

LIVRO DE RESUMOS



International
Joint Conference

RADIO 2024

International Joint Conference RADIO 2024

14 a 18 de outubro de 2024

Segurança Radiológica na Era da Informação:
estabelecendo adequados processos de comunicação

Fernando Roberto de Andrade Lima

Presidente do Comitê Científico

INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE RADIO 2024

Comitê Organizador: Presidente: Alfredo Lopes Ferreira Filho (IRD/CNEN/RJ); Primeiro Vice-Presidente: João Carlos Videira José, Catalão (ARCTEST, SP); Segundo Vice-Presidente: Eduardo Medina Gironzini (FRALC, Peru); Secretário Geral: Ademir Amaral (DEN/UFPE)

X Congresso de Proteção Contra Radiações da Comunidade de Países de Língua Portuguesa: Presidente: Denise Levy (IPEN, SP); Vice-Presidente: Luiz Neves (SPPCR e Universidade de Coimbra, Portugal); Secretário Geral: Clerides Meave (Agência Nacional de Energia Atômica, Moçambique)

X Congresso Internacional de Radioproteção Industrial: Presidente: Walter Truppa (ARGENTINA); Vice-Presidente: João Antonio Conte (ABENDI, SP); Secretário Geral: Presidente: Kenia Mares (CORSEG/ABENDI, MG)

X Congresso Brasileiro de Metrologia das Radiações Ionizantes: Presidente: Carlos Henrique Simões de Sousa (Rede D'Or, Rio de Janeiro); Vice-Presidente: José Guilherme Pereira Peixota (IRD-CNEN/RJ); Secretário Geral: Maria da Penha Albuquerque Potiens (IPEN-CNEN/ SP)

VIII Congresso Brasileiro de Proteção Radiológica: Presidente: Nivaldo Carlos da Silva (LAPOC/CNEN-MG, Poços de Caldas, MG); Vice-Presidente: José Marcus de Oliveira Godoy (PUC, RJ); Secretário Geral: Ricardo Tadeu Lopes (COPPE/UFRJ, RJ)

II Encontro Nacional de Mulheres do Setor Nuclear: Presidente: Gabryele Moreira (WIN Brasil); Secretário Geral: Anna Lucia Villavicencio (IPEN)

Realização



Patrocínio Ouro



Patrocínio Prata



Patrocínio Bronze



Apoio



A SBPR é detentora da marca International Joint Conference - RADIO. A RADIO 2024 agradece ao Presidente da SBPR, Dr. Josilto Oliveira de Aquino, todos os esforços empreendidos para a realização e sucesso deste evento.

Trabalho 2**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** Desenvolvimento de Protocolos de Segurança para Manutenção de Alvos Líquidos Auto Blindados em Cíclotrons PETtracer séries 800 da General Electric**Autor principal:** LUCAS DE ALMEIDA ABREU**Autores:** FABIO DE OLIVEIRA NEVES; MATEUS HENRIQUE DANTAS ARANHA GOMES**Instituição:** FACULDADE IDOR DE CIÊNCIAS MÉDICAS**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO, RJ

Os cíclotrons são cruciais para a produção de radioisótopos em aplicações médicas, mas o processo de irradiação gera vários radionuclídeos que representam riscos radiológicos significativos. Este estudo visa desenvolver protocolos de segurança para a manutenção de alvos líquidos auto blindados utilizados em cíclotrons da série PETtracer 800 da General Electric. Nesta pesquisa, foram avaliados os campos de radiação residual no bunker do cíclotron, as taxas de dose dos alvos líquidos e os procedimentos técnicos de manutenção. Ao serem identificados os estágios críticos de manutenção e medidas de segurança apropriadas, foi proposto um protocolo de segurança abrangente. Este protocolo inclui diretrizes para o acesso ao bunker, manuseio dos alvos líquidos irradiados e utilização de equipamentos de proteção para minimizar a exposição à radiação. Os resultados destacam a importância de um cronograma de manutenção bem definido e práticas de segurança rigorosas para garantir a proteção dos técnicos e a conformidade com as normas de segurança radiológica.

Referências bibliográficas: [1] BRYAN. Jeff c.; Introduction to Nuclear Science. 2 ed. Boca Rton London New York: CRC Press is an Imprint of The. 2013. [2] FUJIBUCHI, T. et al. Comparison of neutron fluxes in an 18-MeV unshielded cyclotron room and a 16.5-MeV self-shielded cyclotron room. Radiol Phys Technol, Ibaraki, v. 5, n. 1, p. 156-165, Março 2012. GALLERANI, [3] GE, G. E. C. PETtrace série 800 Manual do Operador - Accelerator. REV. 24. ed. [S.l.]: GE Healthcare, v. Direction 5397086-100, 2023. [4] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN NN-6.11. Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica em Instalações Produtoras de Radioisótopos com Aceleradores Cíclotrons - Resolução CNEN 267/20, 2020. [5] INFANTINO, Angelo. Advanced aspects of radiation protection in the use of particle accelerators in the medical field. 2015. [6] MARTÍNEZ, Serrano, J. J., & Díez De Los Ríos, A. Prediction of neutron induced radioactivity in the concrete walls of a PET cyclotron vault room with MCNPX.

