. The application of the electrochemical potentiokinetic reactivation method for detecting sensitization in Inconel 600. The influence of some testing parameters. Corrosion Science, v. 28, n. 9, p. 887-900, 1998.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPEMIG.



7. Serviço de Meio Ambiente

Redução da condutividade de uma amostra de aquífero sob reservatório de petróleo por destilações múltiplas

Ana Luiza Massêo Saldanha e Rubens Martins Moreira
Serviço de Meio Ambiente – SEMAM

INTRODUÇÃO

O trítio (T ou ^3H) é um isótopo do hidrogênio encontrado na natureza na forma de água tritiada (HTO). Possui uma meia-vida de 12,26 anos, perfeitamente compatível com os tempos envolvidos na maior parte dos processos hidrológicos. Por este motivo é considerado o traçador radioativo ideal em hidrologia. Um dos principais métodos empregados para o enriquecimento da mistura água/água tritiada é a eletrólise. Este método baseia-se na diferença de massa entre o próton do H e do T. A taxa de evolução do gás hidrogênio (H_2) durante a eletrólise da água é maior que a do gás HT ou T_2 . Após a eletrólise a concentração final de trítio na mistura água/água tritiada será maior que a concentração inicial.

O trabalho foi efetuado para dar suporte à determinação de trítio ambiental em um aquífero hiperhialino jacente sob um reservatório de petróleo.

OBJETIVO

Preparar 500 mL de uma amostra de água hiperhialina para o enriquecimento eletrolítico de trítio. De forma a reduzir a condutividade desta amostra de 125,2 mS para um valor menor que 10 μS .

METODOLOGIA

Inicialmente foram destilados 600 mL da amostra de água hiperhialina. Durante este procedimento foram recolhidas dez frações do destilado, de 50 mL cada (**A1** a **A10**), somando um volume total de 500 mL. Os 100 mL restantes foram descartados devido à alta concentração de sal no balão de destilação, que inviabilizou a continuidade

da destilação. A condutividade de cada fração foi medida (Tabela 1). Como estas ainda não foram inferiores à condutividade desejada ($<10\mu\text{S}$), foi necessário misturar as frações e efetuar uma segunda destilação. Novamente, outras dez frações de 50 mL (**B1** a **B10** - Tabela 1) foram obtidas. As frações **B5** a **B8** apresentaram a condutividade desejada e foram separadas. Antes de realizar uma terceira destilação com as frações **B** restantes, foram destilados mais 200 mL da amostra inicial. Deste volume extra destilado, foram recolhidas três frações de 50 mL (**C1** a **C3** – Tabela 1) e os 50 mL restantes descartados. As frações **C1** a **C3** foram então misturadas às frações **B1**, **B2**, **B3** e **B4**, **B9** e **B10** e uma quarta destilação foi realizada, na qual nove frações de 50 mL (**D1** a **D9** - Tabela 1) foram obtidas. As frações **D5** a **D8** apresentaram a condutividade desejada e também foram separadas. Uma última destilação foi realizada misturando as frações **D1** a **D4** e **D9**. As frações resultantes foram **E1** a **E5** (Tabela 1), sendo que apenas **E4** apresentou a condutividade desejada. Finalmente foi considerado que a condutividade apresentada por **E5** seria compensada pelos valores das frações recolhidas, por este motivo esta fração foi juntada às demais completando os 500 mL desejados.

Todas as dez frações (em negrito na Tabela 1) foram misturadas e a condutividade final determinada.

RESULTADOS

TABELA 1: Condutividade das amostras A, B, C, D e E.

Frações	Condutividade / μS				
	A	B	C	D	E
1	390,8	449,1	143,6	536,2	580,0
2	100,3	95,70	33,00	116,3	52,80
3	29,38	24,01	28,73	57,40	18,03
4	22,62	13,62	-	15,75	6,220
5	19,83	8,832	-	8,800	11,32
6	17,38	8,467	-	7,611	-
7	15,10	8,112	-	7,788	-
8	12,75	8,698	-	8,533	-
9	27,47	11,41	-	25,7	-
10	123,3	1766	-	-	-

O valor obtido para a condutividade após a mistura das dez frações em negrito foi de 5,46 μS . Valor menor que o valor máximo, 10 μS , aceitável.

CONCLUSÕES

O método de múltiplas destilações mostrou ser eficiente no preparo da mistura água/água tritiada para enriquecimento eletrolítico. Os valores obtidos para a condutividade evidenciaram a necessidade de várias destilações seqüenciais. Os resíduos de destilação altamente salinos não aproveitáveis reduziram o volume final a 60% do total destilado. Devido à diferença de massas entre o ^1H e o ^3H , pode ocorrer fracionamento isotópico nas várias destilações causando ligeira discrepância entre as concentrações do trítio no

destilado final e na amostra original. Um estudo está sendo desenvolvido para determinar esta possível discrepância e avaliar sua significância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Pane, L.; *DISSERTAÇÃO E TESE, IEA, São Paulo-Brasil, 1979.*

[2] Darling, W. G; Goody, D. C; Riches, J.; *Applied geochemistry, 2010, 25, 923.*

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG, FINEP, CENPES/PETROBRÁS, CDTN/CNEN.

Estudo das informações meteorológicas da região da Pampulha em Belo Horizonte no período de 1997 a 2009

Fernanda Lambertucci Araújo Alberto e Alberto Avelar Barreto
Serviço de Meio Ambiente – SEMAM

INTRODUÇÃO

A Estação Meteorológica do CDTN advém de recursos do CDTN/CNEN e da FAPEMIG. Desde 1997, essa Estação vem adquirindo dados nos níveis de 1,5, 10 e 40 metros do solo. As principais informações geradas correspondem aos seguintes parâmetros: precipitação pluviométrica, radiação solar global e líquida, evaporação, velocidade e direção do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar e pressão atmosférica.

Possui por finalidade gerar dados para relatórios de licenciamento de instalações do CDTN como reator Triga, LIG (Laboratório de Irradiação), UPPR (cíclotron); relatórios do Programa de Monitoramento Ambiental (PMA); projetos de pesquisas do CDTN e de institutos da UFMG.[1]

OBJETIVO

Almeja-se com esse trabalho tratar e divulgar um resumo das informações coletadas durante o período de setembro de 1996 a dezembro de 2009; destacar os principais eventos registrados e confrontar esses resultados com os dados normais coletados pelo INMET-MG no mesmo município. Ademais, também se vislumbra apresentar um histórico dessa Estação, até o presente momento.

METODOLOGIA

O sistema de aquisição de dados utilizado na Estação do CDTN é composto por um microprocessador programável e por sensores meteorológicos automáticos, de 45 m de altura, conforme apresentados na FIG. 1.

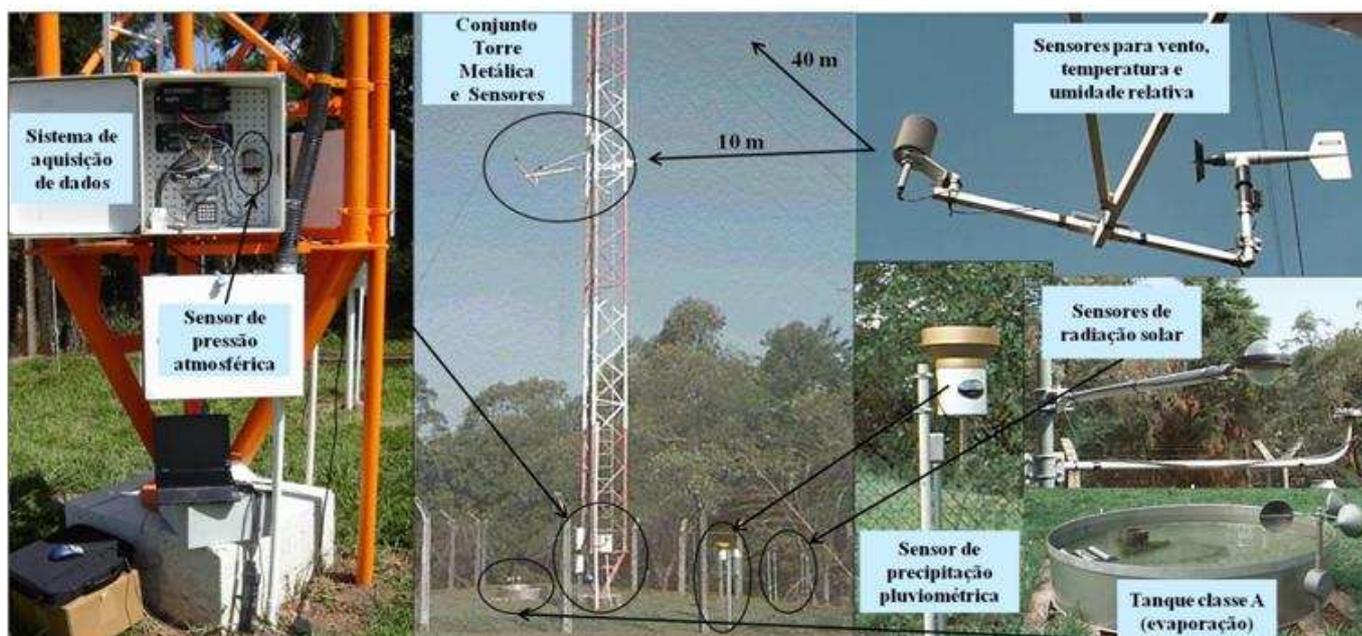


Figura 1 – Estação Meteorológica do CDTN

O programa de medidas meteorológicas orienta o microprocessador a investigar todos os sensores em intervalos de 5 segundos. A cada 15 minutos é calculado e armazenado: a média da temperatura do ar (10 e 40 metros), da umidade relativa do ar, da pressão atmosférica, da velocidade e da direção do vento (10 e 40 metros); o desvio padrão da direção horizontal do vento (10 e 40 metros); os totais de precipitação pluviométrica, radiação solar líquida e radiação solar global. Ao final de cada hora são calculados e armazenados os valores máximos e mínimos de temperatura (10 e 40 metros), de umidade relativa do ar, de pressão atmosférica e de velocidade do vento (10 e 40 metros). No final do dia, às 24 horas, são investigados e armazenados valores de temperatura interna e de bateria do datalogger.

No final do mês, esses dados são transferidos para uma planilha eletrônica onde são processados. Isso facilita a disponibilização de informações solicitadas por outros pesquisadores, além de servir para entrada em programas de dispersão atmosférica. Todos os resultados foram elaborados em planilhas eletrônicas (Excel 2007).

RESULTADOS

A partir da análise crítica dos dados coletados foram geradas tabelas contendo os dados normais do INMET e da Estação Meteorológica do CDTN. Para cada parâmetro climático medido foi feita uma tabela como a apresentada na Tabela 1.

Meses	Temperaturas Mínimas (°C)																Mínimo
	INMET		CDTN														
	1910-81	1961-90	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Jan	18,5	18,8	-	18,5	16,7	17,6	16,9	17,9	18,1	17,3	17,5	-	17,9	18,6	16,6	19,3	16,6
Fev	18,5	19,0	-	18,4	17,1	18,9	16,9	18,0	18,0	18,7	16,4	-	18,0	16,9	18,3	20,0	16,4
Mar	18,0	18,8	-	16,2	19,0	18,2	17,4	15,4	17,7	17,2	16,1	-	17,9	18,5	16,9	18,9	15,4
Abr	16,6	17,3	-	13,4	13,6	15,2	13,2	15,5	17,2	16,6	13,0	-	15,4	16,3	16,6	14,9	13,0
Mai	14,1	15,0	-	7,9	11,6	8,7	11,8	11,0	11,0	10,0	12,1	12,7	12,1	10,7	13,1	12,1	7,9
Jun	12,4	13,4	-	7,4	10,1	10,7	10,8	12,8	12,6	12,1	9,1	14,5	10,9	12,5	13,9	10,6	7,4
Jul	12,1	13,1	-	10,2	10,3	12,7	7,6	11,7	13,2	11,2	8,6	-	11,2	9,0	9,9	14,5	7,6
Ago	13,4	14,4	-	8,4	13,9	10,5	11,1	13,1	15,1	13,0	14,2	15,6	13,6	12,2	14,4	14,3	8,4
Set	15,4	16,2	15,0	14,6	15,5	11,4	14,1	12,1	8,7	14,5	-	15,5	-	15,2	13,6	16,8	8,7
Out	17,0	17,5	17,1	15,5	16,2	14,1	10,7	15,9	18,1	13,2	-	17,4	14,9	15,6	15,0	15,9	10,7
Nov	17,6	18,2	16,1	17,9	16,3	14,9	16,5	17,3	14,5	15,0	-	14,1	19,0	17,3	16,4	18,0	14,1
Dez	18,0	18,4	17,7	18,1	15,3	17,0	16,9	16,7	17,7	17,7	-	16,0	-	18,1	18,1	17,0	15,3
Mínimo	12,1	13,1	-	7,4	10,1	8,7	7,6	11,0	8,7	10,0	-	-	-	9,0	9,9	10,6	7,4

CONCLUSÕES

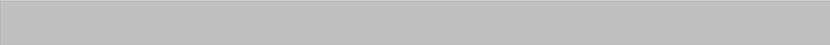
Comprovou-se a grande importância científica e de gestão territorial dos dados gerados pela Estação. Ademais, verificou-se a necessidade de implantação de um sistema de gestão da qualidade, o qual se encontra em andamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Barreto, A. A.; Alberto, F. L. A., IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2010, Fortaleza.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG



8. Serviço de Nanotecnologia

Propriedades estruturais e magnéticas de óxidos de ferro nanoestruturados para aplicações em hipertermia

Ana Letícia Rabelo Ciscotto e Adriana Silva de Albuquerque
Serviço de Nanotecnologia - SENAN

INTRODUÇÃO

Materiais magnéticos nanoestruturados ocupam um lugar de destaque em ciência dos materiais devido às suas diversas aplicações tecnológicas, em diferentes áreas do conhecimento. Na área biomédica, a nanotecnologia tem apresentado importantes avanços em diagnóstico por imagens e no tratamento de determinados tumores. O aquecimento de uma célula cancerígena a uma temperatura entre 42 e 45°C provoca sua lise e, por isso, tal aquecimento, denominado hipertermia, vem sendo empregado no combate ao câncer. Partículas nanométricas de óxidos de Fe mostram-se promissoras para esta aplicação [1], uma vez que possuem características diferentes das apresentadas em escala micro ou macro, como tamanho favorável a absorção pelas células e resposta mais eficiente a campos magnéticos externos, absorvendo destes mais energia [2]. Partículas nanométricas suspensas em um fluido caracterizam os ferrofluidos. Estes nanomateriais são geralmente superparamagnéticos, sendo suas partículas, magnetizadas e desmagnetizadas quando submetidas a um campo magnético alternado, ocorrendo liberação de calor [3]. Dessa forma, ferrofluidos são agentes que propiciam a hipertermia e, escolhido o solvente de tal forma que o fluido seja biocompatível, são direcionados para o local do tumor sem causar danos aos tecidos saudáveis.

OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é a síntese e caracterização de fluidos magnéticos, baseados em ferritas, visando aplicação em hipertermia. Esta etapa do trabalho foi direcionada ao estudo da variação da temperatura em função de um campo magnético, gerado por um sistema de aquecimento por indução, em um fluido contendo partículas de ferritas nanométricas.

METODOLOGIA

Por apresentarem resultados promissores em testes anteriores, foram utilizadas amostras de ferritas de NiZn, de Co, de Ni e de Fe (magnetita) sintetizadas por coprecipitação. Esses três últimos materiais foram sintetizados pela aluna Camila M. de Sousa. Os pós foram analisados quanto à composição e estrutura por espectroscopia Mössbauer (EM) e difração de raios X (DRX) e, posteriormente, foram diluídos em água deionizada para medida de variação de temperatura quando submetidos ao aquecimento por indução.

O sistema de aquecimento por indução produz um campo magnético alternado, elevando a temperatura das soluções contendo nanopartículas. Foram variados os seguintes parâmetros: concentração ferrita-água deionizada (0,0125 ou 0,0250g/mL), corrente aplicada (150,4 ou 350,4 A) e tempo de experimento (50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 ou 800s). Para cada combinação de variáveis foi medida a temperatura inicial e final da solução e calculada a variação desse parâmetro (ΔT). Os valores de potência e frequência foram respectivamente, ~1320 W e ~198 kHz, para corrente de 350 A, e 310W e 200kHz para a corrente de 150 A.

RESULTADOS

A difração de raios X indicou a formação dos óxidos de ferro com tamanho de cristalitos variando entre 20 e 50 nm. A espectroscopia Mössbauer confirmou a formação das estruturas do tipo espinélio e indicou relaxação superparamagnética para todas as amostras, à temperatura ambiente.

