



IMPLEMENTAÇÃO DE ENSAIOS DE RADIAÇÃO IONIZANTE, PARA MONITORAMENTO DA POTABILIDADE DA ÁGUA NO BRASIL

Christina A. Ferreira^{1,2}, Felipe J. Dias², Bruna L. Sá², Mariana R. Monteiro², Edson F. S. Ladeira³, Richard S. Guimarães^{2,3}, Ronaldo L. Guimarães^{2,3}, Inaya C. B. Lima¹, Ademir X. Silva¹

¹Programa de Engenharia Nuclear – COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

²Centro de Biologia Experimental Oceanus, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Instituto Oceanus, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³HCS – Hydrocarbon solutions, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

tina.cris.bio@gmail.com

Palavras-Chave: alfa, beta, potabilidade, rádio, chumbo, radionuclídeos.

RESUMO

A fim de garantir a qualidade e a segurança da água destinada ao consumo humano no Brasil, a portaria GM/MS N° 888:2021, determinada através de análises laboratoriais; parâmetros que representam risco à saúde humana. Quanto aos padrões radiológicos, os limites relativos de atividade não devem exceder 0,5 Bq/L para alfa total, e 1,0 Bq/L para beta total. Em caso de níveis alfa/beta acima do valor máximo permitido – VMP, devem ser quantificados outros radionuclídeos naturais e/ou artificiais, potencialmente presentes na água e a Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, poderá avaliar a potabilidade. Os radionuclídeos mais prováveis de se encontrar em águas para consumo humano são o rádio e urânio. As principais frações de doses de emissões internas, que os seres humanos recebem, são derivados do rádio, ²²⁶Ra e seus produtos de decaimento; onde a quantidade de rádio em águas, influencia na concentração dos dois principais isótopos: ²²⁶Ra e ²²⁸Ra, que são filhos do urânio e do tório, respectivamente. O laboratório Centro de Biologia Experimental Oceanus, localizado no Rio de Janeiro, na busca de atender as portarias ambientais, verificou a necessidade de implementar ensaios de radiação ionizante, para auxiliar no monitoramento da água no Brasil. Foram implementados os ensaios de alfa total, beta total, ²²⁶Ra, ²²⁸Ra e ²¹⁰Pb, em água. Para os ensaios de alfa e beta total o método de ensaio utilizado foi contagem proporcional de fluxo gasoso. Para os ensaios de ²²⁶Ra, ²²⁸Ra e ²¹⁰Pb, o método de ensaio utilizado foi separação radioquímica, para contagem alfa/beta. O laboratório validou seus ensaios em participação no Programa Nacional de Intercomparação – PNI, do Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD; e através da acreditação na Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio – RBLE, pela norma ABNT ISO/IEC 17025; para realizar ensaios de radiação ionizante em água.

1. INTRODUÇÃO

A portaria do Ministério da Saúde GM/MS N° 888, apresenta os parâmetros de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, e seu padrão de potabilidade. Quanto aos padrões radiológicos é determinado até 0,5 Bq/L alfa e até 1,0 Bq/L. Se os níveis estiverem acima, devem ser quantificados outros radionuclídeos [12].

A ingestão de água é uma das vias de incorporação de substâncias radioativas no corpo humano [13]. Os radionuclídeos emissores-alfa, ao serem inalados ou ingeridos, podem causar danos graves. A água ao ser ionizada pode sofrer radiólise, onde moléculas próximas da água são polarizadas por elétrons livres. O elétron-hidratado formado possui meia vida relativamente longa [10].



Os ensaios de alfa total e beta total são parâmetros fundamentais de triagem radiológica da água, pois em conformidade com os valores permitidos, garantem que níveis de referência de emissores alfa e beta específicos não foram excedidos [7].

Os radionuclídeos mais prováveis de se encontrar em águas para consumo humano são o rádio e o urânio. Para urânio são considerados aspectos de toxicidade química deste composto para os rins [8]. Os aspectos radiológicos do ^{226}Ra são muito relevantes devido a sua meia vida longa, e o ^{210}Pb contribui significativamente para o aumento da dose interna recebida pelos humanos [6]. Em águas de poços diversas vezes a quantidade de rádio pode exceder os limites permitidos; sendo os elementos mais estudados na água o ^{226}Ra , o ^{228}Ra , o ^{222}Rn e o ^{210}Pb [4].