Medical Physics, 37(11), 6015–6021, 2010 [7] CARROLL, L. R., & Associates, R.. Predicting Long-Lived, Neutron-Induced Activation of Concrete in a Cyclotron Vault. In Health Physics (Vol. 51, Issue 3), 1986 [8] VICHI, S., Zagni, F., Cicoria, G., Infantino, A., Riga, S., Zeller, M., Carzaniga, T. S., Nesteruk, K. P., Braccini, S., Marengo, M., & Mostacci, D. Activation studies of a PET cyclotron bunker. Radiation Physics and Chemistry, 161, 48–54, 2019. [9] IAEA. Cyclotron produced radionuclides: Operation and Maintenance of Gas and Liquid Targets. Vienna: International Atomic Energy Agency, Series No. 4, 2012

Palavras-chave: Ciclotron, Alvos Líquidos, Protocolo de Segurança, Manutenção.

Trabalho 3

Modalidade da Apresentação: Poster

Categoria: Radioproteção do meio ambiente

Título: Ambient Dose Equivalent Rate Reference Values of Pandeiros River Watershed, Minas Gerais, Brazil

Autor principal: LUCAS DANIEL CUNHA DE PAULA

Autores: Rubens Martins Moreira, Cláudio José Chagas, Carlos Alberto Carvalho Filho, Eduardo Duarte Marques

Instituição: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

Cidade-UF: Belo Horizonte-MG

The research titled "Development of Radiometric Methods and Modelling for Sediment Transport Measurement in Coastal Systems and Rivers," coordinated by the International Atomic Energy Agency (IAEA) and conducted by the Center for Development of Nuclear Technology (CDTN), aims to use natural radiation to investigate sediment transport. Integrated into the research, this study sought to statistically determine the reference values (RV) for the ambient dose equivalent rate, $H^*(d)$, within a watershed selected for sedimentary dynamics analysis, the Pandeiros River Basin (PRB) in northern Minas Gerais, Brazil. Characterizing potential exposure with a single-dose equivalent quantity within a phantom resembling the human body is valuable for routine radiation protection [1]. Ionizing radiation exposure is unavoidable for humans, arising from natural sources such as radionuclides in rocks and soils, water and food ingestion, and cosmic rays. Natural radioactivity is largely attributable to isotopes including ^{40}K , ^{238}U , and ^{232}Th , which can produce gamma rays and pose radiological hazards [2, 3]. Monitoring terrestrial gamma radiation is crucial for establishing baseline data within a watershed, aiding in the understanding of environmental radiation levels, and supporting informed decision-making [4]. Radiological protection necessitates consideration of occupational exposure and implementation of measures to prevent unnecessary radiation exposure [5]. Guidelines from organizations such as the International Commission on Radiological Protection (ICRP) [6] and the Brazilian National Commission on Nuclear Energy (CNEN) [7] provide reference values and trigger levels indicating potential risks from significant radiation doses. For data acquisition, five stations (P1-P5) were designated along the PRB, from upstream to near the estuary, for in-situ radiometric measurements. Fieldwork campaigns were conducted to collect georeferenced data via foot surveys and river navigation, using a portable spectrometer. Data processing included Geographic Information Systems (GIS), the R programming language, and MS Excel. The mMAD statistical technique (median \pm 2 \times Median Absolute Deviation) was used to determine the RV of the ambient dose

equivalent rate. The calculation of the median absolute deviation (MAD) using a constant of 1.48 provides a consistent estimate of the standard deviation. A fundamental requirement of the mMAD technique is that the dataset must follow a normal distribution. Thus, the data were transformed to a logarithmic scale and the results were subsequently transformed back to the original scale. Natural radiation within the basin poses no risks to local communities, with lower and upper thresholds of 0.13 mSv/year and 0.37 mSv/year, respectively, both below regulatory limits (1 mSv/year). The average for the basin was 0.22 mSv/year, matching the value obtained for Manaus, also 0.22 mSv/year, as documented by Souza (2017) [8]. However, this result contrasts with the maximum value recorded in Belo Horizonte (3.27 mSv/year) [8]. According to the classification provided by Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (2009) [9], radiation levels in the PRB are within the normal range, below 5 mSv/year. By adhering to protective measures, it is possible to protect the environment and individuals from potential radiation risks. Establishing reference values for the ambient dose equivalent rate provides a baseline for future PRB investigations.

Referências bibliográficas: [1] VANA, N.; HAJEK, M.; BERGER, T. Ambient dose equivalent $H^*(d)$ - an appropriate philosophy for radiation monitoring onboard aircraft and in space? Conference IRPA 2003, Bratislava, Slovakia, 2003. [2] AHMAD, N. et al. An overview on measurements of natural radioactivity in Malaysia. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, Volume 8, Issue 1, January 2015, P. 136-141. [3] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, 1988 Report to the General Assembly, with annexes, UNSCEAR, 1988. [4] FHARHANA, Y. et al. Environmental radiology assessment in Lahad Datu, Sabah. *EPJ Web of Conferences*, 2017. [5] BARTAL, G.; VANO, E.; PAULO, G. Get Protected! Recommendations for Staff in IR. *Cardiovasc Intervent Radiol* 44, 871–876, 2021. [6] JASCHKE, W. et al. Unintended and Accidental Exposures, Significant Dose Events and Trigger Levels in Interventional Radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol*, Volume 43, Issue 8, P. 1114-1121, 2020. [7] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Diretrizes básicas de proteção radiológica. Norma CNEN NN 3.01, Resolução 164/14. Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação, Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), 2014. [8] SOUZA, E. M. Rastreamento gama terrestre: estimativa da exposição da população à radioatividade em áreas urbanas. 2017. Tese (Doutorado em Radioproteção e Dosimetria), Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, 2017. [9] MINAS GERIAS. Secretaria de Estado de Saúde. Projeto Planalto Poços de Caldas. Pesquisa câncer e radiação natural Minas Gerais – Brasil 2004 a 2009. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais - SES-MG, v. 1, 2009.