Os resultados das medidas de aquecimento por indução indicaram que partículas magnéticas, quando submetidas a campos magnéticos externos, apresentam variação na temperatura em função da concentração das partículas, da corrente aplicada e do tempo de experimento. O gráfico da Figura 1 mostra os resultados obtidos.

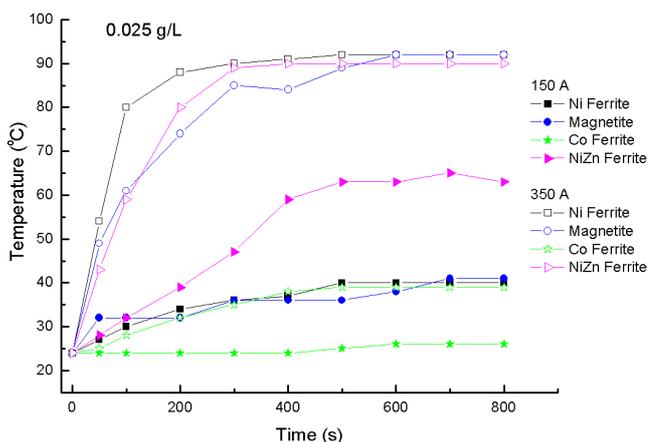


Figure 1- Variação da temperatura vs. tempo de aquecimento por indução para as diferentes ferritas.

CONCLUSÃO

A ferrite de NiZn alcançou maior temperatura no intervalo de tempo testado em 150 A. A 350 A, apenas a ferrite de Co apresentou-se ineficiente para o aquecimento por indução.

Na continuidade do trabalho serão realizados experimentos em condições fisiológicas permitidas de intensidade de corrente e frequência [2], de forma que não ultrapassem, também, a temperatura ideal para o tratamento do câncer.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Pavon, LF, Okamoto OK., Einstein. (2007) 5(1):74-77
- [2] Tartaj P, Morales MP, Veintemillas-Verdaguer S, Gonzales-Carreño T, Serna JC. J Phys D Appl Phys. (2003) 36:R182-R197.
- [3] Kalambur, VS, Han, B, Hammer, BE, Shield, TW, Bischof, JC, . Nanotechnology 16 (2005) 1221–1233.
- [4] Texto do Exame de Qualificação de Doutorado da aluna Karynne C. de Souza (2009).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN, CNPq e FAPEMIG.

Consolidação da síntese e caracterização de microesferas de aço inox pelo Processo Sol-gel

Felipe Wallysson Ferreira de Oliveira e Armindo Santos
Serviço de Nanotecnologia - SENAN

INTRODUÇÃO

A pesquisa e desenvolvimento (P&D) de novos conceitos de combustíveis nucleares e/ou de reatores nucleares buscam, atualmente, melhorar o desempenho operacional das centrais nucleares, de modo a tornar o custo da geração elétrica, a partir de fonte nuclear, bastante competitivo [1-3]. Daí o interesse por combustíveis do tipo cermet. É conveniente salientar que o termo cermet é amplo e designa um material composto de uma fase cerâmica e de uma fase metálica [4].

No presente trabalho, o interesse mediato é obter pastilhas do cermet UO_2 -Aço inox. Já o interesse imediato é consolidar o procedimento de obtenção de microesferas de aço inox, via Processo sol-gel, monodispersas e com diâmetro médio de 100 μm . A realização deste objetivo imediato passa pela avaliação da viabilidade de obtenção das microesferas com os teores corretos de Fe-Cr-Ni-Mn-Si e estudo do grau de redução dos óxidos formados.

OBJETIVO

Obter e caracterizar microesferas de Fe-Ni-Mn-Cr-Si, na composição característica de um aço inox: $69,75\%Fe^o-9\%Ni^o-1,5\%Mn^o-19\%Cr^o-0,75\%Si$.

METODOLOGIA

Preparar solução de Fe, Mn, Ni e Cr parcialmente neutralizada (com concentração menor que 0,84 mol (Fe, Mn, Ni, Cr e Si)/l \cong 47 g(Fe, Mn, Ni, Cr e Si)/l, a partir dos respectivos nitratos de Fe, Mn, Ni e Cr mais a uréia); Preparar solução de

álcool polivinílico (PVA); Adicionar os aditivos etanol e octanol bem como a solução PVA à solução de Fe+Ni+Cr+Mn+uréia (solução de alimentação); homogeneizar a solução de alimentação; realizar a formação de microgotas com o bocal de 287 μm ; promover a transformação sol-gel nas microgotas de solução de alimentação com auxílio da amônia gás e da solução NH_3 min. 25%; realizar lavagem nas microesferas hidrogel de Fe+Ni+Cr+Mn+uréia (dez lavagens com água deionizada e três vezes com etanol); adsorver Si nas microesferas de Fe+Ni+Cr+Mn, via solução de silicato de sódio, neutralizar os íons silicato e realizar nova lavagem nas microesferas de Fe+Ni+Cr+Mn+Si (microesferas hidrogel de Fe+Ni+Cr+Mn+Si); Secar as microesferas hidrogel de Fe+Ni+Cr+Mn+Si à temperatura ambiente ($\sim 30^\circ C/12$ h/ar, microesferas xerogel); calcinar as microesferas xerogel de Fe+Ni+Cr+Mn+Si (100 a 1200 $^\circ C/2$ h/ar, microesferas óxidas); Reduzir as microesferas óxidas de Fe+Ni+Cr+Mn+Si (400 a 1400 $^\circ C/H_2/2$ h, microesferas metálicas); e caracterizar as microesferas resultantes: fases presentes (Difração de raios X, DRX) e análise elementar (Espectroscopia de raios X de energia dispersiva, EDX).

RESULTADOS

O processamento sol-gel foi bem sucedido na obtenção de microesferas hidrogel de Fe+Ni+Cr+Mn+Si (veja Fig. 1a).

As microesferas xerogel (veja Fig. 1b) tem um diâmetro médio de 309 μm . A redução das microesferas xerogel a 1250 $^\circ C/H_2/2$ h resultou em microesferas com diâmetro

médio de 130 μm , valor este bem próximo do diâmetro-alvo de 100 μm . Estas microesferas são constituídas de 70,59%Fe - 7,82%Ni - 1,86%Mn - 18,02%Cr - 1,71%Si. Esta composição está bem próxima daquela de um aço inox 304, no entanto ela sugere a ocorrência de perda dos elementos Ni, Cr e Mn durante o processamento sol-gel.

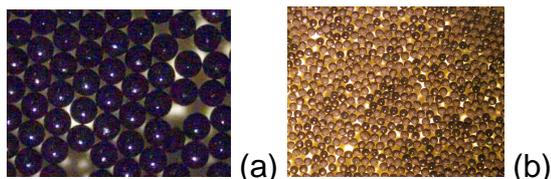


Fig. 1 Microesferas hidrogel (a) e xerogel (b) de Fe-Cr-Ni-Mn-Si

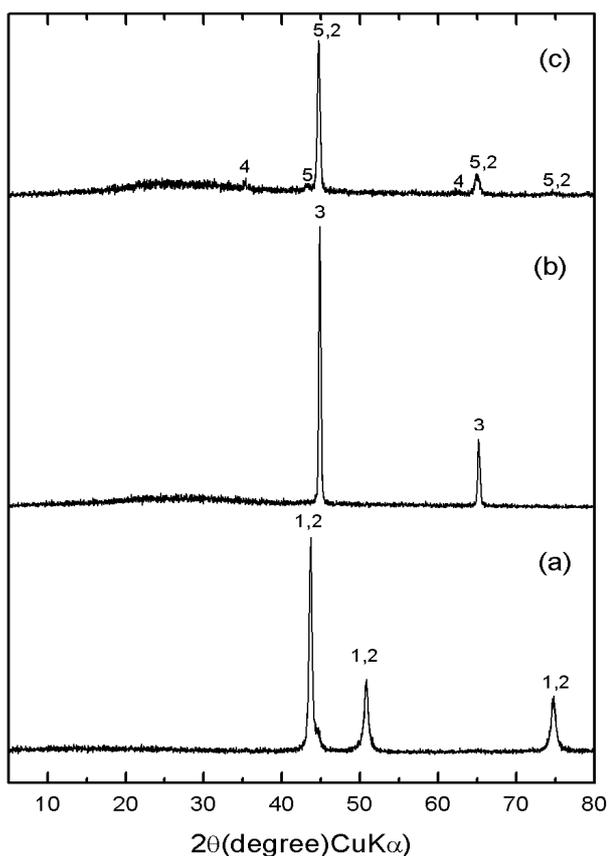


Fig. 2. Difratomogramas: aço inox 304 (a), microesfera de ferro(b) e microesfera de aço (c), onde (1) = $\text{Cr}^0 + \text{Fe}^0 + \text{Ni}^0 + \text{Mo}^0$, (2) = $\text{Fe}^0 - \text{Ni}^0$, (3) = $\text{Fe}^0 - \text{Si}^0$, (4) = Cr_2O_3 e (5) = $\text{Fe}^0 + \text{Cr}^0 + \text{Ni}^0 + \text{Mn}^0$.

As Figs. 2b,c mostram que o processo de redução dos óxidos envolvidos e o processo de interdifusão dos elementos para formar a liga metálica começaram, mas não foram concluídos para as amostras da Fig. 2c. De acordo com a Fig. 2c, pico 4, ainda se observa a presença de Cr_2O_3 . Constata-se, portanto, que a conclusão destes processos necessita de uma temperatura maior do que a usada (1250 °C) e mais tempo (>2 h), de modo a obter a mesmas fases bem cristalizadas do aço inox mostradas na Fig. 2a. Na continuidade do trabalho estas duas variáveis serão analisadas, visando promover maior cristalização da fase da liga metálica Fe+Ni+Cr+Mn+Si.

CONCLUSÕES

O Processo sol-gel foi usado, com sucesso, para obter microesferas de aço inox, cuja composição já está próxima à de um aço 304 comercial. Novos experimentos já estão sendo conduzidos para ajustar os teores Fe+Ni+Cr+Mn+Si, determinar a temperatura/tempo ótimos de completa redução dos óxidos destes elementos e atingir o diâmetro projetado de 100 μm .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Vienna: IAEA, 2003. (IAEA-TECDOC-1374).
- [2] NIFENECKER, H. et al. Progress in Particle and Nuclear Physics, v. 43, p. 683-827, 1999.
- [3] DE MATTOS, J. R. L.; DIAS, M. S. CNEN/CDTN, 2007. (CDTN-960/2007).
- [4] KRISHNAIAH, M. V. et al. Journal of Alloys and Compounds, v. 353, p. 315-321, 2003.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG e CNPq

Produção de Buckypapers a partir de MWNT e caracterização mecânica de compósitos nanoestruturados à base de resina epóxi/fibra de carbono/“buckypaper”

Matheus Lopes Angelo e Clascídia Aparecida Furtado
Serviço de Nanotecnologia - SENAN

INTRODUÇÃO

Altos valores de condução elétrica e térmica, resistência à tração e módulo elástico (~ 1TPa), além de flexibilidade e baixo peso, são propriedades que fazem dos nanotubos de carbono (NTs) candidatos excepcionais para reforço em compósitos poliméricos para setores estratégicos, como os nanocompósitos resina epóxi/fibra de carbono/NT para o setor aeroespacial.

O grande problema na obtenção destes compósitos é a dispersão dos NTs na matriz polimérica, pois há forte tendência desses tubos se agregarem em feixes compósitos, a partir de um sistema de cura devido à grande área superficial e a forte interação de van der Waals entre eles.

Alguns métodos tentam solucionar o problema evitando que os NTs se aglomerem ou que formem feixes nos compósitos por sonificação em uma solução aquosa com adição de surfactante. Por filtração dessa dispersão, foram obtidos os “buckypapers”, que são filmes finos formados por uma rede de nanotubos bem uniforme.

OBJETIVO

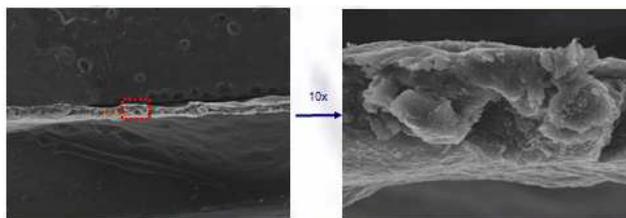
- Preparar materiais compósitos de interesse do setor aeroespacial;
- Avaliar as propriedades mecânicas dos compósitos que tiveram nanotubos inseridos.

METODOLOGIA

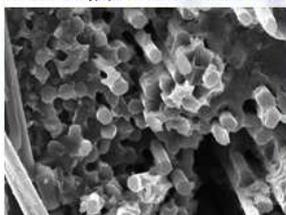
Os nanotubos da marca CTube100 foram dispersos em uma solução aquosa com o surfactante TritonX-100 com auxílio de uma ponta sonificadora. Após 60 min, a dispersão foi filtrada à vácuo. Após secagem em estufa, os “buckypapers” foram retirados e iniciou-se a laminação dos compósitos com controle de temperatura (Fluxograma abaixo)



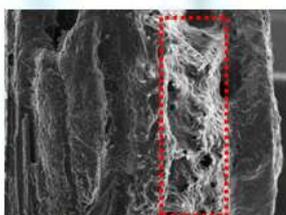
RESULTADOS



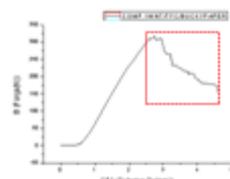
Filme de "Buckypaper" entre duas camadas de resina (35x) - Espessura: 158µm



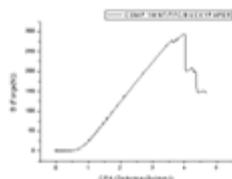
Aumento de 1000x sobre a região de fratura do compósito. A imagem evidencia uma boa adesão da resina ao tecido de fibra de carbono



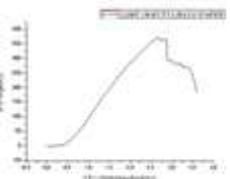
Aumento de 100x. Possível região onde se encontra um filme de "buckypaper" entre camadas de resina. Estudos ainda estão sendo feitos para confirmar a hipótese.



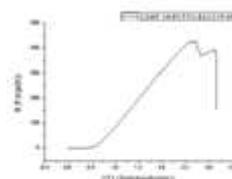
CP3[OB/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF]
MAIOR TENACIDADE



CP4[OF/OF/OF/OF/OF/OF]



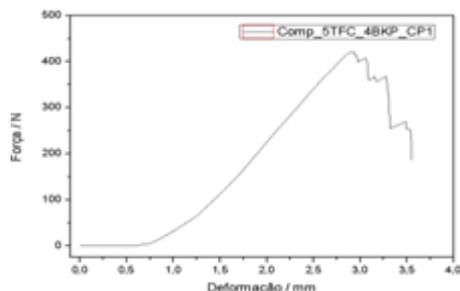
CP1[OB/OF/OF/OF/OF/OF]



CP2[OF/OF/OF/OF/OF/OF]

LEGENDA: O: Orientação em 0° - B: "buckypaper" - F: Fibra de carbono

Nº do corpo de prova	Módulo E (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Força máxima (N)
CP1[OB/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF]	14918,06	280,85	421,73
CP2[OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF]	12877,89	244,82	413,47
CP3[OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF]	14117,22	232,32	348,29
CP4[OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF]	16966,47	296,05	441,70
CP5[OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF/OF]	19245,60	343,66	428,64



CONCLUSÕES

"Buckypapers" e, em seguida, compósitos ternários (resina epóxi/fibra de carbono/"buckypaper") foram produzidos e caracterizados em ensaio mecânico. Resultados preliminares mostraram que a configuração em que foi adicionada uma maior quantidade percentual de buckypaper obteve maior tenacidade, uma importante propriedade para aplicação no setor aeroespacial. Comprovou-se por MEV que a resina adere de maneira satisfatória às malhas da fibra de carbono. Com base na literatura de testes realizados em compósitos com fibras de carbono [2], constata-se que os valores aqui encontrados para módulo de elasticidade devem ser melhorados mediante alterações no processo de fabricação dos compósitos, haja visto a pequena alteração no ganho pela adição dos "buckypapers".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] WANG, S. et al. Composites Part A, v. 35, p. 1225, 2004.

[2] Agarwal, B.D. e Broutman, L.J.; Analysis and Performance of Fiber Composites, John Wiley & Sons, New York (1980).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Rede Nacional de Pesquisa em Nanotubos de Carbono/CNPq, INCT de Nanomateriais de Carbono/CNPq, CNPq, ao Prof. Rodrigo Oréfice do Laboratório de Engenharia de Polímeros e Compósitos do Departamento de Engenharia e de Materiais da UFMG, CAPES, FAPEMIG, AEB, CNEN.