Os laboratórios de ensaios analíticos são ferramentas importantes para monitorar a qualidade e garantir a segurança da água destinada ao consumo. Quando estes laboratórios trabalham seguindo os requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025; promovem a confiança nas suas atividades [1]. O objetivo do laboratório Oceanus foi implementar ensaios de radiação ionizante, importantes para o monitoramento da água, seguindo os requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade, para obter maior garantia nos resultados gerados.

2. METODOLOGIA

Para a implementação dos ensaios de alfa total e beta total foi utilizada como referência a norma ISO 10704, de fevereiro de 2019. A metodologia realiza a detecção através de contador proporcional de fluxo gasoso. O objetivo do ensaio é obter uma massa fina e homogênea diretamente sobre uma plaqueta, através da evaporação das amostras.

Para a implementação dos ensaios de rádio e chumbo, o laboratório utilizou a técnica de separação radioquímica, seguida de contagem alfa e beta [5] [11].

A as etapas seguidas pelo laboratório para realização deste trabalho seguem apresentadas na Fig. 1.

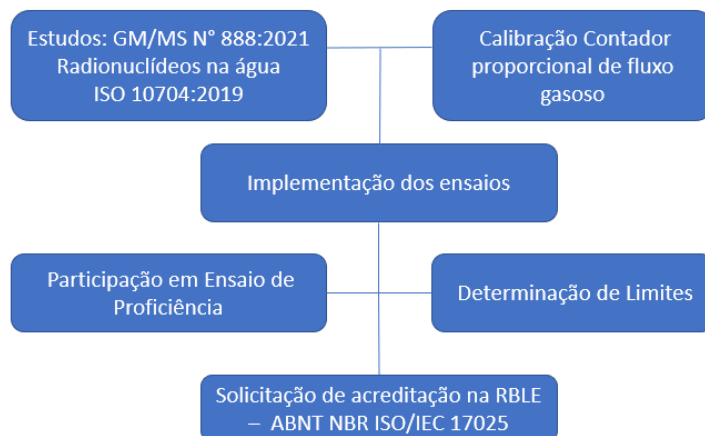


Fig. 1. Metodologia para realização do monitoramento radiológico da água, através de ensaios de radiação ionizante.

3. RESULTADOS

As calibrações do equipamento Contador proporcional de fluxo gasoso (CPFG) foram realizadas com fontes certificadas de ^{241}Am e ^{90}Sr . Os resultados das calibrações são apresentados na Tab. 1.

Tabela. 1. Resultados das calibrações realizadas no CPFG para contagem alfa e beta.



Parâmetro	Resultado
Platô de operação alfa	690 V
Platô de operação beta	1440 V
Eficiência alfa	37,8 %
Eficiência beta	47,6 %

Para a implementação dos ensaios foram realizadas curvas de atenuação de alfa e de atenuação alfa do ^{226}Ra , determinação da eficiência beta do ^{228}Ra e determinação da eficiência beta do ^{210}Pb . As curvas são apresentadas na Fig. 2 e Fig. 3 e foram aprovadas com $R^2 > 0,99$.

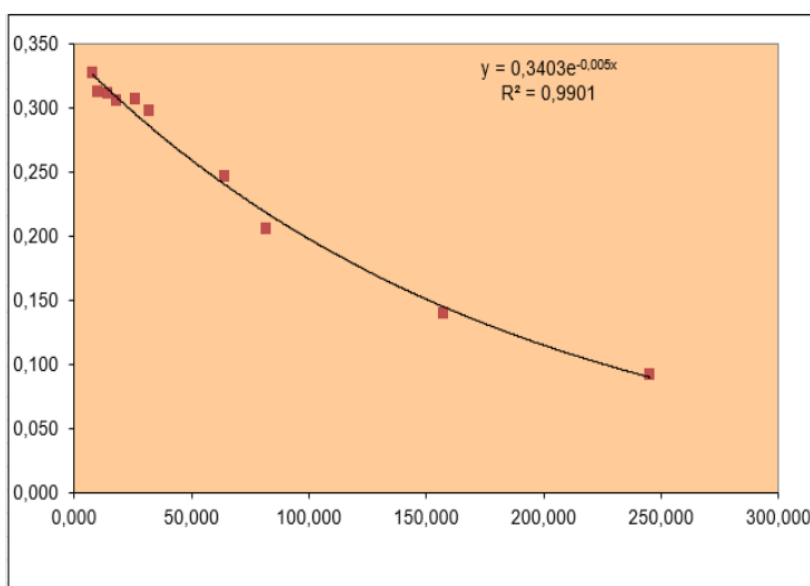


Fig. 2. Curva de atenuação alfa.