Palavras-chave: ambient dose equivalent, natural radiation, radiological protection, baselines, watershed

Trabalho 4**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Tracking Radon in the Air Over 15 Years: Short- and Long-Term Measures**Autor principal:** LAURA CARDOSO TAKAHASHI**Autores:****Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN)**Cidade-UF:** Belo Horizonte-MG

Radon is a radioactive gas of natural origin and recognized by the World Health Organization (WHO) as a carcinogen, being considered the second leading cause of lung cancer. The greatest exposure to radon in public individuals occurs in indoor environments, such as homes and workplaces, as radon tends to accumulate in enclosed or poorly ventilated places. In addition, there has been an increase in the amount of time people spend indoors. The WHO recommends measuring radon concentration in these environments, initially with a screening study with short-term detectors and later with long-term detectors. Over the last fifteen years, the Natural Radioactivity Laboratory of the Center for the Development of Nuclear Technology (LRN/CDTN) has monitored radon in several matrices (air, water, rocks and soil) in the city of Belo Horizonte, Minas Gerais. A city with a predominant basement of Archean rocks of the gneissic granite complex. Among these studies, the one on radon in the air stands out. The present work aims to present the follow-up of radon studies with short- and long-term measures performed by the LRN/CDTN. For the screening study, carried out in 2009/2010, short-term detectors of the E-PERM electret type (Rad Elec, Inc.) were used in the S chamber with short-term electret (SST) system in closed condition, for at least two days, according to the recommendations present in the guides Protocols for Radon and Radon Decay Product Measurements in Homes and A Citizen's Guide to Radon. For the study with long-term detectors, started in 2022/currently, CR-39 tracks detectors were used. Both measurements had the collaboration of volunteers living in the city of Belo Horizonte and guidelines were given so that they could correctly install the detectors. The distribution of the points studied in both studies was given by a mesh in order to obtain spatial homogeneity of the points/residences studied. The short-term detectors showed that about 15% of the residences were above the level studied. This result indicated the need to use long-term detectors, perform more measurement points and expose the detector in different climatic periods (dry and rainy). Radon concentration measured by CR-39 detector presented 18.5% and 7.9% of households in the dry and rainy seasons, respectively, higher than recommended by the WHO (100 Bq/m³). Also pointing out residences with values above

300 Bq/m³, a value to which mitigation measures are recommended. For these residences, a more detailed study was made to find the main source of radon and mitigation measures were suggested in a pertinent way to each reality. In most cases, the high concentration of radon was due to poor ventilation of the residence. The monitoring of radon monitoring over the years with different detectors reinforces the influence of local geology on radon accumulation in indoor environments. In addition, these data may assist in epidemiological and radiometric studies in order to corroborate the radioprotection recommendations.

Referências bibliográficas: WHO – World Health Organization. “Who Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective”, WHO Library: Cataloguing-in-Publication Data, France, (2009).

Palavras-chave: radônio, residências, eletretos, detector CR-39

Trabalho 5**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Avaliação dosimétrica dos detectores termoluminescentes de LiF:Mg,Ti e CaSO₄:Dy na grandeza H*(10) para aplicação em monitoração ambiental**Autor principal:** TERESA CRISTINA CAVALCANTI SOARES**Autores:** LETÍCIA LUCENTE CAMPOS RODRIGUES E VICENTE DE PAULA CAMPOS**Instituição:** INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES (IPEN/CNEN)**Cidade-UF:** SÃO PAULO-SP

Abstract: A utilização das radiações ionizantes no cotidiano da sociedade em seus mais variados ramos, suscitou a necessidade de um acompanhamento efetivo e uma monitoração desses trabalhadores, do indivíduo do público e do meio ambiente. A monitoração ambiental consiste na medição dos níveis de radiação no ambiente, para isso podem ser utilizados, por exemplo, dosímetros termoluminescentes (DTL) em pontos definidos como sendo representativos dos caminhos críticos da radiação, tanto em operação normal como em casos de acidentes com liberação de materiais radioativos para o meio ambiente (CNEN, Posição Regulatória 3.01/008) (1). Este trabalho tem como objetivo avaliar a dose ambiental, em áreas internas do IPEN na grandeza equivalente de dose ambiental H*(10). A metodologia empregada para realização desse estudo foi de caracterização do sistema dosimétrico termoluminescente (TL) com testes dos leitores TL Harshaw modelo: 4500 (tipo manual), 5500 (tipo manual), e dos detectores TL de LiF:Mg, Ti na forma de cristais e os de CaSO₄:Dy na forma de pastilhas. Os testes de desempenho dos detectores foram realizados segundo as diretrizes do Comitê de avaliação de Serviços de Ensaio e Calibração – CASEC (2). Após a caracterização do material foi realizada uma pesquisa de campo, na qual foram dispostos 08 (oito) pontos de coleta ambiental no perímetro das instalações do IPEN, próximo a pontos já existentes (cerca de 30%), a fim de possibilitar uma análise comparativa entre a dosimetria ambiental já realizada pelo Centro com a do estudo em lide. A monitoração dos pontos em campo foi realizada mensalmente e trimestralmente com os detectores TL de CaSO₄:Dy e trimestralmente com os detectores TL de LiF:Mg, Ti. A análise comparativa deste estudo foi realizada em três etapas. Primeiro foi realizada uma análise comparativa entre os dados obtidos nas medições mensal e trimestral dos detectores TL de CaSO₄:Dy, a fim de verificar se haveria alteração nas medições de 30 dias com as de 90 dias. Segundo, foi realizada uma análise comparativa entre as medições realizadas trimestralmente dos detectores TL de CaSO₄:Dy e de LiF:Mg,

