

Avaliação da instrumentação do reator Triga IPR-R1 para controle de pH e condutividade elétrica**Instrumentation evaluation of the Triga IPR-R1 reactor to control pH and electrical conductivity**

DOI:10.34117/bjdv6n6-437

Recebimento dos originais: 11/05/2020

Aceitação para publicação: 18/06/2020

Izabela Mendes Alves

Bacharel em Engenharia Química

Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH

Endereço: Av. Prof. Mário Werneck, 1685 - Buritis - Belo Horizonte – MG. CEP: 30455-610 –
Brasil

E-mail: izabelamendesalves@gmail.com

RESUMO

O reator Triga IPR – R1 está localizado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN. É utilizado para pesquisas que abrange tanto a área industrial com a medicina. Porém, a sua instrumentação de controle dos parâmetros de operação é da década de 70. Ou seja, não passou por nenhuma atualização, o que pode proporcionar erros de medidas de parâmetros importantes como pH e condutividade elétrica. E esses parâmetros estão diretamente relacionados com o controle químico da água de refrigeração e consequentemente com a segurança de operação do reator. Esse trabalho aborda os aspectos mais importantes do controle de pH e condutividade elétrica do IPR –R1 e a qualidade da instrumentação desse reator.

Palavras chaves: IPR – R1, pH, condutividade elétrica, instrumentação.**ABSTRACT**

The Triga IPR - R1 reactor is located at the Nuclear Technology Development Center - CDTN. It is used for research that covers both the industrial area with medicine. However, its instrumentation to control the operating parameters is from the 70's. That is, it did not undergo any updating, which can provide errors of measurements of important parameters such as pH and electrical conductivity. And these parameters are directly related to the chemical control of the cooling water and consequently to the safe operation of the reactor. This work addresses the most important aspects of IPR-R1 pH and electrical conductivity control and the instrumentation quality of this reactor.

Keywords: IPR-R1, pH, electrical conductivity, instrumentation.**1 INTRODUÇÃO**

O reator tipo Triga Mark I está localizado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN. Seu registro na Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) é o IPR-R1 e opera com potência de 100Kw. (MESQUITA e MOREIRA, 2017)

É utilizado, atualmente, para a produção de radioisótopos, treinamento de novos operadores de reatores de potência e pesquisa, irradiação de amostras para análise por ativação por nêutrons, produção de traçadores utilizados em processos industriais. (MESQUITA et al., 2008)

Os reatores Triga são do tipo piscina aberta, refrigerados e moderados a água leve. Ao longo dos anos foram realizadas diversas pesquisas sobre o controle químico e qualidade da água de refrigeração, com o intuito de conhecer suas características e minimizar danos ocasionados pela corrosão dos materiais estruturais do reator. (RODRIGUES,2018)

A água pode ser considerada um meio agressivo a altas temperaturas e pressões, podendo comprometer a confiabilidade dos sistemas de segurança de um reator nuclear, pois afeta a integridade das barreiras de contenção da radioatividade, tal como o revestimento dos elementos combustíveis. Dessa forma, o monitoramento da composição química do fluido refrigerante é extremamente importante, pois pode reduzir e melhorar os seguintes problemas: controle da reatividade no núcleo, integridade dos materiais do sistema refrigerante do reator e do combustível, e controle do campo de radiação. (IAEA,2006)

No entanto, novas pesquisas evidenciam a avaliação de outros aspectos, tais quais pH e condutividade elétrica com o intuito de diminuir os impactos da erosão e da deposição de produtos corrosivos nas áreas de transferência de calor que podem causar degradação aumentando os processos de corrosão localizada.(LIN, 1996)

Assim o objetivo desse artigo é analisar a importância do controle do pH da água de refrigeração nos reatores de pesquisa e avaliar como esse controle está sendo desenvolvido no reator IPR – R1

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 REATOR IPR – R1

O núcleo do reator Triga IPR –R1 está localizado no fundo de um tanque de formato cilíndrico. A profundidade desse tanque é de aproximadamente 6,625 m e o diâmetro interno de 1,92m. A 0,54 m abaixo do nível do topo contém água desmineralizada que atua como refletor de nêutrons, blindagem biológica às radiações provenientes do núcleo e como fluido refrigerante. (VELOSO; FORTINI,2002)