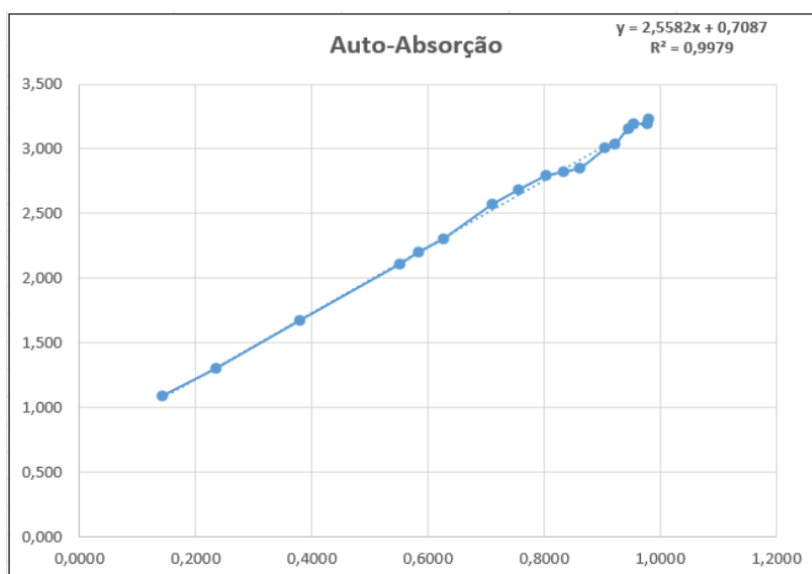


Fig. 3. Curva de atenuação alfa do ^{226}Ra .



Os resultados da determinação das eficiências beta de ^{228}Ra e ^{210}Pb foram obtidos a partir da utilização de padrões certificados de ^{228}Ra e ^{210}Pb , e são observados na Tab. 2.

Tab. 2. Resultados das eficiências beta determinadas para os ensaios de ^{228}Ra e ^{210}Pb .

Ensaio	Resultado
^{228}Ra	46%
^{210}Pb	59%

Através da norma ISO 10704:2019 os limites de detecção para os ensaios implementados foram obtidos. Os resultados são observados na Tab. 3.

Tab. 3. Limites de detecção dos ensaios de radiação ionizante implementados pelo laboratório Oceanus, na matriz água.

Ensaio	Resultado
Alfa total	0,10 Bq/L
Beta total	0,20 Bq/L
^{226}Ra	0,08 Bq/L
^{228}Ra	0,20 Bq/L
^{210}Pb	0,10 Bq/L

Para validar externamente os ensaios implementados, o laboratório de radioquímica participou da rodada Abril/2023 do Programa Nacional de Intercomparação (PNI) para os ensaios alfa total e beta total. Os resultados foram avaliados através do desvio normalizado. O desempenho do laboratório é apresentado na Tab. 4.

Tab. 4. Resultados da avaliação de desempenho do laboratório Oceanus na rodada Abril/2024 do PNI.

Ensaio	Desvio Normalizado	Desempenho
Alfa total	>2	Aprovado
Beta total	>2	Aprovado

Após a aprovação no PNI o laboratório Centro de Biologia Experimental Oceanus, solicitou acreditação na Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE), através da Coordenadoria Geral de Acreditação (CGCRE/INMETRO); para realizar ensaios de radiação ionizante na água. O laboratório foi avaliado em maio de 2024 e foi aprovado pela equipe avaliadora para seguir no processo de acreditação, após evidenciar o atendimento aos requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025; para o Sistema de gestão da qualidade e para os ensaios alfa total, beta total, ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{210}Pb , em água. O laboratório também solicitou a acreditação em outras matrizes ambientais.