Ti, a fim de verificar se haveria discrepância entre os resultados encontrados de ambos os detectores em relação à dose avaliada. Em terceiro foi realizada uma análise comparativa entre os detectores TL de CaSO₄:Dy trimestral da minha pesquisa com os dados dos detectores TL de CaSO₄:Dy do Centro de Radiometria Ambiental do CMR/IPEN. A comparação entre os dados coletados em campo entre os detectores TL de CaSO₄:Dy mensal e trimestral apresentaram similaridade nas respostas. A comparação entre os dados coletados em campo entre os detectores TL de CaSO₄:Dy com os de LiF:Mg, Ti, ambos trimestral, também apresentaram equivalência. Na comparação entre os dados coletados dos detectores TL de CaSO₄:Dy trimestral desta pesquisa e os dados obtidos pelo Centro de Radiometria Ambiental do CMR/IPEN, os índices encontrados em ambas as medições obtiveram resultados semelhantes, sendo assim consideradas satisfatórias.

Referências bibliográficas: (1) COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Posição Regulatória NN 3.01: 008. “Programa de Monitoração radioecologia ambiental”. Rio de Janeiro, 2011. (2) CASEC. Comitê de avaliação de serviços de Ensaio e Calibração. Desempenho de Sistemas de Monitoração Individual – Critérios e Condições. IRD-RT 002.01/95. 1995.

Palavras-chave: dosimetria, termoluminescente (TL), monitoração ambiental

Trabalho 7**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Fricke and Well-type chamber comparison for ^{192}Ir HDR air kerma rate**Autor principal:** ANDREA MANTUANO COELHO DA SILVA**Autores:** Leite b, S.P.; Briggs b,c, N.; Marechal b, M.H. ; Salata, Cd.; Magalhães, L.A.G.b.**Instituição:** a Physics Institute, Department of Applied Physics, Rio de Janeiro State University, São Francisco Xavier Street 524, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. b Department of Radiological Science, Rio de Janeiro State University, São Francisco Xavier Str**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

In Brazil, the Radiological Science Laboratory (LCR/DCR/UERJ) is the only institution that provides calibration for well-type chambers (CWTC), a service accredited since 2018 under ABNT NBR ISO 17025:2017. One of the requirements to maintain this accreditation is to participate in at least one proficiency test (PT) every four years. However, there are no institutions in Brazil that offer PT for the CWTC, forcing the LCR to seek laboratories abroad for interlaboratory comparisons, which is not always feasible due to the costs and the availability of the laboratories' schedules. The Fricke dosimeter, being a primary dosimeter for absorbed dose and a well-established measurement system at the LCR, presents itself as an alternative to PT for the CWTC [1]. Based on the 'Section III' of the recommended TG 43 dose calculation formalism, the Air Kerma Rate determined using Fricke was calculated and compared with well chamber value. The measurements were carried out by LCR at a Rio de Janeiro hospital using an Elekta/Nucletron-HDR Ir192 source. All geometric functions were calculated by the setup of Fricke irradiation and considered to obtain the absorbed dose to water. Geometric functions including radial dose function, geometry factor and anisotropy function were used to calculate the air kerma rate to Fricke dosimeter. These factors were interpolated or obtained directly using the table V, VII and the figure 4 of the TG 43 [2]. Onde: $G(r,q)$ Represents the hypothetical relative dose distribution due solely to the spatial distribution of radioactivity and ignores absorption and scattering effects in the source or surrounding medium. Values of $G(r, q)$ for a 3 mm line source are given in Table V; $g(r)$ It is responsible for the absorption and scattering effects in the medium along the transverse axis of the source. The radial dose function applies only to the transverse axis, that is, only to points with an angle q_0 equal to $\pi/2$. This function defines the dose rate drop along the transverse axis due to absorption and dispersion in the medium. It can also be influenced by photon filtration by encapsulation and source materials; and $F(r,q)$ considers the anisotropy of the source. The difference

between the air Kerma rate determined using Fricke dosimeter and using the well chamber was 0,4% under the same conditions.

Referências bibliográficas: [1] Seltzer, S. M., et al. "Key data for ionizing-radiation dosimetry: measurement standards and applications, ICRU Report 90." (2016). [2] Nath, Ravinder, et al. "Dosimetry of interstitial brachytherapy sources: recommendations of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 43." *Medical physics* 22.2 (1995): 209-234.