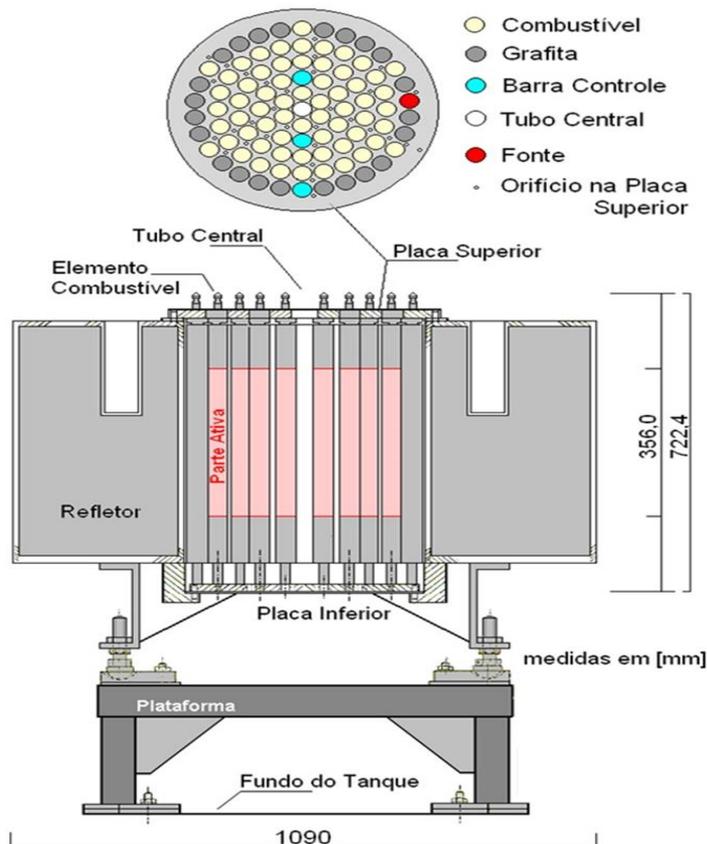
O núcleo desse reator está envolto por um refletor de grafita anular que possui altura de 0,58 m, diâmetro externo de 0,109 m e diâmetro interno de 0,44m. A estrutura do núcleo constitui uma placa inferior e superior de alumínio anodizado que tem como função posicionar os elementos combustíveis. (MESQUITA,2005)

O núcleo do IPR – R1 contém 63 elementos combustíveis, dos quais 59 são elementos revestidos de alumínio 1100F e 4 com revestimento de aço inoxidável AISI304. O núcleo também está carregado com 23 elementos falsos de grafita com revestimento de alumínio, um tubo central de

irradiação, uma fonte de nêutrons e três barras de controle de carbeto de boro. (REIS, 2017) (Figura 1).

A princípio, a potência máxima do reator IPR-R1 era de 30kW. Depois foi acrescentado elementos combustíveis ao seu núcleo o que proporcionou o aumento da potência para 100 kW .No ano 2002 foram feitas novamente alterações no núcleo, acrescentando mais combustíveis e permitindo que a potência atinja níveis de 250 kW. (MESQUITA,2008)

Figura 1 – Reator Tipo Triga IPR –R1



Fonte: Mesquita (2005)

A refrigeração do núcleo é feita através de convecção natural, isto é, diferença de densidade entre a água do topo no reator e no fundo. O calor resultante da reação de fissão nuclear é transferido através de um trocador de calor com o fluido refrigerante bombeado para o tanque do reator. No circuito secundário calor é transferido à água comum que é resfriada pelo ar atmosférico em uma torre externa de refrigeração. (VELOSO; FORTINI, 2002)

2.2 INSTRUMENTAÇÃO DO REATOR IPR –R1

A mesa de controle do reator é dotada de um instrumento analógico fabricado pela Beckman Instruments (1974). E através de um artifício determina-se momentaneamente a condutividade da água. O funcionamento desse equipamento é baseado no balanço de uma ponte de Wheatstone e a correção da leitura em função da temperatura é realizada manualmente. (MESQUITA et al, 2008)

Quanto a medida do pH essa é feita por meio da coleta da água do poço do reator e é aferido no laboratório de química no CDTN.

Ao longo do tempo, foram solicitadas várias atualizações da mesa controle do reator triga. A modernização desses equipamentos constituiu um projeto de pesquisa financiado pela FAPEMIG em 20018 com o seguinte título: Avaliação do Envelhecimento do Reator Nuclear de Pesquisa Triga do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN).