Obtenção de alumina gama mesoporosa via transformação sol-gel do complexo $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ -uréia e seu uso no estudo de adsorção de flúor

Monique Grazielle da Cruz e Armindo Santos
Serviço de Nanotecnologia - SENAN

INTRODUÇÃO

O consumo de flúor em quantidades deficitárias ou em excesso representa risco à saúde humana e animal, podendo levar a doenças do tipo da fluorose [1].

A fluorose dentária é um problema de saúde pública mundial, particularmente em países em desenvolvimento, ainda carentes de sistemas de tratamento adequado de águas e esgotos. Ela provoca alterações funcionais e estéticas e interfere na formação da personalidade do indivíduo, demandando tratamento odontológico de alta complexidade e caro, não disponível para uma faixa substancial destas populações carentes. A fluorose é causada principalmente pela ingestão de água potável com teores de flúor fora da faixa considerada boa para a saúde humana (0,5-1,5 mg/l)[1,2]. Por causa disto, técnicas inovadoras, econômicas, alternativas e/ou complementares às técnicas convencionais (precipitação com sais de cálcio e de alumínio; troca iônica; processos de membrana do tipo nanofiltração por osmose reversa e eletrodialise; e eletrocoagulação) tem sido desenvolvidas. Estas técnicas se baseiam na elevada capacidade da alumina e/ou de outros materiais de adsorver flúor. Esta capacidade é fortemente dependente da nanoestruturação dos pós de alumina e/ou de outros materiais e do processo de aglomeração destes pós na forma de esferas, forma esta que possibilita tratar grandes volumes de água fluoretada em sistemas de fácil operação e econômicos, constituídos de um leito fixo de esferas de tais materiais.

Em trabalho anterior sintetizamos alumina nanoporosa (código **FLU26**), com elevada

eficiência de remoção de flúor (99,4%). Agora realizamos a aglomeração destes pós e de um pó comercial da ALCOA ALUMÍNIO S/A (código **ALCOA**) via Processo Sol-gel na forma de esferas ($\approx 3000 \mu\text{m}$) e estabelecemos a eficiência de desfluoretação destas esferas.

OBJETIVO

Investigar o comportamento de adsorção de flúor nas esferas obtidas com pó de alumina nanoestruturada (**MO02**) e com pó da alumina ALCOA (**MO38**).

METODOLOGIA

O método de fabricação das esferas de alumina baseia-se na transformação sol-gel, caracterizada por uma reação química em uma solução de alimentação, onde há a transição de um líquido (uma solução verdadeira ou uma dispersão coloidal denominada sol) para um sólido gelatinoso (denominado gel) via uma hidrólise homogênea e/ou heterogênea [3].

A solução de alimentação é preparada via mistura de um sol de alumina ($\text{pH} = 1,5-2,0$; teor de Al $\approx 57,0 \text{ gAl/kg}$), de uma solução de PVA (álcool polivinílico, teor de PVA $\approx 79,4 \text{ gPVA/kg}$) e de um pó de alumina (fase sólida) e gotas de octanol. Os precursores são misturados à temperatura ambiente, com vigorosa agitação mecânica. A solução de alimentação é gotejada num meio constituído de amônia gás e de solução amoniacal concentrada, de modo a obter esferas hidrogel de alumina, à temperatura ambiente. As esferas hidrogel obtidas foram secas a $100 \text{ }^\circ\text{C/ar/12 h}$ (**MO02**) e $40 \text{ }^\circ\text{C/ar/12 h}$ (**MO38**), lavadas com água deionizada para eliminar o nitrato

de amônio formado na transformação sol-gel e novamente secas a 100 °C/ar/12 h (**MO02**) e 40 °C/ar/12 h (**MO38**), sendo usadas neste estado como adsorventes de flúor.

Condições de avaliação da adsorção de flúor: solução aquosa de fluoreto de sódio ($C_i \approx 10$ mg/l), $5 < \text{pH} < 6$, 30 °C e razão sólido-líquido de ~10 g/L. Os teores de F foram determinados pela técnica de potenciometria com eletrodo específico para F^- .

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra a eficiência de remoção do flúor, obtida nos pós e nas esferas.

TABELA 1. Eficiência de Remoção do Flúor

Código	C_i (mgF/l)	C_f (mgF/l)	ER (%)
FLU26	10,1 ± 0,2	0,7 ± 0,0	99,4
MO02	9,9 ± 0,2	6,1 ± 0,1	38,1
ALCOA	10,2 ± 0,2	5,6 ± 0,0	44,7
MO38	10,0 ± 0,2	0,4 ± 0,0	96,1

Observa-se na Tabela 1 que o pó de alumina sintetizado, **FLU26**, apresenta uma eficiência de remoção muito superior (99,4%) àquela apresentada pelo pó de alumina comercial, **ALCOA** (44%). Essa diferença está associada aos processos de síntese e tratamento térmico destes pós, os quais são responsáveis pela obtenção ou não de uma estrutura essencialmente mesoporosa (caso do pó **FLU26**). Em relação às esferas, observa-se que a elevada eficiência de remoção apresentada pelo pó sintetizado **FLU26** não é preservada quando este é aglomerado na forma de esferas (**MO02**) e estas esferas são secas a 100 °C (38,1%). Já as esferas obtidas com o pó comercial (**MO38**), foram favorecidas com uma secagem mais branda (40 °C), o que resultou em um maior acesso aos mesoporos da alumina ALCOA e dos óxidos hidróxidos de alumínio precipitados

na superfície das partículas do pó **ALCOA**, resultando em maior eficiência de remoção de F (96,1%).

CONCLUSÕES

O processo de aglomeração de pós de alumina permite obter esferas secas com ótima eficiência de remoção de flúor (96,1%) desde que as esferas hidrogel de alumina sejam secas (preferencialmente abaixo de 40 °C) antes do procedimento de lavagem e secas novamente (preferencialmente abaixo de 40 °C). O resultado obtido representa uma economia no custo do processo de obtenção das esferas adsorventes, já que se pode utilizar uma alumina comercial mais barata do que aquela nanoestruturada a partir do nitrato de alumínio, PA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Silva, M. F. A. Flúor sistêmico: aspectos básicos, toxicológicos e clínicos. In: Kriger L. Promoção de saúde bucal. São Paulo: Artes Médicas, 1997. p. 141-65.
- [2] Cangussu, M. C. T. et al. A fluorose dentária no Brasil: uma revisão crítica. Cadernos em Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.18, n.1, p.7-15, jan-fev. 2002.
- [3] Bakardjieva, S. et al. Characteristic of hydrous iron (III) oxides prepared by homogeneous precipitation of iron (III) sulphate with urea. Solid State Sciences, v. 7, p.367-374, 2005.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Reconhecemos e agradecemos o apoio do CNPq e da FAPEMIG.

Desenvolvimento de um sistema híbrido multifuncional baseado em sílica-P(N-iPAAm)-nanopartículas magnéticas: síntese e caracterização

Paula Maria da Silva Leite e Edésia Martins Barros de Sousa
Serviço de Nanotecnologia - SENAN

INTRODUÇÃO

Propriedades como estrutura bem definida e elevada área superficial fazem da sílica mesoporosa uma boa matriz cerâmica; além disso, a estreita distribuição de tamanho de poros possibilita a nucleação das partículas magnéticas [1]. Materiais magnéticos produzidos a partir de uma matriz de sílica mesoporosa vêm atraindo a atenção de pesquisadores ao redor do mundo por sua multifuncionalidade [2]. Mediante a presença de um campo magnético externo, é possível que esses materiais sejam conduzidos a um órgão específico liberando uma dosagem de drogas sobre a área especificada. Por isso, se tornam bons candidatos para sistemas de liberação controlada de fármacos. Hidrogéis termossensíveis como o P(N-iPAAm) também são amplamente estudados nessa área de liberação controlada de fármacos [3]. Esses géis sofrem mudanças no estado de agregação das partículas em função de mudanças na temperatura^[4]. Nesse trabalho, um híbrido multifuncional a base de SBA-15/partículas magnéticas/P(N-iPAAm) foi desenvolvido com o objetivo de se criar um material multifuncional para aplicações combinadas em tratamento por hipertermia e liberação controlada de fármacos.

OBJETIVO

Sintetizar e caracterizar o híbrido a base de SBA-15/partículas magnéticas/P(N-iPAAm) (SBA-15/Fe₃O₄/P(N-iPAAm)).

METODOLOGIA

O material SBA-15/partículas magnéticas foi sintetizado via processo Sol-gel modificado. Nesse processo, após a dissolução do surfactante poli[(etileno glicol)-co-poli(propileno glicol)-co-poli(etileno glicol)] – Pluronic (P123) adicionou-se um precursor de íons de ferro e do tetraetilortossilicato (TEOS). Posteriormente foi realizado um tratamento térmico no qual ocorreu a formação das partículas magnéticas bem como a remoção do surfactante. O hidrogel foi sintetizado nos poros do SBA-15/partículas magnéticas pelo método de polimerização *in situ*. O híbrido obtido foi caracterizado utilizando as técnicas: espectroscopia na região do infravermelho (FTIR), adsorção de gases, difração de raios X (DRX).

RESULTADOS

DRX

Na Figura 1 são apresentados os difratogramas da amostra SBA-15/partículas magnéticas e da magnetita. A amostra SBA-15/partículas magnéticas apresenta picos bem definidos característicos da magnetita, além de uma fase amorfa que evidencia a formação das fases magnéticas de ferro na estrutura da sílica.

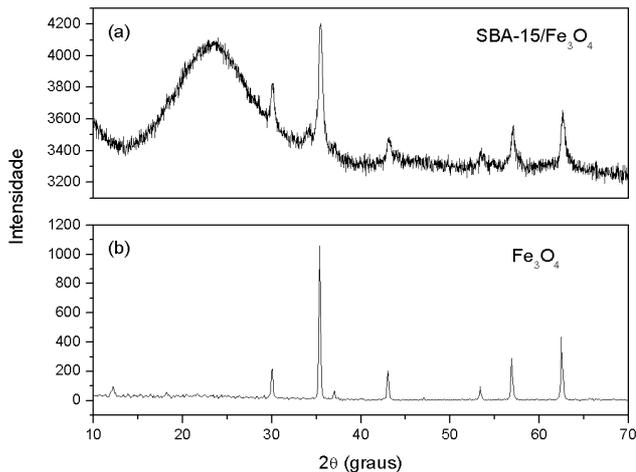


Figura 1: Difratomogramas das amostras (a) magnetita pura - Fe_3O_4 e (b) SBA-15/ Fe_3O_4 .

FTIR

No espectro de FTIR do híbrido após a remoção dos monômeros residuais (Figura 2 b) é possível verificar a presença de bandas de absorção características das vibrações da rede de sílica bem como típicas do gel polimérico em torno de 1650 , 1550 e entre 1390 - 1375 cm^{-1} . As bandas em 1650 e 1550 cm^{-1} nos dão indícios de que realmente ocorreu a reação de polimerização na estrutura de poros da amostra SBA-15/partículas magnéticas.

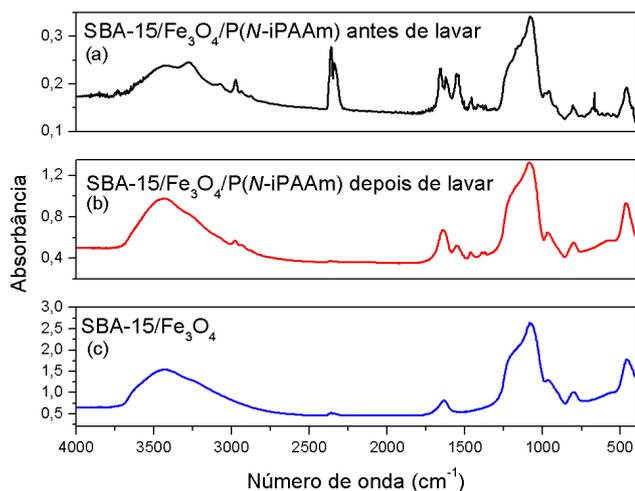


Figura 2: Espectros de FTIR das amostras SBA-15/ Fe_3O_4 /P(N-iPAAm) antes (a) e depois (b) da lavagem e SBA-15/ Fe_3O_4 (c).

ADSORÇÃO DE GASES

A amostra SBA-15/ Fe_3O_4 possui uma isoterma do tipo IV, típica de materiais

mesoporosos [4]. Tal isoterma apresenta uma histerese do tipo H1 relacionada a materiais com poros cilíndricos. Entretanto, essa histerese apresenta o fenômeno de dessorção em etapas devido a presença de constrições causadas pelas partículas magnéticas fazendo com que os canais mesoporosos sejam compostos de poros abertos e poros bloqueados pelas partículas magnéticas.

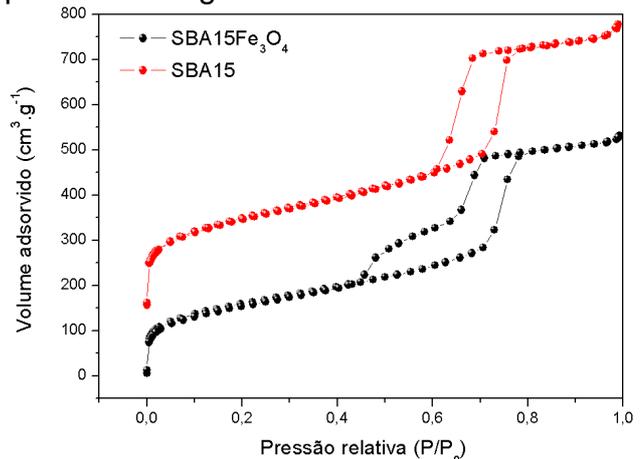


Figura 3: Isotherma de adsorção de nitrogênio da amostra SBA-15/ Fe_3O_4 e SBA-15.

CONCLUSÕES

As caracterizações mostraram que foi possível sintetizar uma amostra híbrida que combina as propriedades magnéticas do ferro e o comportamento térmico do hidrogel com características necessárias para ser utilizada em sistemas multifuncionais.

REFERENCIAS

- [1] K. C. Souza *et. al.*, Nanotechnology, 19 185603 (7pp), 2008.
- [2] K. C. Souza *et. al.*, J. Sol-Gel Sci. Technol. 53, 418, 2010.
- [3] Freitas RFS, Cussler EL. Chem Eng Sci 42:97, 1987.
- [4] Sing K S W, *et. al.* Pure Appl. Chem. 57 603, 1985.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq e FAPEMIG.

Avaliação de Gradientes de Densidade para Separação de Nanotubos por Ultracentrifugação

Tiago de Mattos Serodre e Adelina Pinheiro Santos
Serviço de Nanotecnologia - SENAN

INTRODUÇÃO

Por apresentarem propriedades físicas excepcionais, como condução balística, alta resistência mecânica, alta condutividade térmica [1,2], entre outras, os nanotubos de carbono de parede simples (“single-walled carbon nanotubes”, SWCNT) têm sido alvo de intensa pesquisa, sendo que várias aplicações já foram demonstradas ou propostas [1]. Dependendo de sua geometria, os SWCNTs podem apresentar comportamento metálico ou semicondutor. Muitas das aplicações propostas, como por exemplo, nanocircuitos eletrônicos, requerem que apenas um tipo de nanotubo esteja presente [3]. Os métodos de síntese de nanotubos desenvolvidos até o presente, entretanto, são pouco seletivos, produzindo tanto nanotubos metálicos como semicondutores. Uma forma de minimizar esta dificuldade é separar os nanotubos por tipo. Vários métodos de separação já foram propostos, como cromatografia por troca de íon, eletroforese em gel de agarose e ultracentrifugação de gradiente de densidade (“density gradient ultracentrifugation”, DGU). Este último é especialmente promissor, por ter demonstrada eficiência e por ser facilmente adaptado a escalas maiores [4,5].

OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho é investigar como diversos fatores influenciam a separação de SWCNTs por DGU, especificamente, como os métodos e parâmetros de formação dos gradientes de densidade alteram o perfil do gradiente após a ultracentrifugação e a eficiência da separação dos nanotubos. Neste estudo, vários gradientes de densidade foram

preparados por diferentes métodos e tiveram seu perfil de densidade avaliado. Estes gradientes serão testados posteriormente na separação de SWCNT por DGU.

METODOLOGIA

Os gradientes de densidade foram preparados de várias formas. O aparelho Gradient Station da Biocomp Instruments Inc. foi utilizado para produzir gradientes de soluções de sacarose e do composto iodixanol.

O tubo de pascal consiste em dois tubos unidos em sua base por um fino canal, e uma válvula que libera o conteúdo de um dos tubos de forma controlada. Um tubo, fabricado pela C.B.S. Scientific Company Inc. adaptado para os volumes adequados foi utilizado para a formação de gradientes de sacarose.