Palavras-chave: Air Kerma Rate, Fricke dosimetry, Well chamber, Ir-192.

Trabalho 8**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Analysis of different materials using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) in the 3D printing to Fricke dosimetry.**Autor principal:** ANDREA MANTUANO COELHO DA SILVA**Autores:** Mantuano a, A.; França, E.H. a,b; Briggs b, N.; Cavalcante c, S.F.A.; Magalhães b, L.A.G.**Instituição:** aDepartment Mechanical Engineering, Rio de Janeiro State University, São Francisco Xavier Street 524, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil bDepartment of Radiological Science, Rio de Janeiro State University, São Francisco Xavier Street 524, Pv. Haroldo**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

Materials such as ABS (Acrylonitrile butadiene styrene) when subjected to the action of ionizing radiation show the emergence of different functional groups. When polymeric materials are subjected to the action of ionizing radiation, they undergo changes due to the transfer of energy to these materials, mainly causing excitation and ionization of the molecules, generating chemical reactions that can produce permanent changes in the physical-chemical structure of the polymers. This work has specific objectives of studying the effect of ionizing radiation on the properties of the polymer materials to manufacture new phantoms using 3D printing, providing dosimetry with the most suitable materials given the interaction of radiation with the materials, density and geometry equivalence. This work studied the effect of ionizing radiation on ABS to manufacture new phantoms for Fricke dosimetry, ensuring metrologically reliable results using the Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) technique. Seven ABS plates were manufactured in a 3D PRINTER, 3 of which were controls, 2 were irradiated with 30 kGy and 2 were irradiated with 33 kGy in the IDQBRN/CTEx Cs-137 research irradiator. The results showed that comparing the graphs of the FTIR analysis using Thermo Scientific™ Nicolet™ iS50 Spectrophotometer, the main characteristic peaks of the ABS to irradiated and non-irradiated samples were maintained for all functional groups even at 33 kGy irradiation. The technique FTIR readings showed that the samples had no material damage up to 33 kGy. The present study will be used as a basis to continue testing with ABS and Polymethylmethacrylate (PMMA), increasing the number of exposed samples and exposing the material to higher doses, following increasing intervals of 50 kGy up to 150 kGy. This proposal aims not only to choose the best materials according to the interaction of radiation with matter, which involves having fewer modifications in the functional groups of the

materials, but also to know the dose threshold, or even when the phantom can be used in an efficient way considering important characteristics such as tissue equivalence with water to obtain a dose absorbed to water as directed by radiotherapy protocols.

Referências bibliográficas: [1] A. Mantuano et al., “Technical Note: Fricke dosimetry for blood irradiators”, *Med Phys*, 2020, doi: 10.1002/mp.14487. [2] L. Gondim de Andrade Silva São Paulo, “ESTUDO DO EFEITO DA RADIAÇÃO IONIZANTE POR FEIXE DE ELÉTRONS SOBRE O TERPOLÍMERO ACRILONITRILA BUTADIENO ESTIRENO-ABS TÂNIA REGINA LOURENÇO LANDI Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Aplicações”, 2003. [3] CNEN, “Relatório Projeto RT2030 plano de desenvolvimento radioterapia 2020-2030”.

Palavras-chave: Fricke dosimetry, FTIR, Polymers, 3D printing.

Trabalho 9**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Feasibility test to obtain the molar absorption coefficient of the ferric ions to Fricke dosimetry**Autor principal:** ANDREA MANTUANO COELHO DA SILVA**Autores:** Mantuano a, A.; Nunes, P.A. b,d;N.; Assis, B.Se; Laranja b, G.A.T.; Cardoso, I.; Magalhães b, L.A.G.**Instituição:** a Physics Institute, Department of Applied Physics, Rio de Janeiro State University, São Francisco Xavier Street 524, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. b Department of Radiological Science, Rio de Janeiro State University, São Francisco Xavier Str**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

In a chemical dosimeter, the absorbed dose is determined from some quantitative change in an appropriate material and any well-characterized chemical reaction may serve as the basis for the dosimeter. The reaction mechanism is the oxidation of ferrous (Fe^{2+}) to ferric (Fe^{3+}) ions, dilute in sulphuric acid. The oxidation proceeds via a few reactions involving different radicals. The concentration of ferric ions may be determined by spectroscopy that is a more convenient technique as irradiation causes a change in the optical density of the solution. The difference between the optical density of irradiated and non-irradiated solution can be described the concentration of Fe^{3+} and, consequently, the absorbed dose to the dosimeter can be obtained by spectrophotometry. The Radiological Science Laboratory (LCR/DCR/UERJ) has been studying Fricke dosimetry for over 15 years and intends to define all parameters involved in Fricke dosimetry within the laboratory itself. Therefore, the molar absorption coefficient, ϵ ($\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\text{cm}^{-1}$), is an important parameter to be defined, as its value depends on the concentration of Fe^{3+} and the capacity of the solution to absorb light, directly influencing the absorbed dose to the water obtained by the dosimeter. The results and the literature explain that the $\epsilon(\text{Fe}^{3+})$ need to be obtained for each spectrophotometer used even though it is from the same laboratory and with the same Fricke production. Using a 1000 mg Fe, (FeCl_3 in 15% HCl) Titrisol®, MERCK, the LCR obtained its own value of $\epsilon(\text{Fe}^{3+})$ and compared with the most important value used in the literature by the Nacional Research Council Canada (NRC), a primary laboratory. The LCR value shows less than 3% of difference when compared to NRC value. Next tests will confirm this result considering other dilutions.