Dentre as modificações, mais recentes pode-se destacar a aquisição de medidores de controle de temperatura do circuito primário de refrigeração – os antigos foram desativados. Os modelos novos são digitais e possuem saída para um sistema de aquisição de dado. Esses novos equipamentos foram instalados provisoriamente. (MESQUITA et al, 2008)

Figura 2 - Mesa de controle de operação IPR –R1



Fonte: MESQUITA et al (2008)

Conforme, nota interna do CDTN, Melhoria e atualização da Instrumentação do Controle e dos procedimentos operacionais do Reator IPR –R1, foram adquiridos dois equipamentos: um para medir pH e outro para condutividade. (Figura 3) Esses equipamentos possuem saída analógica de sinal para um sistema de aquisição de dados. E com eles seria possível monitorar continuamente esses dois parâmetros. (MESQUITA et al, 2008)

Figura 3 – Medidores de pH e de condutividade elétrica



Fonte: MESQUITA, et al. (2008).

Caso esses equipamentos fossem instalados, a nova mesa de controle do Triga IPR- R1, ficaria da seguinte forma:

Figura 4 - Simulação de novos instrumentos de medida IPR1 –R1



Fonte: MESQUITA, et al. (2008).

2.3 PH

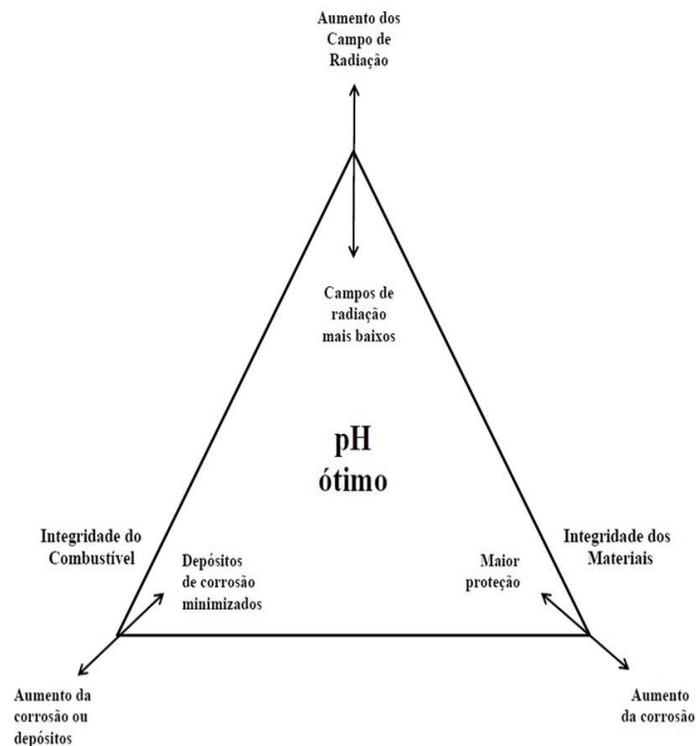
Um dos parâmetros mais importantes para o controle de qualidade da água de reatores nucleares refrigerados a água é o pH. O motivo disso é interação da água com os metais que é vigorosamente influenciada pelo pH da água. A água pura não é um bom condutor elétrico, porém

observa-se que ela conduz fracamente corrente elétrica, o que demonstra que a água pura possui partículas carregadas (íons).(RODRIGUES,2018)

Portanto, as integridades dos materiais metálicos podem ser afetadas pela interação com água. Alguns materiais metálicos podem sofrer corrosão quando estão em meio ácido ($\text{pH} < 7$) ou formação de película passivadora em meio básico. A recomendação da Agência Internacional de Energia Atômica é que para reatores nucleares de pesquisa o limite do pH da água de refrigeração esteja na faixa de 5,50 a 6,50. (IAEA,2006)

Dessa forma, o pH influencia em três aspectos dos quatro objetivos do controle químico da água: controle dos níveis de radiação, integridade do combustível e a integridade dos materiais do reator.(REIS, 2017). O valor do pH ótimo é resultado do equilíbrio entre esses três objetivos, conforme a figura 5.