4. CONCLUSÃO



O laboratório conseguiu atender a portaria GM/MS N° 888:2021, através da implementação de ensaios de radiação ionizante, para serem utilizados na avaliação da potabilidade da água, no Brasil. Os limites de detecção para alfa total e para radioisótopo emissor alfa ^{226}Ra , são inferiores ao limite alfa total de 0,5 Bq/L, determinado pela portaria. Os limites de detecção para beta total e para os radioisótopos emissores beta ^{228}Ra e ^{210}Pb , são inferiores ao limite beta total de 1,0 Bq/L, determinado pela portaria.

O laboratório demonstrou a garantia da qualidade dos resultados gerados pelos métodos implementados, a partir da aprovação para acreditação junto a CGCRE.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio do Laboratório do Centro de Biologia Experimental Oceanus, localizado no Rio de Janeiro, e do Programa de Engenharia Nuclear da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia - Coppe, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Agradecemos ao Laboratório de Poços de Caldas - LAPOC/CNEN, localizado em Minas Gerais, pela assistência técnica e ao Prof. Dr. Ademir Xavier pela orientação.

Agradecemos a equipe técnica do Laboratório de Radioquímica e a equipe da qualidade, do Centro de Biologia Experimental Oceanus pela dedicação a esta pesquisa. Gostaríamos de agradecer ao Prof. Dr. Ronaldo Leão e a toda a diretoria do laboratório pela motivação para implementarmos os ensaios de radiação ionizante do laboratório de radioquímica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT NBR ISO/IEC 17025. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e de confiança. 2017.
- [2] CNEN NN 3.01/012. Níveis de investigação e de referência para radioatividade em água potável. 2020.
- [3] <https://www.gov.br/ird/pt-br/assuntos/areas-de-atuacao/radioprotecao-na-saude-industria-e-meio-ambiente/ambiental-e-ocupacional/programa-nacional-de-intercomparacao>. Acessado em 11/10/2021.
- [4] Corrêa JN Avaliação dos níveis de concentração de radônio em ambientes e águas de poços no estado do Paraná. Pós- Graduação de Engenharia Elétrica e Informática Industrial – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2011.
- [5] Costa A. M. R. Estudo dos radionuclídeos naturais – Ra-226, Ra-228 e Pb-210 – Em alguns registros sedimentares do atlântico sudoeste ao longo do holoceno. IPEN/USP. 2016.
- [6] Costa Júnio CE O; Silva, EB; Silva CM; Santos Júnior JA Estimativa da dose de radiação por incorporação de Pb-210 nos ossos de habitantes de Recife/Pernambuco, Brasil. 2013.
- [7] Diretiva 2013/51/Euratom do Conselho. Estabelece requisitos para a proteção da saúde do público em geral no que diz respeito às substâncias radioativas presentes na água destinada ao consumo humano. 2013.
- [8] IRPA Regional congress on radiation protection and safety - IRPA 2013. Rio de Janeiro, RJ, Brazil, april 15-19, 2013. Sociedade brasileira de proteção radiológica - SBPR. 2013
- [9] ISO 10704. Qualidade da água — atividade alfa bruta e beta bruta — método de teste usando depósito de fonte fina. 2019.



- [10] Kumar, R., Mahur, AK, Rao, Ns, Sengupta, D., Prasad, R. Taxa de exalação de radon de amostras de areia da recém-descoberta área de alta radiação de fundo no depósito de placer da praia erasma de orissa , Índia . *Medições de radiação*, v. 43, p. S508-s511, 2008.
- [11] Moura, I., A. Confiabilidade da técnica do contador proporcional de fluxo gasoso para quantificação de Ra-226 e Ra-228 em água do CRCN-NE. Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste. Universidade Federal de Pernambuco. 2018.
- [12] Ministério da saúde. Portaria GM/MS nº 888. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2021.
- [13] Oliveira J. Determinação dos níveis de radioatividade natural em águas utilizado para abastecimento público no estado de São Paulo. Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares – IPEN/USP. 1998.
- [14] Xavier, MVS; Quadros, HC; Silva, MSS Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa. 2022.