O último método consistiu na deposição cuidadosa de camadas de soluções de diferentes concentrações em ordem decrescente, uma sobre a outra, dentro do tubo da ultracentrifuga o qual foi em seguida inclinado a determinados ângulos para que difundisse durante certos períodos. Formaram-se dessa forma gradientes de iodixanol.

Os gradientes resultantes foram fracionados com o Gradient Station e o índice de refração de cada fração foi avaliado com um refratômetro. A partir do índice de refração pôde-se estimar a concentração e densidade de cada fração, uma vez que estas são proporcionais ao índice de refração.

RESULTADOS

Vários gradientes foram formados conforme os métodos acima e tiveram os índices de refração de suas frações medidos. Os perfis de densidade típicos de cada método estão ilustrados nos gráficos das Figuras 01-03.

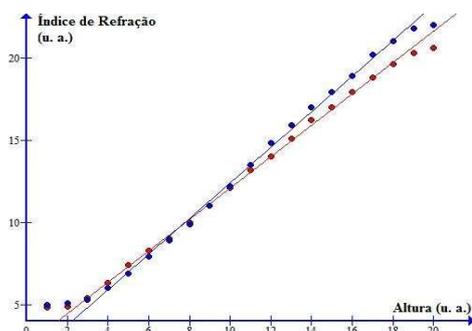


Figura 1: Perfil de densidade de dois gradientes de sacarose preparados no equipamento Gradient Station.

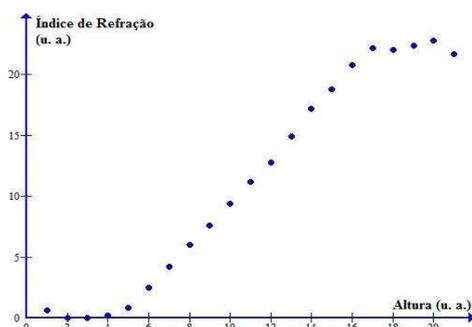


Figura 2: Perfil de densidade do gradiente de sacarose preparado pelo tubo de Pascal

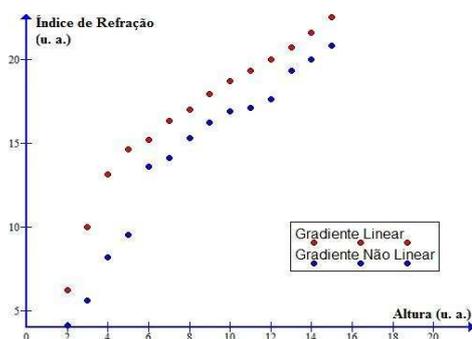


Figura 3: Perfis de dois gradientes de iodixanol formados pelo método de deposição de camadas, após centrifugação

Nota-se que os gradientes formados pelo Gradient Station e pelo tubo de Pascal (Fig. 01 e 02, respectivamente) são praticamente lineares em quase toda sua extensão. Nos

gradientes formados por deposição (Fig. 03), o termo linear refere-se ao fato de que todas as camadas possuem o mesmo volume de solução, com incrementos iguais, enquanto para o não linear o volume das camadas foi variado. Observamos, entretanto, que após a centrifugação, esta linearidade é totalmente desfeita.

CONCLUSÕES

Os três métodos propostos resultaram em gradientes de densidade, conforme esperado. Uma análise qualitativa dos perfis obtidos sugere que o método de deposição de camadas deverá ser o mais eficiente, uma vez que permite um controle mais fino do perfil. Esta análise é corroborada na literatura [5]. O método de avaliação dos gradientes através do índice de refração mostrou-se eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Javey, A. *et al.*, "Ballistic carbon nanotube field-effect transistors" *Nature* 424, 654–657.
- [2] Eric Pop *et al.*, "Thermal conductance of an individual single-wall carbon nanotube above room temperature" *Nano Letters* 2006 6 (1), 96-100.
- [3] A. P. Graham *et al.*, "Towards the integration of carbon nanotubes in microelectronics" *Diamond and Related Materials*(2004)13 (4-8), 1296-1300.
- [4] Mark C. Hersam *et al.*, "Sorting carbon nanotubes by electronic structure using density differentiation" *Nature Nanotechnology* 2006 (1) 60-65.
- [5] Weisman, R. B. *et al.*, "Advanced sorting of single-walled carbon nanotubes by nonlinear density- gradient ultracentrifugation". *Nature Nanotech.* 5, 443-450 (2010).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG; CNPq; INCT de Nanomateriais de Carbono; Instituto Nacional de Nanotecnologia e Rede Nacional de Pesquisa em Nanotubos de Carbono.

9. Serviço de Radioproteção e Segurança do Trabalho

Desenvolvimento e Implantação de Sistema de Informações Gerenciais em Radioproteção – SIGRAD no CDTN

Isabela Cássia dos Reis Menezes e Pablo Andrade Grossi
Serviço de Radioproteção e Segurança do Trabalho - SERAT

INTRODUÇÃO

É essencial para a gestão das atividades realizadas em Institutos e Centros de Pesquisa na área que seja Nuclear, desenvolvimento de um Sistema de Informações Gerenciais focado nos assuntos de Proteção Radiológica. Esse sistema de controle deve consistir em uma rede de canais de comunicação da organização visando dar suporte decisório, funcional e estratégico, estabelecer objetivos relevantes e quantificados e monitorar resultados e performances.

OBJETIVO

- Capacitar o Serviço de Radioproteção e Segurança do Trabalho do CDTN com modernas técnicas de gestão;
- Treinamento da bolsista em assunto relevante em sua área de formação;
- Desenvolvimento de um Sistema de Informações Gerencial focado nos
- Assuntos de Proteção Radiológica de Institutos e Centros de Pesquisa na área Nuclear;
- Preparação do Serviço de Radioproteção e Segurança do Trabalho do CDTN nos critérios da norma CNEN-NE-3.02 visando sua Certificação junto ao INMETRO.

METODOLOGIA

- Treinamento da bolsista nos critérios e programa da qualidade implantados no CDTN
- Treinamento da bolsista nos processos utilizados pelo SERAT
- Revisão bibliográfica das normas nacionais aplicadas à Proteção

Radiológica e controle de instalações nucleares e radiativas

- Elaboração e aplicação da técnica de árvore analítica visando o desenvolvimento de um programa de proteção radiológica operacional geral
- Desenvolvimento de um Sistema de Informações Gerenciais focado nos assuntos de Proteção Radiológica de Institutos e Centros de Pesquisa na área Nuclear.

RESULTADOS

Utilização de tais resultados como subsídios para a certificação do Serviço de Radioproteção e Segurança do Trabalho do CDTN nos critérios da norma CNEN-NE-3.02.

CONCLUSÕES

É de extrema importância o auxílio da bolsista e dos servidores integrantes do grupo. Com eles, será possível a implantação deste sistema de controle que visa dar suporte decisório, funcional e estratégico, estabelecer objetivos relevantes e quantificados e monitorar resultados e performances focando os aspectos de proteção Radiológica do CDTN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

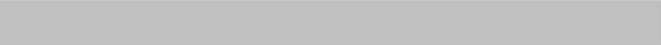
- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Recommendations for the Safe Use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching. Safety Series No. 102, IAEA (1990).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Operational Radiation Protection:

A Guide to Optimization. Safety Series No. 101, IAEA (1988).

[3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Basic Standards for Radiation Protection. Safety Series No. 9, IAEA (1982).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG



10. Serviço de Tecnologia de Reatores

Simulação do fenômeno de estratificação térmica em tubulações de usinas nucleares

Felipe Lucas Ferreira dos Santos e Amir Zacarias Mesquita
Serviço de Tecnologia de Reatores – SETRE

INTRODUÇÃO

A estratificação térmica monofásica ocorre em tubos horizontais, quando duas camadas de um mesmo fluido, uma quente e uma fria, permanecem separadas devido à diferença entre suas densidades. Na estreita interface entre estas duas camadas ocorre um grande gradiente de temperatura e, devido às grandes tensões a que o tubo é submetido nesta região, trincas podem ocorrer. Tais trincas podem ocorrer em componentes de reatores nucleares e comprometer a integridade estrutural destes.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar os efeitos da estratificação térmica do fluido na estrutura da tubulação através de um método numérico, obtendo assim as tensões e deformações provocadas por este fenômeno.

METODOLOGIA

Neste estudo foi modelado numericamente o escoamento de água em tubulação da Instalação de Testes de Estratificação Térmica (ITET) do laboratório de Termo-hidráulica mostrado na Fig. 1. Um experimento típico realizado na ITET foi simulado numericamente. Neste experimento a seção de testes e vaso são inicialmente pressurizados e preenchidos com água quente, e em seguida água fria é injetada na parte inferior da tubulação vertical (ver Fig. 1). Para realizar a simulação foram utilizados dois códigos acoplados: o CFX 12.1 (ANSYS, 2010) para o cálculo do escoamento de água; e o Ansys Mechanical 12.1 (ANSYS, 2010) para a obtenção dos campos de tensão e deformação da tubulação de aço inox 304L.

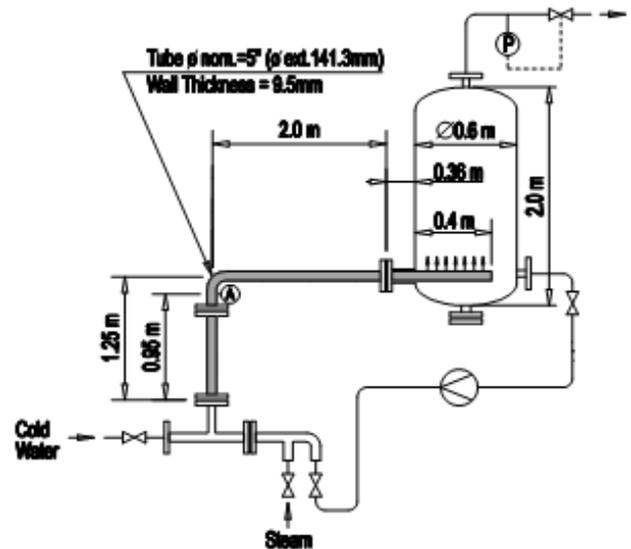


Figura 1. Instalação de Testes de Estratificação Térmica (ITET).

A simulação foi realizada em regime transiente com um passo no tempo de 0,1 s e um tempo total de simulação de 80 s. A cada dois passos no tempo foram gravados os campos de velocidade e temperatura da água e de temperatura, tensões e deformações da tubulação. As propriedades da água e do aço inox 304L foram definidas utilizando equações em função da temperatura, ajustadas para a faixa da simulação. O modelo de turbulência utilizado foi o de duas equações *RNG k-ε*. Duas malhas foram usadas na simulação: uma com $\sim 2,8 \times 10^6$ elementos tetraédricos e prismáticos para a região da água e uma com $\sim 7 \times 10^3$ elementos hexaédricos para a região da tubulação.

Foram definidas as seguintes condições de contorno na simulação: vazão de injeção de água fria de 0,756 kg/s a 31,7 °C; temperatura inicial da tubulação e da água de 217,7 °C; pressão de 21,2 bar; superfície externa da tubulação e do vaso adiabática; e tubulação engastada nas extremidades. Para que o cálculo estrutural seja realizado de forma

coerente, um cálculo preliminar somente estrutural é realizado em regime permanente para determinar o campo de tensões e deformações da tubulação na condição inicial (aquecido e pressurizado) partindo do estado sem tensões (a temperatura e pressão ambientes). Com os campos estruturais iniciais definidos o cálculo transiente fluido-estrutura é iniciado, sendo $t = 0$ s o início da injeção de água fria.

RESULTADOS

A Fig. 2 mostra o perfil de temperatura ao longo da parede da tubulação aos 10 s de simulação, quando o tubo ainda está quase todo aquecido, e aos 40 s de simulação, quando a tubulação está sobre efeito da estratificação térmica.

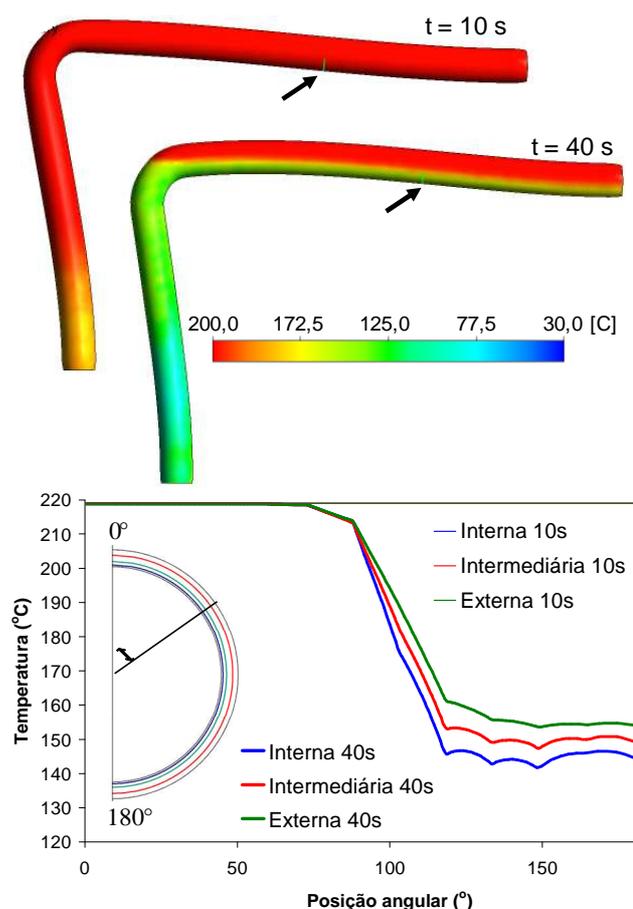


Figura 2 – Perfil da temperatura no tubo aos 40 segundos (Os dados foram retirados na posição indicada pelas setas).

A Fig. 3 mostra as tensões e as deformações na tubulação, nos mesmos tempos da Fig. 2, onde se observa um grande aumento das tensões na tubulação, especialmente na região inferior do tubo.

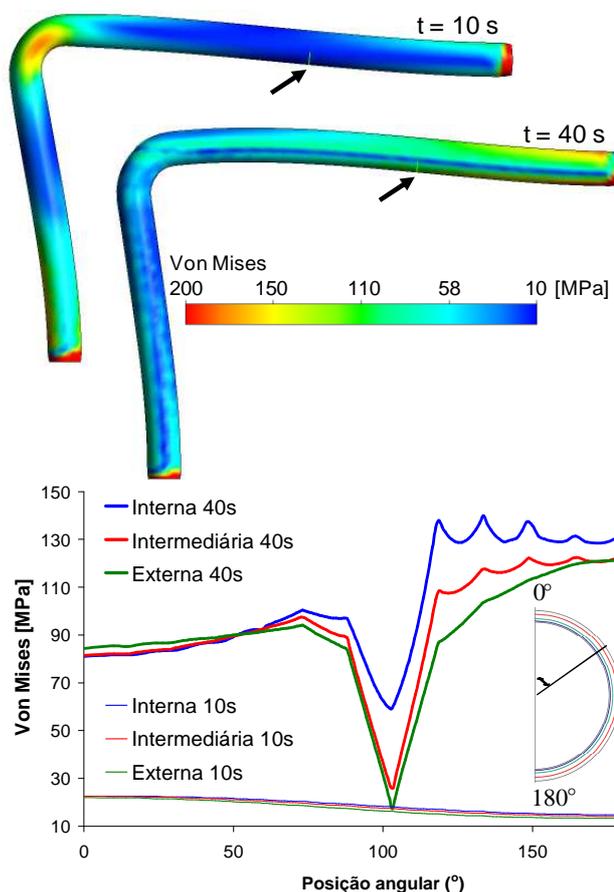


Figura 3 – Deformações e tensões na tubulação.

CONCLUSÃO

A simulação mostrou que a estratificação térmica do escoamento de água provoca um aumento considerável nas tensões na tubulação, o que pode levar a um comprometimento da integridade estrutural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ANSYS (2010). "User manual", ANSYS-CFX.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG.

Investigação Numérica do Escoamento no Reator Multipropósito Brasileiro

Igor Gustavo de Jesus Miranda e Moysés Alberto Navarro
Serviço de Tecnologia de Reatores – SETRE

INTRODUÇÃO

É programa de governo (PNB) e prioritário da CNEN a construção de um Reator Multipropósito Brasileiro - RMB. Este reator deverá atender as necessidades brasileiras atuais de uma fonte de nêutrons para múltiplos propósitos, como a produção de radioisótopos, teste de materiais, aplicações científicas, comerciais e médicas na área nuclear. O RMB é do tipo piscina aberta com potência de 30MW. Reatores desse tipo são mais comuns devido a sua versatilidade, facilidade de operação e segurança. Uma das contribuições do CDTN é o estudo do comportamento da camada quente (CQ) do RMB utilizando códigos do tipo CFD (Computational Fluid Dynamic). A CQ é uma camada de água a uma temperatura mais elevada que o restante da piscina, formada no topo da piscina para impedir que água contaminada atinja a superfície.