Figura 5 - Influência da temperatura no valor no pH



Fonte: REIS (2017)

2.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade é um parâmetro muito importante relacionado à corrosão de metais em meio aquoso. Por definição, a condutividade é simplesmente uma medida da capacidade de um meio de transportar corrente elétrica. (IAEA,2011)

Na água é causada pela presença de algumas espécies iônicas dissolvidas. Os íons passam a carga elétrica de um íon para o próximo. Isso significa que quanto mais ânions e cátions contiverem a água, mais eletricidade será transportada e maior será a condutividade. (RODRIGUES,2018)

Logo, a condutividade elétrica é um indicador que fornece a concentração total de impurezas iônicas. O crescimento do nível de impurezas iônicas influencia inversamente na corrosão, no aumento do nível de radiação e no desempenho do combustível. Dessa forma, a condutividade elétrica no refrigerante deve ser mantida o mais baixo possível. Para a Agência Internacional de Energia Atômica a recomendação para a condutividade elétrica é $< 2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.(IAEA,2011)

Caso o valor da condutividade da água do primário fique acima do limite operacional, indica que pode ter ocorrido contaminação da água (MESQUITA et al ,2008).

3 METODOLOGIA

Para realização desse estudo será realizada uma pesquisa descritiva. Nesse tipo de pesquisa é feito a descrição de fatos observados e das características de determinado fenômeno ou população. Como recurso, foi feito estudos bibliográficos (PRODANOV et al. 2009).

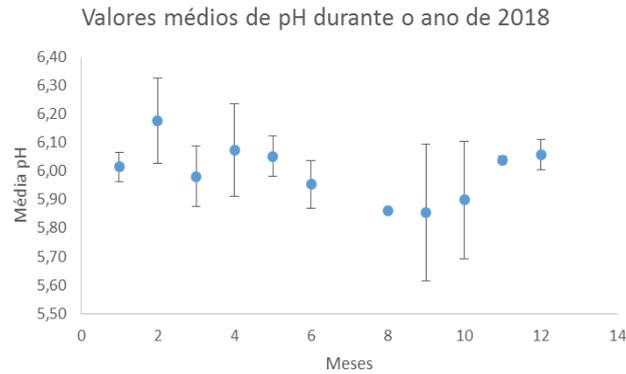
Dessa forma, juntamente com esse levantamento foi realizado uma comparação dos dados de pH e da condutividade elétrica do refrigerante do Reator Triga IPR – R1, durante o ano de 2018, conforme as recomendações da IAEA e uma análise dos resultados investigados. E também, uma avaliação da forma como essa parâmetros são mensurados.

4 RESULTADOS

Para ser feito um controle eficiente dos parâmetros de operação de um reator nuclear, o mesmo deve conter a instrumentação adequada para mensurar, controlar, apresentar e realizar o controle sobre as variáveis envolvidas na sua operação.

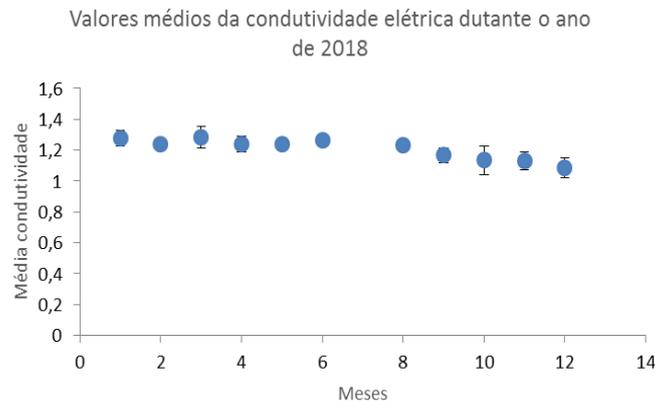
A condutividade elétrica e o pH da água do primário no IPR-R1 são medidos de maneira completamente obsoletas, como discutidos nesse trabalho. No entanto, pode se verificar nos gráficos abaixo que a maior parte desses parâmetros estão dentro dos limites estabelecidos pela Agência Internacional de Energia Atômica.

Gráfico 1 – Valores médios de pH durante o ano de 2018



Fonte: autora

Gráfico 2 – Valores médios condutividade elétrica durante o ano de 2018



Fonte: autora

É válido fazer algumas ponderações sobre os valores apresentados nesses gráficos. O pH da água pura é 7. Contudo, normalmente, a água está exposta ao ar atmosférico, no caso de reatores de poço, e os componentes do ar são dissolvidos e irão reagir com a água. Dentre esses componentes dissolvidos na água destaca-se o CO_2 .

A absorção do CO_2 pela água favorece a formação do H^+ e conseqüentemente a redução do pH. O pH também depende da pressão parcial de CO_2 , pois quanto maior a pressão de CO_2 , maior será a sua dissolução na água, logo menor será o pH. Assumindo que o ar esteja em equilíbrio com a água pura, isto é, 25 °C e a concentração de CO_2 igual a 338 ppm, a absorção de CO_2 é máxima e o pH é 5,7. Logo, isso seria uma possível justificativa para os valores de pH encontrado na água do primário do reator Triga.