Referências bibliográficas: [1] Cottens, E., and A. Janssens. "EGGERMONT G. and JACOBS R.: Absorbed dose calorimetry with a graphite calorimeter and G-value determination for the Fricke dosimeter in high energy electron beams." International symposium on biomedical dosimetry, Paris. IAEASM-249/32. 1980. [2] Salata, Camila, et al. "Validating Fricke dosimetry for the measurement of absorbed dose to water for HDR 192Ir brachytherapy: a comparison between primary standards of the LCR, Brazil, and the NRC, Canada." *Physics in Medicine & Biology* 63.8 (2018): 085004. [3] Seltzer, S. M., et al. "Key data for ionizing-radiation dosimetry: measurement standards and applications, ICRU Report 90." (2016).

Palavras-chave: Fricke dosimetry, molar absorption coefficient, molar extinction coefficient.

Trabalho 10**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Brachytherapy phantom evaluation**Autor principal:** ANA GABRYELE MOREIRA DOS SANTOS**Autores:** Santos a, P. V. T.; Flosi b, A. A.; Rostelato a, M. E. C. M**Instituição:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**Cidade-UF:** São Paulo - SP

Abstract: Cervical cancer is treated with radiotherapy using X-rays or other forms of ionising radiation. This technique is based on the transfer of energy to the medium with which the radiation interacts. Intracavitary gynaecological brachytherapy is a widely used application of brachytherapy, which we will address in the course of the research. To build and evaluate a simulator object for the analysis of Varian Medical System applicators. **Methods:** These analyses were evaluated with Fricke's gel and compared with the dose distribution from Varian Medical System's Brachyvision planning system, version 16.01, for comparison with experimental measurements. In the simulation, the source stops along the applicator were planned so that the average dose on the applicator surface was 846.7 ± 193.45 cGy (mean and standard deviation). Irradiation with the respective dosimeters was performed using the Varian Medical System Gammamed iX afterload brachytherapy system with an Ir-192 source. **Results:** In the Fricke gel, the xylenol arrangement is an indicator of ferric ions (Fe^{3+}) and its function is to increase the colour and absorbance of the deposited dose solution. To reduce the amount of light scattering caused by the initial attenuation of the gel, it was counted in the reader before irradiation, it did not have a high attenuation. The information on the attenuation of the gel as a function of the distance from the source shows that the material absorbs radiation over short distances, so the closer you get to the source, the greater the attenuation. The colours of the image are normalised to 1 cm⁻¹, with the highest value in red in the middle bar, indicating that closer to the source, more dose arrives laterally and in the centre, the dose decreases. **Conclusions:** The reliability of the phantom was demonstrated by comparing it with the design system. In all the results presented, the radiation emitted by the Iridium-192 source was detected. Quality control software will be used for the next tests.

Referências bibliográficas: 1.DOS SANTOS TAVARES, P. V. Standardisation of Fricke gek dosimeters applied in 3D dosimetry in radiotherapy using an optical Ct. 2021.103f. Dissertation (Master's Degree in Nuclear Technology), Nuclear and Energy Research Institute, IPEN-CNEN, São Paulo. 2.National Cancer Institute (Brazil). ABC of cancer:

basic approaches to cancer control control / National Cancer Institute. - Rio de Janeiro: Inca, 2011. 128 p.: II. 3.Khan, Faiz M II. Gerbi, Bruce Jhon. Neoplasm-radiotherapy. Radiotherapy Planning Computer – Assisted. Radiation Oncology . USA.2012. Khan, Faiz M. Gibbons John P. The physics of Radiation Therapy. Philadelphia -USA. 4th ed. 2010.

Palavras-chave: phantom, brachytherapy, Dose.

Trabalho 11**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Calibration of a NaI scintillation detection system using Eu-152**Autor principal:** BERNARDO MARANHÃO DANTAS**Autores:** Ana Letícia Almeida Dantas, Eder Augusto de Lucena, Alexandre Barbosa Soares**Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

Intakes of radioactive materials by humans may occur in different situations, such as in nuclear and conventional industry, in medical applications and in research. The IRD whole-body counter performs in vivo measurements of individuals exposed to unsealed sources of radionuclides in the energy range from 100 to 3000 keV using a NaI(Tl)8"x4" scintillation detection system. A configuration of detector supports allows setting up flexible counting geometries of a subject laid on a comfortable monitoring chair in a controlled environment inside the shielded room. This work describes the calibration procedure based in the use a standard liquid source of Eu-152 supplied by the IRD Metrology Laboratory. The source was homogeneously distributed within a PET-BOMAB phantom produced in the In Vivo Monitoring Laboratory of IRD. The phantom was positioned at the standard whole-body geometry simulating a human subject measurement and counted for 3600 seconds. The count rates in each region of interest of the Eu-152 spectrum was recorded and the efficiencies calculated for the obtention of an Efficiency vs Energy calibration curve. Such a curve is used to determine activities of radionuclides of interest in the human body of exposed persons as well as for the estimation of the minimum detection activities. When compared to the use of a cocktail of radionuclides, the proposed methodology using a single Eu-152 as a standard source applied for the calibration of the scintillation detection system has shown to be practical, safer, faster, and more cost-effective.