OBJETIVO

Construir um modelo simplificado do RMB e estabelecer um procedimento para sua simulação numérica utilizando o código comercial CFX 12.1 [1] visando o estudo da CQ.

METODOLOGIA

A piscina do RMB tem forma cilíndrica como mostrado na Fig.1. A refrigeração do reator consiste em quatro circuitos: CQ, primário (núcleo), secundário (piscina) e de água pesada (D2O). As placas combustíveis são de U_3Si_2-Al e tem 615 mm de comprimento ativo. Os detalhes da geometria podem ser vistos nas Fig.1 e Fig. 2.

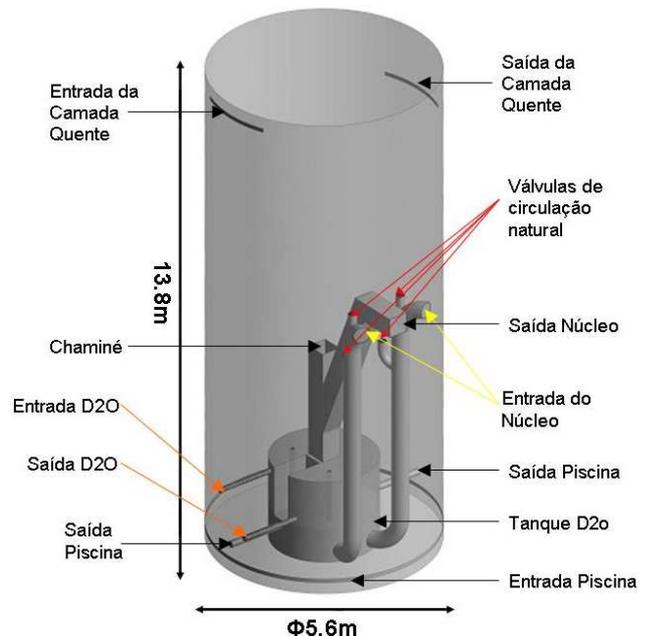


Figura 5-Geometria do Reator

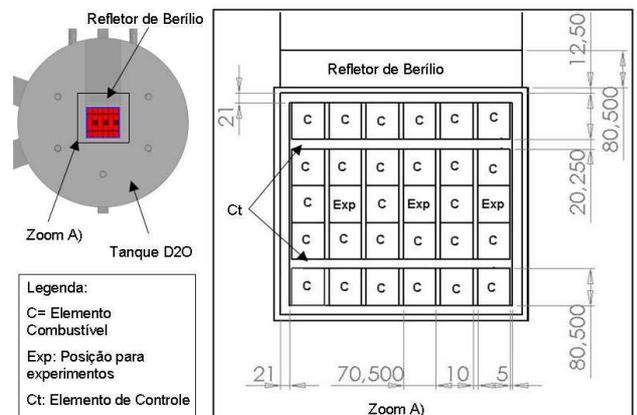


Figura 6- Detalhes do Núcleo

A injeção de água da CQ, na vazão de $14 \text{ m}^3/\text{h}$ e temperatura de $45 \text{ }^\circ\text{C}$, ocorre a $0,1 \text{ m}$ do topo e a sucção a $1,5 \text{ m}$. O refletor é composto por um tanque de água pesada que atua em três faces do núcleo e de elementos de berílio em uma face. Nesta primeira simulação a água pesada permanece estagnada e suas propriedades foram consideradas iguais as da água leve. A injeção de água de $540 \text{ m}^3/\text{h}$ a $33 \text{ }^\circ\text{C}$, do circuito da piscina, é realizada através de um rasgo ao longo de todo o

perímetro na região inferior da piscina, enquanto que a sucção ocorre na base do reator. A entrada da água do circuito primário, responsável por retirar calor dos elementos combustíveis do núcleo, ocorre a 7 m do piso da piscina na vazão de 2700 m³/h e a sucção da água do núcleo é feita através de uma chaminé, acima do núcleo, e sai também na cota 7 m arrastando 300m³/h da água da piscina, evitando a ascensão da água contaminada do núcleo.

Para reduzir o esforço computacional cada elemento combustível do núcleo foi considerado um meio poroso na forma de um paralelepípedo. O coeficiente de resistência fornecido para o meio poroso foi calculado com a simulação de apenas um elemento, utilizando o CFX. Para a simulação da operação normal do RMB foram adotados os seguintes procedimentos:

1. Estabilização da CQ: o reator é simulado somente com o circuito da CQ em operação até que seja formada 1,5 m de CQ. O cálculo é realizado em regime transiente, simulando ~ 4 horas de funcionamento do circuito.
2. Simulação da operação normal do reator: usando o resultado da etapa anterior como condição inicial, o reator é simulado com todos os circuitos ativados. O cálculo também é realizado em regime transiente até que regime permanente seja alcançado.

A malha confeccionada contém ~440.000 nós e ~1.500.000 elementos. Para a simulação o modelo de turbulência RNG k-Epsilon, um passo no tempo de 0,5 s e 34 núcleos de processamento foram utilizados.

RESULTADOS

Os resultados iniciais mostram que o início da operação do reator gera perturbações na CQ, mas insuficientes para desestabilizá-la. A Fig.3 mostra a evolução da temperatura e velocidade em função do tempo no reator.

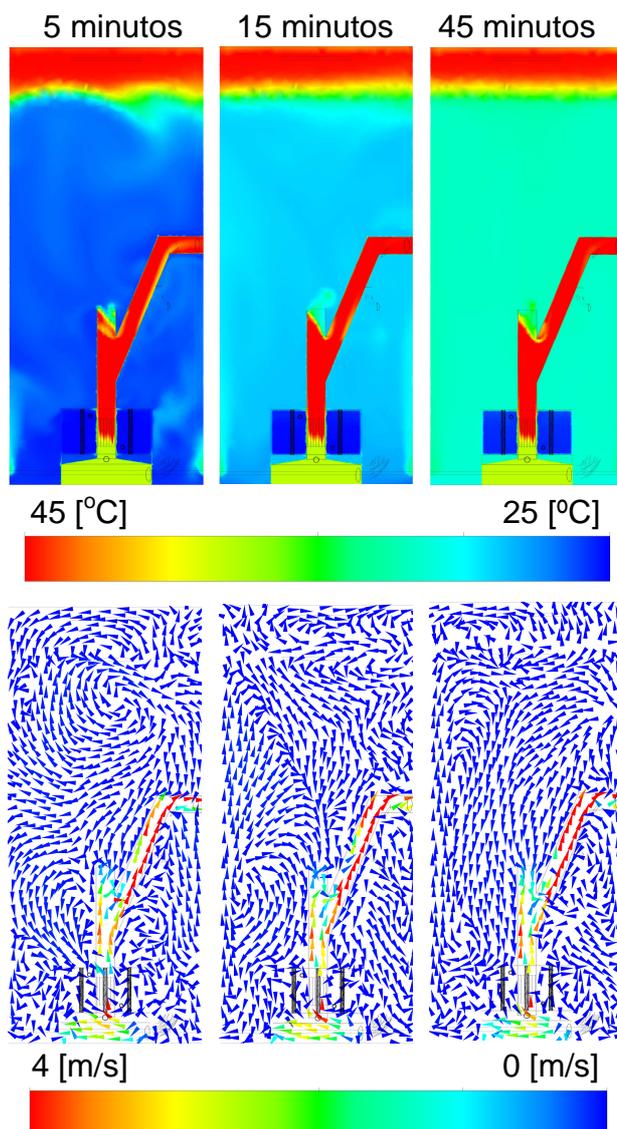


Figura 3- Perfis de temperatura e velocidade.

CONCLUSÃO

Apesar da convergência numérica desejada ainda não ter sido atingida, os resultados preliminares sugerem que a CQ é preservada durante a operação normal e que a metodologia adotada será muito útil no desenvolvimento do RMB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CFX-12.1. (2010). "User manual", ANSYS.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG.

Modelagem do Reator Osiris para o RELAP5

Ygor Henrique de Almeida e Ivan Dionysio Aronne
Serviço de Tecnologia de Reatores – SETRE

INTRODUÇÃO

A Comissão Nacional de Energia Nuclear está projetando um Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), que tem como objetivo principal atender as necessidades brasileiras atuais de uma fonte de nêutrons de multipropósitos.

O RMB será um reator de pesquisa do tipo piscina e terá seu projeto baseado nos reatores de pesquisa Osiris, Júlio Horowitz (franceses) e OPAL (instalado na Austrália).

Para a análise do comportamento termo hidráulico do RMB está sendo utilizado o código computacional RELAP5. A modelagem do Osiris usando o RELAP5 foi importante para adquirir experiência e familiaridade com o código e sua utilização, e assim, contribuirá para agilizar a modelagem do RMB, quando houver dados suficientes disponíveis.

OBJETIVO

Modelar o reator de piscina Osiris com o código RELAP5 e simular casos de estado estacionário e alguns transientes.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada seguiu quatro passos principais: levantamento de dados sobre o reator, desenvolvimento do modelo, simulação de estado estacionário e alguns transientes e comparação dos resultados com dados de referência.

O reator Osiris passou por diversas modificações. Foi escolhido para ser modelado o Osiris 3, por se ter um maior número de informações dessa versão.

A Tab. 1 apresenta as características do Osiris 3. Os dados da tabela apresentada foram retirados da referência [1].

TABELA1: Características do reator Osiris 3

Descrição	Valor
Potência Nominal	70 MW
Vazão no núcleo (entrada / saída)	1141,7 / 1183,3 kg/s
Vazão arrastada da piscina para o núcleo pela chaminé	41,7 kg/s
Temperatura do circuito do núcleo (entrada / saída)	44,35° C / 58,35°C
Vazão na piscina (entrada / saída)	180,6 / 138,9 kg/s
Temperatura do circuito da piscina (entrada / saída)	32,85° C / 34,85°C
Vazão do circuito de purificação (entrada e saída)	~8,3 kg/s
Perda de carga no núcleo	1,2 bar

Esses dados foram tomados como base de referência para o desenvolvimento do modelo a ser utilizado para os cálculos com o RELAP5.

As características geométricas do modelo tiveram como principal referência os desenhos utilizados para realização de estudo similar realizado com o código CFX [2]. Esse estudo faz uma análise das condições termo hidráulicas na piscina do reator, sem detalhar com o que ocorre fora dela.

Portanto, as informações relativas às tubulações anexas à piscina e aos trocadores de calor são escassas e as suas dimensões no modelo com o RELAP5 foram estimadas.

Com base nesses dados foi produzida a nodalização mostrada na Fig. 1.

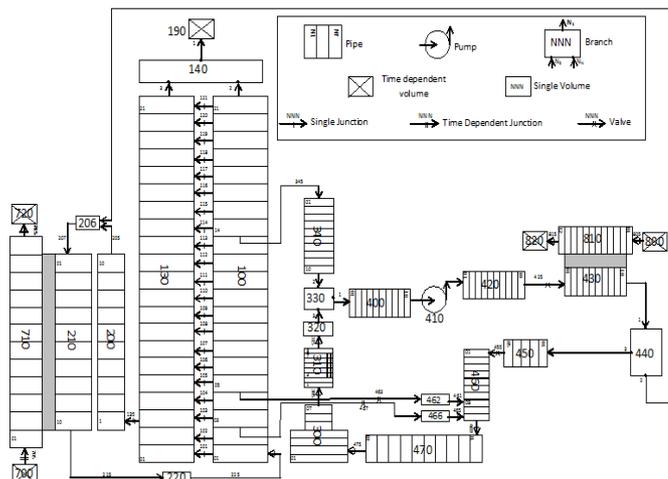


Figura 1 – Nodalização feita para o RELAP5 do reator Osiris.

RESULTADOS

Com o modelo desenvolvido foram simulados casos de variação de potência e de circulação natural. Os gráficos a seguir, apresentam resultados de ambos os casos.

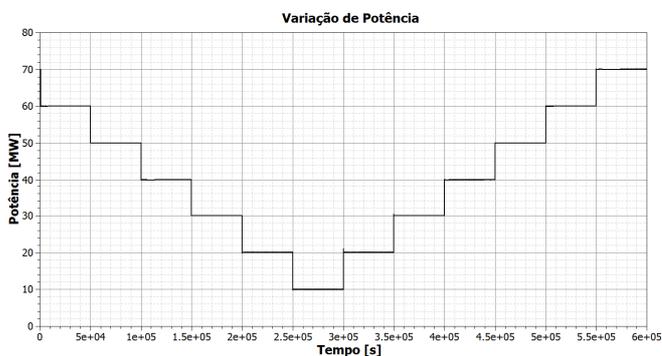


Gráfico 1 – Evolução da potência.

Na simulação de variação de potência, a mesma foi aumentada ou diminuída de 10 MW a cada 50000. Os resultados obtidos na última parte da simulação, em que o reator se encontrava a potência de 70 MW, foram comparados com os valores de referência, obtendo-se boa aproximação.

Pode-se observar no Gráf. 2 que em 10000 segundos ocorre o desligamento do reator e ele passa a operar no modo de circulação natural.

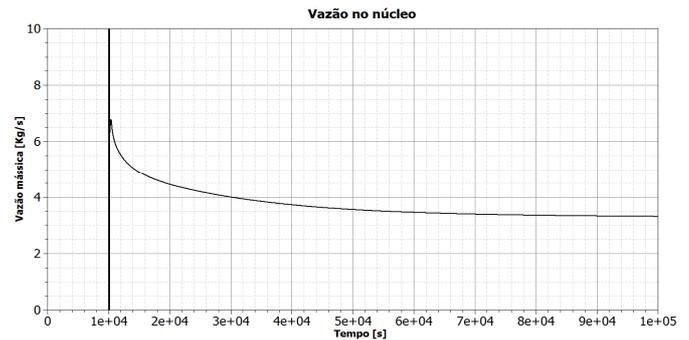


Gráfico 2 – Evolução da vazão de circulação natural, no núcleo, durante um *blackout*.

CONCLUSÕES

Os resultados do caso de variação de potência indicaram um bom controle da mesma e uma razoável aproximação dos resultados com aqueles das referências.

No caso do *blackout* a circulação natural se estabelece mantendo o núcleo refrigerado.

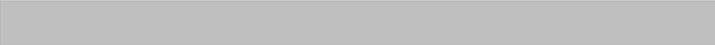
É válido ressaltar que o objetivo principal não foi a obtenção de um modelo ótimo para o Osiris, mas sim a aquisição de experiência, identificando os fenômenos mais relevantes e resolvendo as principais dificuldades, para posteriormente simular o RMB.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Commissariat a l'Energie Atomique, 1970. Réacteur Osiris Rapport Descriptif, Centre d'Estudes Nucléaires de Saclay, Rapport CEA-R-3984, PP. 1-239.
- [2] Santos, A. A. C., Miranda, I. G. J. e Navarro, M. A., 2010. Modelagem Numérica do Escoamento no Reator do Tipo Piscina Osiris, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG



11. Serviço de Tecnologia Mineral

Remoção de manganês de efluentes de mineração por técnicas de precipitação

Alice Oliveira Aguiar e Ana Cláudia Queiroz Ladeira
Serviço de Tecnologia Mineral - SETEM

INTRODUÇÃO

Indústrias de mineração e metalurgia têm se mostrado bastante preocupadas com a presença do manganês em seus efluentes. Estas têm enfrentado sérias dificuldades para atender aos padrões ambientais de lançamento cada vez mais rigorosos. Ao Mn é atribuído o estado de oxidação +2 (Mn^{+2}) como o mais estável em soluções. Neste estado, ele apresenta elevada solubilidade em larga faixa de pH [1]. Geralmente, a remoção do Mn é feita pela adição de cal, o que demanda um grande consumo deste. Outra dificuldade enfrentada no processo de precipitação diz respeito à lenta cinética para a formação de precipitados estáveis. A remoção de manganês pode ser catalisada por sólidos, incluindo óxidos de manganês [2].

OBJETIVO

Avaliar como melhor remover Mn de efluentes líquidos com concentrações elevadas desse metal, da ordem de 100 mg/L, utilizando adsorvedores/catalisadores não convencionais e diferentes agentes precipitantes, e comparar os resultados entre soluções preparadas no laboratório e efluentes industriais.

METODOLOGIA

1. Amostras

Foram utilizadas água ácida do complexo de Poços de Caldas em pH=2,7, e solução de Mn preparada em laboratório, a partir da dissolução de 0,89 mg de $MnSO_4 \cdot H_2O$. Foram utilizados como precipitantes calcário e cal comercial com granulometria <325# Tyler e, como catalisadores,

amostras de resíduo constituído de 95% de MnO_2 e aluminas com diferentes tratamentos finais.