Embora a maior parte dos dados do gráfico 1 estejam dentro dos limites estabelecidos, valores altos de desvios padrão podem indicar que os valores analisados tendem a se afastar da média é dos

limites estabelecidos, observa-se que no mês 9 a media das amostras tem probabilidade de estar abaixo do limite inferior, apresentados valores próximos de 5,61.

O valor da condutividade elétrica é conforme recomendado pela Agência Internacional de Energia Atômica é $< 2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. O que indica o não vazamento de produtos de fissão nuclear e consequentemente não contaminação da água de refrigeração.

Contudo, pode-se avaliar que essas medidas não são precisas, devido a forma que são captadas. Logo, os dados obtidos por podem não estar adequados.

5 CONCLUSÃO

A partir da década de 80, difundiu-se o uso indicadores digitais. E atualmente em pleno desenvolvimento da automação industrial esse tipo de equipamentos são extremamente utilizados. O controle dos parâmetros de operação do IPR-1 R1 é praticamente manual e o seu planejamento operacional foi feito a mais de quarenta anos.

A implementação de novos equipamentos e a utilização de um sistema de aquisição de dados proporcionaria maior confiabilidade e precisão para a instrumentação do reator TRIGA IPR – R1, mesmo que se mantenha situação analógica. A mudança completa do controle analógico por um digital colocaria o IPR –R1 perto do que é utilizado atualmente em termos tecnológicos.

A partir das medidas de pH e condutividade elétrica conclui que é essencial a modernização dessa instrumentação, esses dois parâmetros extremamente importantes, podem ser mensurados de maneiras simples e mais eficiente. Há também outros parâmetros que suas medidas seriam beneficiadas com essa modernização como a temperatura do combustível.

Com troca da sua instrumentação seria possível ampliar as pesquisas desenvolvidas e a sua utilização. O desenvolvimento de pesquisa em reatores é essencial para os setores energéticos e de medicina. O IPR –R1 é o único reator nuclear no estado de Minas Gerais e um dos quatros em funcionamento no Brasil, o que enfatiza ainda mais a sua modernização e utilização.

REFERÊNCIAS

IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Good Practices for Water Quality Management in Research Reactors and Spent Fuel Storage Facilities.

IAEA Nuclear Energy Series, n. NP-T-5 IAEA. Data processing technologies and diagnostics for water chemistry and corrosion control in nuclear power plants (DAWAC). International Atomic Energy Agency. Viena. 2006..2, p. 151, 2011.

LIN, C. C. Radiochemistry in Nuclear Power Reactors. p. 298, 1996.

MESQUITA, A. Z.; MOREIRA, R. M. Disciplina: história da ciência-tecnologia nuclear, contribuição para a formação dos estudantes de pós-graduação em engenharia. In: RBPG- Revista Brasileira de Pós-Graduação, v. 46, n. No 6, p. 5 -21, 2017. DOI: 10.21713/2358-2332.2017.v14.1372.

MESQUITA, A. Z. Atualização e Recuperação da Instrumentação do Reator Nuclear de Pesquisa TRIGA IPR-R1. Belo Horizonte. 2008. (Edital 03/08, Programa Pesquisador Mineiro II, Processo Fapemig 031/08).

MESQUITA, A. Z. Investigação Experimental da Distribuição de Temperaturas no Reator Nuclear de Pesquisa Triga IPR-R1. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Campinas, 2005.

MESQUITA, A. Z.; COSTA,A.C.L; RESENDE, H.R.; PEREIRA, G.J. Melhoria e atualização da Instrumentação do Controle e dos procedimentos operacionais do Reator IPR –R1. Nota Interna do CDNT, 2008.

REIS, I. C. AVALIAÇÃO TEÓRICO-EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DO BORO NA REATIVIDADE DO REATOR TRIGA IPR-R1.Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais),Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN),Belo Horizonte.p 68, 2017.

RODRIGUES,R.R. SISTEMA PARA INSPEÇÃO DE ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS DE REATORES NUCLEARES DE PESQUISA PELO MÉTODO DE “SIPPING”. Tese(Doutorado em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais),Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN),Belo Horizonte.p 140. 2018

VELOSO, M. A., FORTINI, M. A. Análise termo-hidráulica do reator Triga IPR-R1.18° ENFIR, São Paulo, SP,2002.