Referências bibliográficas: IAEA - International Atomic Energy Agency. Methods for Assessing Occupational Radiation Doses due to Intakes of Radionuclides. Safety Reports Series N° 37, IAEA, 2004. IAEA - International Atomic Energy Agency. Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides. Safety Guide N° RS-G-1.2, IAEA, 1999.

Palavras-chave: In vivo measurements, Intakes of radionuclides, Internal dosimetry, Eu-152

Trabalho 12**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Desenvolvimento de radiofármacos**Título:** ^{90}Y microspheres: identifying impurities for precise activity measurement**Autor principal:** THAMYRA CYBELLE VIEIRA DOS SANTOS**Autores:** JOSÉ UBIRATAN DELGADO; ANTONIO EDUARDO DE OLIVEIRA;
RONALDO LINS DA SILVA**Instituição:** INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMENTRIA**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO

Introduction: ^{90}Y microspheres are used in radioembolization for the treatment of locally advanced hepatocellular carcinoma, as well as for liver metastases. Dosimetry-guided radiopharmaceutical therapy has grown over the years. Because ^{90}Y has a relatively short half-life ($T_{1/2} = 64.04$ h) and is a pure beta emitter, it has ideal characteristics for this procedure. The dose administered to patients is based on the absorbed dose, as prescribed by the nuclear doctor. ^{90}Y microspheres are produced with known radionuclide impurities, depending on the production method, either by neutron bombardment or by ^{90}Sr decay. Although ^{90}Y is predominant in the samples, clinical instruments, including an activimeter (well-type ionization chamber) and Positron Emission Tomography (PET), can be much more sensitive in detecting signals from these impurities than signals from ^{90}Y itself.

Materials and methods: A bibliographic survey was carried out in the Pub-Med database, as well as consulting regulatory positions, technical notes and other documents from regulatory bodies, in order to locate studies that present an evaluation and characterization of the impurities present in ^{90}Y microspheres.

Results and discussion: Recent literature shows that among the common impurities, ^{88}Y is of particular concern for its impact on ^{90}Y dose measurements due to its decay characteristics, along with other isotopes ^{91}Y and ^{46}Sc , which can also affect measurements. The measurements carried out initially confirmed the feasibility of identifying and quantifying the presence of possible radiation-emitting impurities present in the sample. This made it possible to identify the ^{88}Y , ^{91}Y and ^{46}Sc present in this type of radiopharmaceutical. According to the LNHB data, the production method of Yttrium modifies the impurities.

Conclusion: Although the typical levels of impurities appear to have an acceptable impact on the dose absorbed by the patient, it should be noted that they can have undesirable effects on the radioactivity measurements of ^{90}Y . In addition, the decay characteristics of impurities tend to modify the absorbed dose over time. Studies with a larger number of samples are needed to provide greater statistical robustness and reliability, in order to contribute to the assertiveness of the treatments administered.

Referências bibliográficas: BÉ M-M et al, “Table of Radionuclides – Comments on evaluation” vol.5, BIPM. 2010 BRADLEY J. BEATTIE ASSEN S. KIROV ADAM L. KESNER “Technical Note: Impact of impurities on Yttrium-90 glass microsphere activity quantitation” Med Phys. n 51 pp.2306–2310. 2024 DELGADO, JU “Impurities in radioactive solutions by gamma spectrometry, IRD-CNEN-NT -16/90”. 1990 GRAVES AS, MARTIN M, TIWARI A, MERRICK M AND SUNDERLAND J. “SIR-Spheres Activity Measurements Reveal Systematic Miscalibration” The Journal Of Nuclear Medicine n. 8, vol. 6 pp. 1131-35. 2022 METYKO J, WILLIFORD J M, ERWIN W, POSTON J JR AND JIMENEZ S. “Long-lived Impurities of 90Y-labeled Microspheres, TheraSphere and SIR-Spheres, and the Impact on Patient Dose and Waste Management” The Radiation Safety Journal Vol. 103, suppl 3. 2012 UNITED STATES, Nuclear Regulatory Commission. “NRC Information notice 2007-10: Yttrium-90 THERASPHERES® and SIRSPHERES® impurities.” 2007

Palavras-chave: Radionuclide impurities; Yttrium-90 microspheres; Yttrium-90 quantification

Trabalho 13**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** Auditoria, Compliance e a nova norma CNEN NN 3.01/2024**Autor principal:** MARTIN KRUEL ELBERN**Autores:** Laura Larre Godolfim, Fabiano Silva de Oliveira, Daniel Rech Correa**Instituição:** Pro-Rad**Cidade-UF:** Cachoeirinha-RS