2. Ensaio

A remoção do Mn^{+2} foi realizada através da passagem de soluções por colunas com leito fixo de MnO_2 . Utilizou-se solução preparada em laboratório e amostra de água ácida, ambas com pH previamente ajustado para 7,00, com cal ou calcário. O volume de leito foi 40 mL (35 g), a vazão foi 0,2 mL/min e o tempo de residência foi de 200 minutos.

Volumes de aproximadamente 3,2 mL de alumina foram adicionados a 5 erlenmeyers com 300 mL da água ácida. A solução foi filtrada antes do teste, porém não foi neutralizada. Alíquotas foram recolhidas após 2, 4, 6 e 25 horas de teste.

RESULTADOS

A tabela I apresenta os valores do carregamento de Mn^{+2} das colunas de MnO_2 .

Tabela I: Carregamento das colunas de MnO_2

Alimentação	Carregamento da coluna (mg/g)
Efluente ácido e Cal	13,8
Efluente ácido e Calcário	13,1
Solução sintética e Cal	18,3
Solução sintética e Calcário	16,3

Observa-se que o MnO_2 é um removedor eficaz do manganês tanto da água de drenagem ácida de mina quanto da solução preparada em laboratório com um carregamento Máximo variando entre 13,1

a 18,3 mg/g. De acordo com as figuras 1 a 4 o limite de 1mg/L exigido para descarte no meio ambiente foi obtido até aproximadamente 70-90 bed volumes. O maior carregamento das colunas com solução sintética é explicado pelo fato dessa solução ser mais concentrada, implicando um maior carregamento do adsorvente, e que no efluente ácido há uma concentração de 2,4 g/L de sulfato. Na presença desse íon, há possibilidade de precipitação do sulfato de cálcio, com conseqüente diminuição do carregamento.

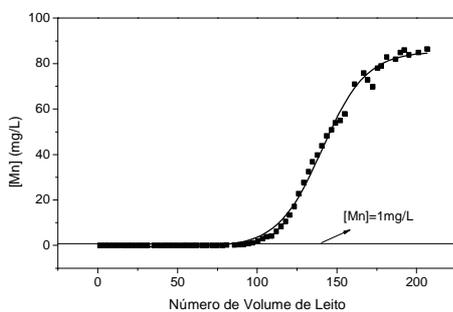


Figura 1: água ácida e cal, $[Mn]_{inicial} = 85\text{mg/L}$.

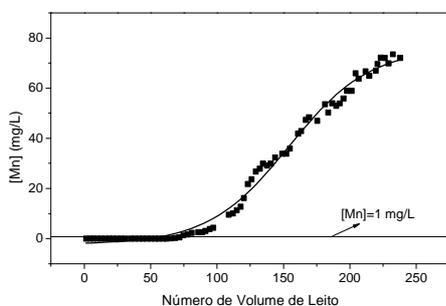


Figura 2: água ácida e calcário, $[Mn]_{inicial} = 80\text{mg/L}$.

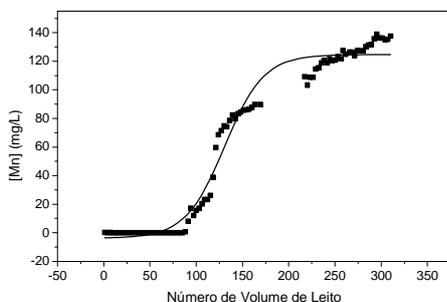


Figura 3: solução sintética e cal, $[Mn]_{inicial} = 145\text{mg/L}$.

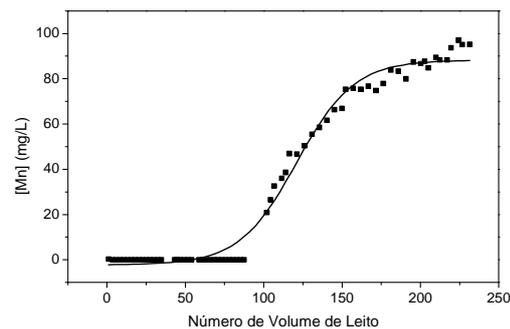


Figura 4: solução sintética e calcário, $[Mn]_{inicial}=140\text{mg/L}$.

Os ensaios com as aluminas indicaram que estas não são efetivas para a remoção do Mn. Entretanto, estas se apresentaram amarelas, podendo indicar a adsorção de urânio presente na água ácida de mina. Análise qualitativa das aluminas após contato com a solução ácida indicou a presença de urânio e Terras Raras.

CONCLUSÕES

O MnO_2 é um adsorvente eficaz do Mn^{+2} apresentando um carregamento entre 13,1 mg/g a 18,3 mg/g, sendo o maior valor encontrado para a coluna com solução sintética e cal. As aluminas não apresentaram uma boa adsorção do Mn^{+2} . Entretanto, ainda podem ser usadas na adsorção do urânio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Sikora, F.J., Behrebd, L.L., Brodie, G.A., Taylor, H.N., Water Environment Research, 5, p. 536-544, 2006.

[2] Lovett, R.J., J. Environ. Quality, 26(4), p. 1017-1024, 1997.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agradecemos a Fapemig e ao CNPq pelo apoio financeiro e pela bolsa de IC.

Descrição Mesoscópica dos Albitos Uraníferos de Quatro Depósitos da Província Uranífera de Lagoa Real, BA

Nadja Cruz Ferraz e Kazuo Fuzikawa
Serviço de Tecnologia Mineral - SETEM

INTRODUÇÃO

A Província Uranífera de Lagoa Real (PULR) localiza-se na região Centro-Sul do estado da Bahia, próximo ao município de Caetité, e abrange uma área de 4.600 km², definida pelas coordenadas geográficas 42°09'-42°23'W e 13°45'-14°07'S; na porção centro-sul do Cráton do São Francisco [1, 2].

Tal província é constituída por 34 anomalias, nas quais se encontram as mineralizações de urânio, que consistem em corpos tabulares e lenticulares de albitos encaixados em rochas metamórficas arqueanas. Foi estimado, para toda a província, um total de 100.700 toneladas de U₃O₈, com teor médio de 2.100 ppm [3].

O presente trabalho consiste no estudo petrográfico de amostras de provenientes dos depósitos 2, 3, 6 e 7, das quais foram feitas descrições mesoscópicas e preparação de lâminas para posteriores estudos de petrografia microscópica e geoquímica de inclusões fluidas.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo o conhecimento geral sobre a mineralogia e petrografia das rochas associadas ao minério de urânio da Província Uranífera de Lagoa Real, bem como a o acompanhamento da preparação de lâminas petrográficas e polidas.

METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada a descrição petrográfica mesoscópica de amostras de testemunho de sondagens de albitos mineralizados dos depósitos 2, 3, 6 e 7 da PULR.

A observação mesoscópica da rocha é a etapa inicial na descrição petrográfica. Consiste na observação das características perceptíveis na amostra de mão, tais como granulação, mineralogia principal (quando identificável), cor, textura e estruturas presentes (foliações, bandamento, lineações etc.).

Depois de concluídas as descrições mesoscópicas das amostras em estudo, acompanhou-se a preparação das amostras para o estudo ao microscópio: a laminação.

A laminação consiste na obtenção de uma seção muito fina da rocha, na qual é possível se investigar ao microscópio propriedades óticas dos minerais presentes, texturas, tamanho e formato dos grãos, presença de inclusões, deformação dos cristais etc.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a relação das amostras descritas e uma sucinta descrição das características petrográficas observadas em cada uma delas mesoscopicamente. O primeiro termo do código da amostra refere-se ao número do furo de sondagem, o segundo corresponde ao depósito amostrado e o terceiro à profundidade do furo.

TABELA 1: Descrição Mesoscópica das Amostras em Estudo

Código da Amostra	Descrição
F005 AN02 83,60	Rocha bandada, com predominância de minerais félsicos, granulação média a grossa e presença de cristais amarelos que apresentam grãos maiores em alguns planos. Os principais minerais observados são: albita, carbonato, piroxênio, titanita, granada e minerais opacos.
F115 AN03 184,60	Rocha com coloração cinzenta e de foliação bem definida pelos minerais máficos. A granulação varia de média a grossa, sendo mais fina para os minerais máficos. A composição mineralógica principal de albita, com biotita como máfico principal. Também ocorrem titanita, granada e piroxênio em menor quantidade.
F034 AN06 85,90	Rocha anisotrópica constituída principalmente por minerais félsicos, os máficos definem foliação (não muito evidente), a granulação média e mais ou menos equigranular. Composta mineralogicamente por: albita, piroxênio, granada, titanita e minerais opacos.
F53 AN07 57,00	Rocha bandada, com bandas escuras mais finas, granulação média a grossa nas bandas félsicas. Observa-se albita e carbonato nas bandas claras e titanita, granada, piroxênio e opacos nas bandas escuras.
F075 AN07 58,00	Rocha anisotrópica, constituída principalmente por minerais félsicos – albita principalmente, foliação bem definida pelos minerais máficos: piroxênio, titanita, granada e minerais opacos; textura granoblástica e granulação média a grossa. Apresenta-se um pouco intemperizada (observa-se minerais argilosos).

Foram confeccionadas seções delgadas e lâminas polidas, que serão usados em trabalhos futuros, respectivamente, micropetrografia e geoquímica de inclusões fluidas.

CONCLUSÕES

Observa-se por meio da descrição das amostras em estudo que, embora apresentem diferenças nas estruturas – algumas com bandamento, outras com foliação mais evidente, outras menos evidentes – e no tamanho dos grãos, nota-se que se trata de rochas em geral muito parecidas mesoscopicamente, todas anisotrópicas e com mineralogia principal semelhante.

Na próxima etapa do trabalho serão realizados estudos mais detalhados por meio da petrografia e estudo de inclusões fluidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RAPOSO, C.; MATOS, E. C de. Distrito uranífero de Lagoa Real. “A história de um exemplo” In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador. **Anais**, São Paulo: SBG, 1982. v.5, p. 2035-2047.
- [2] MATOS, E. C. de; SILVA, J. R. A. E; RUBINI, L. A. 2003. Província Uranífera de Lagoa Real – Garantia de Fornecimento de Concentrado de Urânio (DUA) para as Necessidades Brasileiras, **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 16, nº 2, p.111-120, 2003.
- [3] ALMEIDA, F.F. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 7, p.349-364, 1977.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN e CNPq.

Estudo de lixiviação de urânio a partir de resíduos industriais da INB - Unidade de Lagoa Real - BA

Thiago Silveira Formiga e Carlos Antônio de Moraes
Serviço de Tecnologia Mineral - SETEM

INTRODUÇÃO

O distrito uranífero de Lagoa Real, localizado no centro-sul do estado da Bahia, possui reserva estimada em 100.000 toneladas de urânio, quantidade suficiente para suprir Angra I, II e III por 100 anos [1]. O processo de beneficiamento do minério de urânio de Lagoa Real é a lixiviação em pilhas, um processo estático em que o minério é britado, disposto em pilhas e irrigado com solução de ácido sulfúrico para retirada do urânio [1,2]. À medida que a mina foi se aprofundando, passou a ocorrer uma queda no rendimento na lixiviação em pilhas e uma elevação no teor de urânio no minério lixiviado, chegando a 700 µg/g U₃O₈ [2]. Com o aprofundamento da cava da mina, observou também um aumento no teor de carbonato, demandando um maior consumo de ácido na lixiviação. Para reduzir essa concentração de carbonatos, foi realizado um estudo de concentração do minério por flotação [1]. O rejeito da flotação apresentou um elevado teor de carbonato, com teor de urânio de cerca de 2300 µg/g U₃O₈ para flotação em uma coluna e 1100 µg/g U₃O₈ para flotação em duas colunas.

OBJETIVO

Esta pesquisa tem como objetivo otimizar os parâmetros operacionais de lixiviação do urânio presente no minério lixiviado e no rejeito de flotação do minério de Lagoa Real, visando a recuperação do mesmo.

METODOLOGIA

As amostras de minério lixiviado (resíduo da lixiviação) e rejeito da flotação em uma coluna foram preparadas através de

secagem, homogeneização e quarteamento em frações de 40 gramas. A caracterização das mesmas foi realizada pelas técnicas de fluorescência de Raios-X e nêutrons retardados. Os experimentos de lixiviação foram realizados em béquer de 250 mL, com agitação mecânica e temperatura controlada por meio de banho maria. O minério foi pesado e adicionado ao béquer com água para formar uma polpa, em seguida foi adicionado o ácido (H₂SO₄) e o oxidante (NaClO₃). Após a lixiviação, a polpa foi filtrada e o resíduo foi secado, pesado e encaminhado para análise. As variáveis de processo investigadas foram: relação ácido/minério (RAM), relação oxidante/minério (ROM) e tempo de reação. A recuperação de urânio foi obtida pela análise dos resíduos pelo método de nêutrons retardados.

RESULTADOS

A caracterização química dos principais constituintes das amostras estudadas está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição das amostras

Espécie	Minério lixiviado (%)	Rejeito de flotação (%)
U ₃ O ₈	0,05	0,23
SiO ₂	54,6	20,8
Al ₂ O ₃	19,8	9,70
Fe ₂ O ₃	5,31	8,01
CaCO ₃	1,50	43,0

Para a amostra do minério lixiviado em pilhas variou-se tempo de reação no intervalo de 1 a 4 horas, e a ROM de 2,5 a 12,5 kg/t, mantendo-se fixas a porcentagem de sólidos em 40%, temperatura de 65°C e RAM de 40 kg/t. Os parâmetros foram

fixados com base nos estudos de lixiviação dinâmica realizados com o minério [2]. No intervalo de ROM investigado não foi observado influência significativa na dissolução de U, sendo fixada em 2,5 kg/t. A influência do tempo de lixiviação está apresentada na Fig. 1. A recuperação máxima obtida para o minério lixiviado foi de 73,4% para o tempo de 4 h de lixiviação. Neste caso o teor de urânio não solubilizado foi de 0,013%.

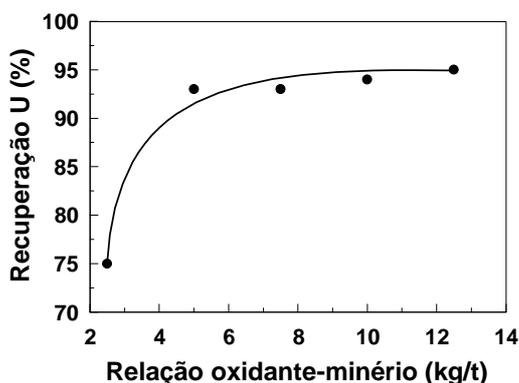


Figura 1. Influência do tempo de lixiviação na dissolução de urânio - Temperatura: 65°C, RAM: 40 kg/t, ROM: 2,5 kg/t, %Sólidos: 40.

Para a amostra do rejeito da flotação em coluna variou-se o tempo de reação, de 1 a 4 horas, a RAM, de 120 a 450 kg/t, e a ROM, de 2,5 a 12,5 kg/t. Com relação à influência da relação ácido minério, pode se observar que somente a partir de 400 kg/t houve a neutralização completa do carbonato, com conseqüente solubilização do U. Para as RAM abaixo de 400 kg/t a recuperação foi inferior a 5%. Para a RAM de 400 kg/t, a recuperação de U foi de 90% enquanto para a RAM de 450 kg/t a recuperação foi de 96%. A influência da ROM está apresentada na Fig. 2. Neste caso pode-se observar que a ROM de 5 kg/t é suficiente para a oxidação de todo o urânio presente na amostra.

Quando variou-se o tempo de lixiviação no intervalo de 1 a 4 horas, observou-se um aumento na dissolução de urânio de 92% (1h) para 96% (4h).

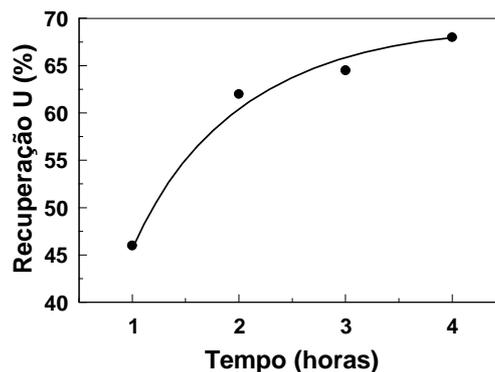


Figura 2. Influência da relação oxidante/minério na dissolução de urânio - Temperatura: 65°C, RAM: 450 kg/t, %Sólidos: 40, Tempo: 3h.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos experimentalmente indicaram a praticabilidade de se tratar o resíduo da lixiviação em pilhas pela técnica de lixiviação dinâmica.

O estudo de recuperação do urânio a partir do rejeito da flotação do minério pela técnica de lixiviação ácida indicou um rendimento de 96% do urânio contido, porém com elevado consumo de ácido, em torno de 450 kg/t.

Para continuidade dos estudos com o rejeito da flotação está previsto a otimização do processo de lixiviação empregando a técnica de lixiviação alcalina.

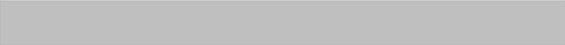
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Aquino, J.A., Albuquerque, R.O., Paula Jr, W.E., Estudo piloto de flotação de carbonatos com o minério de urânio de Lagoa Real, Relatório final, RC-SETEM-04/2009, 2009, 82 pag.

[2] Morais, C. A.; Gomiero L.A.; Scassiotti Filho, W. Leaching of uranium ore from Caetité's facilities, Bahia State, Brasil. In: Hydrometallurgy 2008 - Phoenix, Arizona, USA : Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., v. único, p. 1119-1122, 2008.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG.



12. Serviço do Reator e Técnicas Analíticas

Levantamento de espécies vegetais resistentes ao arsênio em Santa Bárbara, Minas Gerais

Camila Lúcia Medeiros dos Reis Magalhães, Maria Ângela de Barros Correia Menezes, George Uemura e Rosy Mary dos Santos Isaías
Serviço de Reator e Técnicas Analíticas – SERTA, Serviço de Meio Ambiente – SEMAM e Departamento de Botânica – ICB/UFMG

INTRODUÇÃO

A ocorrência natural e/ou antropogênica de arsênio em diferentes compartimentos ambientais tem sido objeto de preocupação em diversos países, incluindo o Brasil. Em Minas Gerais, diversas regiões apresentam ocorrência de As, destacando-se o Quadrilátero Ferrífero, onde a atividade minerária tem contribuído para agravar a já elevada ocorrência natural^{1,2,3}. Nessa região, encontra-se o município de Santa Bárbara, que foi objeto de estudo no Projeto Arsênio³.

Visando estudos de fitorremediação⁴, está sendo desenvolvido um Projeto com a Eslovênia, dentro dos Convênios Bilaterais de Cooperação Internacional, aprovado como Processo 490059/2009-0, Edital CNPq Nº 015/2009; tal projeto está fazendo o levantamento das espécies vegetais da região de Santa Bárbara que acumulam ou não arsênio, presentes em uma nascente que abastece a estação de tratamento de água (ETA), responsável pela água potável consumida por parte da população do município.

A fitorremediação é uma tecnologia para tratamento de solos, águas e sedimentos contaminados, que utiliza plantas como agentes remediadores. O vegetal absorve o contaminante e armazena-o em seus tecidos ou o metaboliza, podendo, em alguns casos, transformá-lo em produtos menos tóxicos⁴.

Neste trabalho, são apresentados os resultados da primeira coleta de espécimens vegetais e de solo de uma nascente da região de estudo, em junho último.

OBJETIVOS

Os objetivos desta etapa do estudo foram identificar, no entorno da nascente, as espécies vegetais mais frequentes e determinar a concentração de As nessas espécies vegetais e no solo.

METODOLOGIA

Espécies Vegetais

Coleta. Foram coletadas amostras de espécimens mais frequentes, e com tamanho suficiente para fornecer exsiccatas e amostras para análise. As exsiccatas foram preparadas no campo e as amostras para análise foram acondicionadas em sacos plásticos.

Preparo para análise. Os espécimens foram lavados em água corrente e água deionizada, tendo sido separadas as folhas do caule, constituindo duas amostras; quando possível, as flores constituíram uma terceira amostra. Com auxílio de papel toalha, foi retirado o excesso de água das amostras, as quais foram pesadas, acondicionadas em béqueres de plástico e congeladas em freezer.

A seguir, foram liofilizadas por 1 dia, homogeneizadas e moídas. Para a análise, foram tomadas alíquotas em torno de 0,2 g de cada amostra.

Solo

Coleta. Foram coletadas amostras de solo próximas às espécies coletadas e acondicionadas em sacos plásticos.

Preparo para análise. No laboratório, o solo foi colocado em recipiente e secado à temperatura ambiente e na sombra. Em seguida foi homogeneizado, peneirado a cinco frações granulométricas. Da fração mais fina, <0.06 mm, foi tomada alíquota para análise, em torno de 0,2 g.

Análise. O método k_0 de ativação neutrônica^{1,2} foi aplicado para a determinação da concentração de arsênio: As irradiações foram realizadas no reator nuclear TRIGA MARK-I IPR-R1, localizado no CDTN/CNEN. Também foi irradiada a amostra de referência GBW 07604, (GSV-3, folha de papoula) e outra de solo, IAEA/Soil 7. A espectrometria gama foi executada em um detector HPGe (resolução de 1,85 keV para a energia de 1332 keV do ⁶⁰Co) e eletrônica associada, programa de análise de espectros Gennie PC da CANBERRA. A análise dos espectros gama foi executada através do programa Hyperlab-PC e a concentração, através do programa KayWin.

RESULTADOS

As amostras coletadas foram identificadas como famílias de angiospermas (Asteraceae; Convolvulaceae; Cyperaceae; Malvaceae e Poaceae) e de gimnospermas, (pteridófito e uma briófito). Nas amostras de Cyperaceae e da briófito, o conteúdo de arsênio determinado foi de (4 ± 1) mg kg⁻¹; as demais apresentaram concentração de arsênio menor do que 0,1 mg kg⁻¹, correspondente ao Limite de Detecção do método determinado para essas matrizes. Quanto ao solo, a concentração de As foi de (16 ± 1) mg kg⁻¹. Os resultados experimentais para as amostras de referência GBW 07604 (folhas de papoula, valor certificado $(0,37\pm 0,06)$ mg kg⁻¹ de As e IAEA/Soil 7 (valor certificado $(13,4\pm 0,85)$ mg kg⁻¹, foram $(0,4\pm 0,1)$ mg kg⁻¹ e (13 ± 1) mg kg⁻¹, respectivamente.

CONCLUSÕES

Os resultados iniciais mostram que existem espécies vegetais na nascente em estudo que não absorvem, mas podem apresentar resistência ao As por exclusão. Tais espécies podem ser adequadas para a recomposição vegetal de áreas degradadas. As espécies que apresentaram As podem ser utilizadas em atividades de fitorremediação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Menezes, M. Â. B. C., Palmieri, H. E. L., Leonel, L. V., Nalini Júnior, H. A., Jacimovic, R. J. of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, v.270, p.111-116, 2006.
- [2] Menezes, M. Â. B. C., Palmieri, H. E. L., Leonel, L. V., Nalini Júnior, H. A., Jacimovic, R. J. of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, v.270, p.117-121, 2006.
- [3] Deschamps, E., Carneiro, M. E. D. P. (Org.); Matschullat, J. (Org.). Arsênio antropogênico e natural - um estudo em regiões do Quadrilátero Ferrífero. 1ª. ed. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente- FEAM, 2007. 330 p..
- [4] Anselmo A. L. F., Jones C. M., Fitorremediação de Solos Contaminados – O Estado da Arte, XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out a 01 de nov de 2005.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, através da Bolsa de Iniciação Científica e do Processo n. 490059/2009-0, Edital CNPq Nº 015/2009 - Convênios Bilaterais de Cooperação Internacional Brasil/Eslovênia

Avaliação de Elementos Tóxicos em Águas de Bicas de Algumas Cidades da Estrada Real (MG) Usando a Técnica de Espectrometria de Massa com Plasma Induzido (ICP-MS)

Luiza Magalhães Fiuza Gomes, Helena E. Leonhardt Palmieri e Eliana Aparecida Nonato
Serviço de Reator e Técnicas Analíticas – SERTA

INTRODUÇÃO

A Estrada Real, nos dias de hoje, é a reunião dos vários caminhos construídos no Brasil-Colônia, principalmente no século XVII, para o transporte das riquezas do interior do Brasil para o litoral do Rio de Janeiro, donde era transportado para a metrópole portuguesa. Com a construção da Estrada real era possível fiscalizar a circulação das riquezas e mercadorias que transitavam entre Minas Gerais, ouro e diamante, e o litoral do Rio de Janeiro, capital da colônia por onde saíam os navios para Portugal. A grande importância das vias fez nascerem inúmeras vilas e cidades. Mas com o fim deste ciclo econômico e com a industrialização, o caminho ficou por muito tempo esquecido, o que ajudou na sua conservação e possibilitou hoje o surgimento de vários projetos de recuperação para explorar seu potencial turístico^[1].

Hoje a Estrada Real é um pólo turístico que reúne os vários caminhos. Ao longo destes caminhos e das cidades que fazem parte de sua rota existe um grande número de chafarizes ou bicas, onde comunidades locais e turistas que ali circulam diariamente utilizam a água não só para beber, mas também como alguma outra forma de consumo indireto.

Existe uma tradição popular de pegar água nas bicas, como o Chafariz Kaquende na Fig. 1, e nascentes, acreditando que a qualidade desta água é superior àquela fornecida pelas companhias de tratamento de água.



Figura 1: Chafariz do Kaquende, Sabará (MG).

Mas muitas vezes a nascente fornecedora desta água acaba sendo contaminada devido a ocupações desordenadas e fatores climáticos. Muitas vezes os usuários ignoram este fato e continuam se abastecendo com esta água sem sequer filtrá-la. O consumo muitas vezes é feito também por falta de informação adequada e de dados que comprovam experimentalmente a real qualidade da água coletada nas bicas.

A presença de contaminantes metálicos em águas de abastecimento tem sido uma constante preocupação no âmbito dos órgãos de controle nacionais e internacionais. Alguns elementos podem apresentar, dependendo da sua composição química, um forte potencial de toxicidade, o que leva ao estabelecimento de restritos limites de concentração constantes dos chamados padrões de potabilidade.

Propõe-se neste trabalho a determinação dos elementos metálicos Al, As, Ba, Be, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Mn, Ni, Ag, Se, U, V e Zn em águas de chafarizes ou bicas de algumas cidades da Estrada Real (Ouro Preto, Mariana, Sabará) como também em uma amostra de água do bebedouro do

CDTN. Além dos elementos metálicos serão também avaliados o pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos.

OBJETIVO

Através da análise de elementos tóxicos em águas de chafarizes de algumas cidades ao longo da Estrada Real, no Estado de Minas Gerais, avaliar a sua qualidade, quanto aos padrões de potabilidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357, identificando e caracterizando possíveis riscos para a saúde das populações locais e turistas devido ao consumo destas águas.

METODOLOGIA

As determinações dos elementos metálicos foram feitas usando um espectrômetro de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS), que é uma técnica largamente empregada na identificação de elementos metálicos presentes em diversos tipos amostras. É uma poderosa ferramenta para a determinação de elementos traço ($< 10^{-4} \text{ g.g}^{-1}$) e ultra traço ($< 10^{-8} \text{ g.g}^{-1}$).^[2] A caracterização físico-química das amostras (pH, condutividade elétrica e temperatura) foi realizada *in situ* com o uso de um medidor portátil de Multiparâmetros, Senslon156 da HACH.

Foram avaliados os limites de detecção (LD) e de quantificação da metodologia empregada, como também a precisão e exatidão dos resultados. A exatidão foi avaliada calculando a taxa de recuperação das concentrações obtidas em relação aos resultados obtidos de amostras de referência certificadas (NIST 1643 e SPS-SW1 Batch 116).

RESULTADOS

Em Mariana foi feita a coleta de amostras nos chafarizes da: Praça da Sé, Igreja de São Pedro e na Praça Gomes Freire. Em Ouro Preto foram coletados nos chafarizes

da Praça São Francisco de Assis (Largo de Coimbra), da Igreja do Pilar, no Bairro Lajes e no Chafariz D. Pedro II (Praça Orlando Tropa). E em Sabará no Chafariz do Kaquende e Bica.

Também foi feita a determinação dos metais presentes em amostras de água minerais comercialmente disponíveis de três marcas para se fazer um comparativo entre essas águas e as águas coletadas nos chafarizes.

A amostra de água da bica do Bairro Lajes em Ouro Preto apresentou teor de arsênio superior ao estabelecido pela CONAMA, que determina que o valor máximo de arsênio seja 0,01 mg/L. O valor encontrado foi de 0,0123 mg/L. Este valor está abaixo do limite de prevenção estabelecido pelo CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo). As demais amostras apresentaram valores abaixo dos valores estabelecidos pelo CONAMA.

CONCLUSÃO

Através dos resultados pode-se perceber a boa qualidade das águas dos chafarizes das três cidades em questão, que apresentaram concentração dos metais analisados e parâmetros físico-químicos semelhantes às águas minerais comerciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Postali, M. História: o que é Estrada Real, 2007. Acesso: 26/09/2010. Disponível em:

<http://360graus.terra.com.br/ecoturismo/default.asp?did=21027&action=hist%C3%B3ria>

[2] MUYNCK; Tese (Pós-doutorado) – Department of analytical chemistry, Universiteit Ghent, 2008, 271 f.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais.

Dosimetria Interna de Radiofármacos Baseados em ^{64}Cu

Margarete Cristina Guimarães e Andréa Vidal Ferreira
Serviço de Reator e Técnicas Analíticas – SERTA

INTRODUÇÃO

Este trabalho está vinculado ao Projeto 4.02 “Desenvolvimento de Novos Fármacos e Radiofármacos” do PPA 2008/2011 do CDTN/CNEN. Dentre os novos fármacos e radiofármacos abordados no Projeto, particular atenção é destinada `aqueles baseados em ^{64}Cu (emissor de pósitron) e em derivados das tiossemicarbazidas.

As tiossemicarbazonas $\alpha(\text{N})$ heterocíclicas derivadas de acetilpiridina apresentam como característica a inibição do crescimento de tumores *in vitro* e *in vivo* [1]. Devido à versatilidade farmacológica e à facilidade de síntese com metais ou radionuclídeos, as tiossemicarbazonas são objetos de estudo para o desenvolvimento de novos radiofármacos [1].

Recentemente, vem crescendo o interesse da medicina nuclear pelo desenvolvimento de radiofármacos derivados de tiossemicarbazonas, complexados com o cobre, para uso na oncologia [2]. O radionuclídeo ^{64}Cu possui boas propriedades físicas para complexação com fármacos, tais como meia-vida curta ($T_{1/2}$: 12,7h) e decaimento por emissão de pósitrons.

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo realizar a dosimetria interna do ^{64}Cu -CULAC (uma tiossemicarbazona complexado com cobre) utilizando o formalismo MIRD [3] a partir do perfil farmacocinético desse composto em modelos de tumores animas. Os dados biocinéticos foram obtidos no âmbito do Projeto 4.02, em uma dissertação de mestrado [4].

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho está sintetizada abaixo:

- Obtenção das atividades acumuladas nos órgão alvo do modelo animal (camundongos *Swiss* fêmeas) a partir dos dados biocinéticos;
- Realização dos cálculos dosimétricos baseados no formalismo MIRD.

RESULTADOS

As atividades acumuladas nos órgãos dos animais foram obtidas através dos dados da biodistribuição [4]. A Figura 1 apresenta a atividade em função do tempo para um dos órgãos analisados, a título de exemplo. Gráficos similares foram construídos para todos os órgãos estudados no modelo animal. A área sobre a curva fornece a atividade acumulada no órgão fonte.

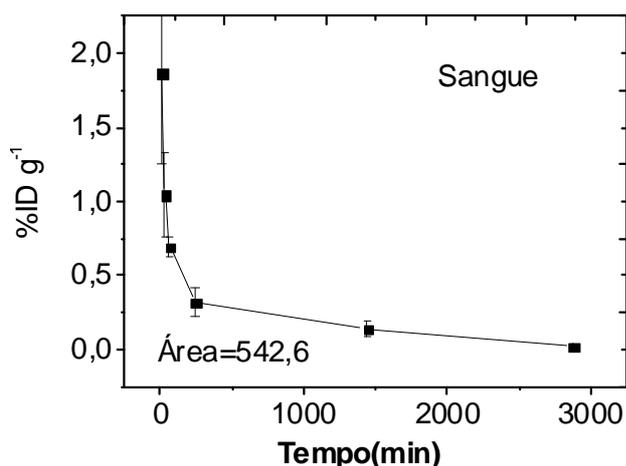


Figura 1: Perfil farmacocinético do ^{64}Cu -CULAC no sangue do modelo animal.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos cálculos das atividades acumulados para todos os órgãos alvo do modelo animal.

Tabela 1: Atividade acumulada *

Órgão	Ã(Bq.s)
Sangue	12.193
Tireóide	387.311
Coração	1.315.698
Pulmões	3.018.425
Fígado	97.375
Baço	2.649.813
Pâncreas	686.683
Rins	3.703.312
Estômago	2.314.916
Intestinos	12.836.687
Osso	244.583
Músculo Esq.	524.169
Cerébro	351.915
Cerebelo	116.262
Útero e Ovários	2.101.376
Bexiga	247128
Pata Normal	974.844
Pata com Tumor	1.751.119

* Nos experimentos, foram injetados 18,7kBq de ⁶⁴Cu-CULAC em cada animal.

A partir dos resultados da Tabela 1 e utilizando o formalismo MIRD, a dosimetria para partículas carregadas (pósitron e beta) foi determinada. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a dosimetria.

Tabela 2: Doses obtidas com o formalismo MIRD*

Órgão	Dose (β^+ + β^-) nGy
Sangue	28.630
Tireóide	330
Coração	934
Pulmões	1.260
Fígado	830
Baço	3.073
Pâncreas	585
Rins	495
Estômago	710
Intestinos	96
Osso	190
Músculo Esq.	37
Cerébro	22
Cerebelo	55
Útero e ovários	122
Bexiga	778
Tumor	267

* Doses obtidas para 18,7kBq de ⁶⁴Cu-CULAC administrados por injeção intravenosa.

CONCLUSÕES

Os resultados indicam uma maior atividade acumulada na pata tumoral (tumor de mama Erlich implantado) quando comparada à pata saudável indicando a afinidade do ⁶⁴Cu-CULAC com o tecido tumoral. Isto sugere a realização de mais estudos visando a criação de protótipos de fármacos baseados no ⁶⁴Cu-CULAC para tratamento de tumores de mama. Além disto, alguns órgãos (baço, pulmão, coração e fígado) apresentaram uma dose significativa quando comparada aos outros indicando a afinidade destes com a droga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Jalilian A.R., Sadeghi M, Yari-kamrani Y., Ensaf M.R., J. Radioanalytical Nucl. Chemistry, 2006; 268; 605-611.
- [2] Vãvere A.L., Lewis J.S, Royal Society of Chemistry J. 2007 10; 4893-4902.
- [3] SNYDER, W. *et al.* "S" Absorbed Dose per Unit Cumulated Activity for Selected Radionuclides and Organs. MIRD Pamphlet N°11, Soc. of Nuclear Med. New York, 1975.
- [4] SILVA, P.R.O.; Caracterização da atividade antitumoral das tiossemicarbazonas derivadas de N(4)-Metil-Toluil-2- Acetilpiridina e de 2-Piridinoformamida seus complexos metálicos: Avaliação do potencial radiofarmacêutico. Dissertação de Mestrado, 174f, CDTN/CNEN, 2008.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Este trabalho contou com uma bolsa de iniciação científica do programa PIBIC/PROBIC 2009/2010 CNPq/CNEN.

Avaliação da Identidade e Segurança Microbiológica em Guaraná em Pó Tratado por Irradiação Gama

Tatiana Cristina Bomfim Gomes e Alexandre Soares Leal
Serviço de Reator e Técnicas Analíticas – SERTA

INTRODUÇÃO

A *Paullinia cupana* é uma planta encontrada no Brasil, Venezuela e Guianas. Seu fruto, conhecido popularmente como guaraná, ao passar por processo de secagem, pode ser triturado, moído ou pilado, se transformando em um pó de aspecto marrom e sabor amargo.



Figura 1 – Guaraná (*Paullinia cupana*).

O pó de guaraná é um reconhecido estimulante e revigorante, tônico estomacal, indicado para dispepsias, flatulências, diarreias, gases e prisão de ventre.

Em geral, as preparações vegetais, como o guaraná em pó, comercializadas em farmácias e lojas de produtos naturais, não possuem certificado de qualidade nem um controle higiênico e sanitário efetivo. Portanto, o interesse em verificar a qualidade desses produtos é principalmente devido a seu potencial de contaminação, considerando a sua origem natural.

Um dos tratamentos utilizados para conservação dos alimentos é a irradiação gama.

OBJETIVO

Avaliar a identidade de diferentes pós de Guaraná (*Paullinia cupana*) comumente comercializados em Belo Horizonte – MG.

Investigar a qualidade em relação à contaminação fúngica e bacteriológica.

Avaliar a eficácia da irradiação gama como método de desinfecção de microorganismos presentes.

METODOLOGIA

Foram adquiridas quatro amostras de Guaraná em pó (*Paullinia cupana*) de diferentes marcas no Mercado Central de Belo Horizonte.

■ Caracterização do pó

Foram observadas as características organolépticas e microscópicas do pó com auxílio de um microscópio estereoscópio.

■ Contagem de bolores e leveduras

A quantificação de fungos foi efetuada pelo método de diluição em placa, em que foi quantificado o número de unidades formadoras de colônias (UFC) de bolores e leveduras pela técnica de plaqueamento em superfície.

■ Contagem de bactérias

As análises microbiológicas foram feitas de acordo com os parâmetros estabelecidos na RDC nº12, de 12 de janeiro de 2001, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

■ Irradiação Gama

O processo de irradiação foi realizado no Laboratório de Irradiação Gama do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) em níveis de 5 e 10kGy, com fonte de ^{60}Co .

RESULTADOS

■ Caracterização do pó: Pó homogêneo de coloração castanho clara a castanho avermelhada, inodoro, de sabor amargo e fracamente adstringente.



Em todos os pós de guaraná pode-se observar a presença de amido característico. Exceto na amostra 1, foram observadas estruturas características do tegumento da semente do guaraná. Nas amostras 1, 3 e 4 observou-se a presença de microorganismos.

■ Contagem de bolores, leveduras e bactérias

Dose da Irradiação (KGy)	Contagem Total de Fungos (UFC/g)			
	Amostras			
	1	2	3	4
0	$3,2 \times 10^5$	$5,7 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$2,3 \times 10^6$
5	<100	<100	<100	$1,5 \times 10^2$
10	<100	<100	<100	<100

Dose da Irradiação (KGy)	Contagem Total de Coliformes Totais (UFC/g)			
	Amostras			
	1	2	3	4
0	8×10^3	$2,9 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$	$>738 \times 10^4$
5	<1	5×10	<1	$>738 \times 10^4$
10	<1	<1	<1	2×10^3

Dose da Irradiação (KGy)	Contagem Total de <i>E. coli</i> (UFC/g)			
	Amostras			
	1	2	3	4
0	80	$1,31 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$	$>738 \times 10^4$
5	<1	<1	<1	$3,6 \times 10^5$
10	<1	<1	<1	$5,2 \times 10^2$

Dose da Irradiação (KGy)	Contagem Total de Estafilococos coagulase positiva (UFC/g)			
	Amostras			
	1	2	3	4
0	<10	<10	<10	6035
5	<10	<10	<10	314
10	<10	<10	<10	82,5

Todas as amostras de guaraná, nas irradiações de 0, 5 e 10KGy, apresentaram contagem de *Bacillus cereus* inferior a 10UFC/g e ausência de *Salmonella* sp. em 25 gramas de amostra.

CONCLUSÕES

A irradiação gama a 5KGy garantiu boas condições higiênico-sanitárias pela contagem de *E. coli* nas amostras 1, 2 e 3. Para a amostra 4, faz-se necessária irradiação a 10KGy para se atingir boa qualidade do produto. Na pesquisa de Estafilococos coagulase positiva a irradiação a 5KGy garantiu a diminuição de microorganismos a níveis seguros para o consumo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Farmacopéia Brasileira. 4ª ed. São Paulo: Atheneu, 2003. parte II, quinto fascículo, série 236.
- [2] Farmacognosia: da planta ao medicamento. 6. ed. Porto Alegre: UFRGS; Santa Catarina: UFSC, 2007. 1102 p.
- [3] ANVISA. Resolução RDC nº12, de 12 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.
- [4] ANVISA. Resolução nº21, de 26 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico para a irradiação de alimentos.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG.

13. Índice de Autores

A

Aimoré Resende Riquetti Dutra	19
Alice Oliveira Aguiar	101
Aline Leandra Carvalho Ferreira.....	33
Ana Cristina Vieira Zuccheratte	41
Ana Letícia Rabelo Ciscotto	75
Ana Luiza Massêo Saldanha	69

C

Camila Lúcia Medeiros dos Reis Magalhães.....	109
Cartergiane Junio de Oliveria	47

D

Daniel Jardim de Souza.....	49
Danielle Soares Gomes.....	35
Danyel Pontelo Correa	43

E

Ellen dos Santos.....	51
-----------------------	----

F

Felipe Lucas Ferreira dos Santos.....	93
Felipe Wallysson Ferreira de Oliveira	77
Fernanda Lambertucci Araújo Alberto	71

G

Gabriela de Amorim Soares	13
---------------------------------	----

I

Igor Gustavo de Jesus Miranda	95
Isabela Cássia dos Reis Menezes.....	89

L

Luciana Capanema Silva Carneiro.....	21
Luís Eduardo Lopes	53
Luiz Cláudio Freitas Maciel Garcia de Carvalho.....	23
Luiza Magalhães Fiuza Gomes	111

M

Margarete Cristina Guimarães	113
Mariana Coelho de Vasconcelos Santos	55
Matheus Lopes Angelo.....	79
Michelle Cristina Bastos Leal	15
Monique Grazielle da Cruz.....	81

N

Nadja Cruz Ferraz	103
-------------------------	-----

P

Paula Maria da Silva Leite.....	83
Pedro Santiago Lacerda.....	57
Priscilla Figueiredo Santos.....	29

R

Rangel Teixeira Frade.....	59
Raphael Gomes de Paula	61
Raquel Pereira Ribeiro	37

S

Sabrina Nunes Soares	63
Stephano Papadopoli Tonelli Piva	56

T

Tatiana Cristina Bomfim Gomes	115
Thiago de Oliveira Mazzeu.....	25
Thiago Silveira Formiga	105
Tiago de Mattos Serodre.....	85

Y

Ygor Henrique de Almeida	97
--------------------------------	----

14. Índice de Orientadores

A

Adelina Pinheiro Santos	85
Adriana Silva de Albuquerque	75
Alberto Avelar Barreto	71
Alexandre Soares Leal	115
Amir Zacarias Mesquita	93
Ana Cláudia Queiroz Ladeira.....	101
Ana Maria Matildes dos Santos	25
Andréa Vidal Ferreira.....	113
Antero Silva Ribeiro de Andrade	33
Armindo Santos	77, 81

C

Carlos Antônio de Moraes	105
Célia de Figueiredo Cordeiro Neves.....	61
Clascídia Aparecida Furtado	79

D

Denise das Mercês Camarano	21
----------------------------------	----

E

Edésia Martins Barros de Sousa	83
Eliana Aparecida Nonato.....	111
Emerson Giovani Rabello	55

G

George Uemura	109
---------------------	-----

H

Helena E. Leonhardt Palmieri.....	111
-----------------------------------	-----

I

Ivan Dionysio Aronne	97
----------------------------	----

J

Jefferson José Vilela	53, 63
Juliana Batista da Silva	29

K

Kazuo Fuzikawa	104
----------------------	-----

L

Luiz Leite da Silva	49
---------------------------	----

M

Márcio Tadeu Pereira.....	13, 15
Marco Antônio Dutra Quinan.....	47, 65
Maria Ângela de Barros Correia Menezes	109
Maria do Socorro Nogueira	35
Moysés Alberto Navarro	95

N

N	0
---------	---

P

Pablo Andrade Grossi	89
----------------------------	----

R

Raquel Gouvêa dos Santos	37
Ricardo Alberto Neto Ferreira	19
Rogério Pimenta Mourão	41
Rosy Mary dos Santos Isaías.....	109

Rubens Martins Moreira69

T

Tanius Rodrigues Mansur57

V

Vanderley de Vasconcelos.....43

W

Wagner Reis da Costa Campos.....51, 59

Wilmar Barbosa Ferraz23, 25

15. Índice de Títulos

A importância das incertezas em análise de segurança de repositórios de rejeitos radioativos.....	41
Análise de propagação de trinca por fadiga em juntas soldadas por processo MAG do aço ABNT 1016.....	63
Avaliação da corrosão sob tensão da liga de alumínio 7075-T6 em solução de NaCl 3,5%.....	47
Avaliação da Identidade e Segurança Microbiológica em Guaraná em Pó Tratado por Irradiação Gama.....	115
Avaliação da Influência do Processo de Cladeamento na Resistência à Corrosão do Aço ASMEAS-240TP-316L Soldado por Explosão ao Aço ASTMSA-516GR 60 N	61
Avaliação de Elementos Tóxicos em Águas de Bicas de Algumas Cidades da Estrada Real (MG) Usando a Técnica de Espectrometria de Massa com Plasma Induzido (ICP-MS).....	111
Avaliação de Gradientes de Densidade para Separação de Nanotubos por Ultracentrifugação	85
Avaliação de Resinas para Utilização em Sementes para Braquiterapia Intersticial.....	23
Caracterização da atividade antitumoral de tiossemicarbazonas complexadas com metais: avaliação do seu potencial radiofarmacêutico.....	37
Caracterização mecânica e microestrutural de soldas dissimilares de aço inoxidável austenítico AISI 316L com Inconel 182.....	51
Caracterização Mecânica e Microestrutural de Soldas Dissimilares de Aço Inoxidável Austenítico AISI 316L com Inconel 182.....	59
Caracterização Termofísica do Dióxido de Urânio – Influência da Pressão de Compactação	21
Consolidação da síntese e caracterização de microesferas de aço inox pelo Processo Sol-gel.....	77
Descrição Mesoscópica dos Albitos Uraníferos de Quatro Depósitos da Província Uranífera de Lagoa Real, BA	103
Desenvolvimento de sistema de aquisição para máquina universal de ensaios INSTRON TTDML do Laboratório de Ensaios Mecânicos	53
Desenvolvimento de técnicas e métodos para avaliação da qualidade de imagens digital e digitalizadas em mamografia.....	35
Desenvolvimento de um sistema de controle, aquisição e tratamento de dados de um equipamento de cominuição pelo processo de hidratação e desidratação.....	19

Desenvolvimento de um sistema híbrido multifuncional baseado em sílica-P(N-iPAAm)-nanopartículas magnéticas: síntese e caracterização	83
Desenvolvimento e Implantação de Sistema de Informações Gerenciais em Radioproteção – SIGRAD no CDTN	89
Determinação do Grau de Sensitização do Metal de Adição Inconel 182 Depositado em Diferentes Condições de Aporte Térmico de Soldagem	65
Dosimetria Interna de Radiofármacos Baseados em ⁶⁴ Cu	113
Estudo da Propagação de Rede de Trincas em Material Base e Soldas de Tubulações Classe 1 de Reatores Nucleares Tipo PWR Devido à Fadiga Térmica.....	57
Estudo das informações meteorológicas da região da Pampulha em Belo Horizonte no período de 1997 a 2009.....	71
Estudo de lixiviação de urânio a partir de resíduos industriais da INB - Unidade de Lagoa Real – BA.....	105
Estudo do Emprego de Flavonóides Naturais como Aditivos para a Conservação de Alimentos	15
Estudo do limite de resistência à fadiga de juntas soldadas de materiais dissimilares.....	55
Implantação de dosimetria de altas doses e Gestão da Qualidade no Laboratório de Irradiação Gama (LIG)	13
Investigação Numérica do Escoamento no Reator Multipropósito Brasileiro.....	95
Levantamento de espécies vegetais resistentes ao arsênio em Santa Bárbara, Minas Gerais	109
Modelagem do Reator Osiris para o RELAP5.....	97
Obtenção de alumina gama mesoporosa via transformação sol-gel do complexo Al(NO ₃) ₃ -uréia e seu uso no estudo de adsorção de flúor.....	81
Obtenção de Pós das Ligas U _{2,5} Zr _{7,5} Nb e U ₃ Zr ₉ Nb pelo Processo Hidretação-Desidretação e Caracterização por MEV	25
Padronização e comparação de métodos de PCR para diagnóstico da leishmaniose visceral canina	33
Produção de ¹⁸ F ¹⁸ FDG utilizando esterilização por calor úmido.....	29
Produção de Buckypapers a partir de MWNT e caracterização mecânica de compósitos nanoestruturados à base de resina epóxi/fibra de carbono/“buckypaper”	79
Propriedades estruturais e magnéticas de óxidos de ferro nanoestruturados para aplicações em hipertermia.....	75

Redução da condutividade de uma amostra de aquífero sob reservatório de petróleo por destilações múltiplas	69
Remoção de manganês de efluentes de mineração por técnicas de precipitação.....	101
Simulação do fenômeno de estratificação térmica em tubulações de usinas nucleares.....	93
Simulação Numérica de Tensões e Deformações de Tubulações Submetidas à Estratificação Térmica.....	49
Sistema computacional para facilitar a realização da manutenção centrada em confiabilidade em processos industriais	43