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) estipula que empresas que utilizem materiais radioativos devem ser licenciadas conforme a norma CNEN NN 6.02, sendo categorizadas em instalações radiativas de grupos e subgrupos específicos conforme a situação de exposição planejada. É essencial que essas empresas atendam à norma CNEN NE 3.02, que reforça a necessidade de auditorias, e à norma CNEN NN 3.01, que institui a integração da proteção física e radiológica ao Sistema Integrado de Gestão. Como se sabe, o Brasil é um dos países fundadores da OIT (Organização Internacional do Trabalho), que contribuiu na elaboração da GSG-7 da AIEA (Agência Internacional de Energia Atômica), portanto parte das rotinas de um serviço de radioproteção que estão definidas na norma CNEN NE 3.02 estão intrinsecamente relacionadas com as exigências da legislação trabalhista, estabelecidas nas NR-01, NR-07, NR-09, NR-15, NR-16, NR-22, NR-32, NR-34, entre outras. A norma CNEN NE 3.02, no entanto, não especifica o que deve ser auditado, evidenciando lacunas a serem trabalhadas para que as auditorias periódicas abranjam todos os aspectos relevantes. Entretanto, com a introdução do FAV, a CNEN demonstra que está adotando uma cultura de avaliações online, evidenciando a importância de utilizar tecnologias remotas para aprimorar processos. Para além das exigências legais, o exercício profissional do SPR deve ser aprimorado por meio das boas práticas, que são descritas em padrões técnicos e gerenciais, como as normas ISO. Auditoria é um processo sistemático, independente e documentado para obter evidência objetiva e avaliá-la de forma imparcial, para determinar a extensão na qual os critérios de auditoria são atendidos (ISO 19011). Compliance é um processo contínuo e o resultado de uma organização que cumpre suas obrigações (ISO 37301). O papel do supervisor de proteção radiológica (SPR) em instalações radiativas abrange duas áreas de atuação distintas: proteção física e proteção radiológica. Enquanto a norma CNEN NN 2.06 aborda as necessidades de segurança patrimonial na proteção física, a proteção radiológica requer a aplicação de um arcabouço legal mais amplo, que vai além das resoluções da CNEN. É fundamental reconhecer que a presença do supervisor de radioproteção não garante automaticamente o cumprimento das normas, nem é diretamente proporcional a qualidade da proteção física e radiológica. A

pesquisa realizada tem carácter exploratório e foi composta das etapas de revisão da literatura e posterior aplicação de um questionário com profissionais responsáveis por serviços de radioproteção. Foi possível concluir que é de suma importância que auditorias de terceira parte sejam obrigatórias para assegurar o compliance e garantir a eficácia das práticas de proteção radiológica e segurança física. A certificação de empresas para auditar instalações radiativas por órgãos federais, como a CNEN ou ANSN, seguindo as recomendações da OECD/NEA (Nuclear Energy Agency), seria um passo significativo para fortalecer a segurança nesse setor.

Referências bibliográficas: ABNT. NBR ISO 19011: Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão. p. 53. 14/05/2019. ABNT. ISO 45001: Occupational health and safety management systems - Requirements with guidance for use. p. 41. 12/03/2018. ABNT. NBR ISO 31000: Gestão de riscos - diretrizes. p. 17. 28/03/2018. ABNT. NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental – requisitos com orientações para uso. p. 41. 06/11/2015. FDA. WHO. Principles and Guidelines on the use of Remote Audit and Inspection in Regulatory Frameworks: CXG 102-2023. 2023. p. 5. H. CHRIST, Margaret; EULERICH, Marc; KRANE, Ronja; A. WOOD, David. New Frontiers for Internal Audit Research*. Accounting Perspectives, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 449-475, 8 set. 2021. DOI <https://doi.org/10.1111/1911-3838.12272>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1911-3838.12272>. Acesso em: 16 maio 2024. International Organization for International Standardization. ISO 9001: Auditing Practices Group Guidance on: REMOTE AUDITS. p. 13. 2020. KPMG. Remote auditing for internal auditors: Adjusting to the ‘new normal’. Nigeria: KPMG, 2020. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/be/pdf/2020/05/KPMG-RemoteAuditingInternalAuditors.pdf>. Acesso em: 5 maio 2024. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES (Brasil). CNEN. 18/04/2024. Dispõe sobre os princípios gerais e requisitos básicos para a radioproteção das pessoas e do meio ambiente e para a segurança radiológica das fontes de radiação ionizante. NN 3.01: REQUISITOS BÁSICOS DE RADIOPROTEÇÃO E SEGURANÇA RADIOLÓGICA DE FONTES DE RADIAÇÃO, Brasil, 18 abr. 2024. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/NormaCNENNN3.01.pdf>. Acesso em: 16 maio 2024. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (Brasil). CNEN. 13/11/2019. NN 2.06: PROTEÇÃO FÍSICA DE FONTES RADIOATIVAS E INSTALAÇÕES RADIATIVAS ASSOCIADAS, Brasil, 26 nov. 2019. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-2/grupo2_nrm206.pdf. Acesso em: 20 maio 2024. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (Brasil). CNEN. 01/08/1988. NE-3.02: SERVIÇOS DE RADIOPROTEÇÃO, Brasil, 17 set. 2018. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/grupo3-nrm302.pdf>. Acesso em: 18 maio 2024. MOFID, Sarah et al. The Utility of Remote Inspections During the COVID-19 Health Emergency and in the

Postpandemic Setting. *Clinical Therapeutics*, US, ano 2021, v. 43, n. 12, p. 2046-2063, 6 out. 2021. DOI 10.1016/j.clinthera.2021.10.003. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34740466/>. Acesso em: 1 maio 2024. RODRIGUES BARRETTO, Cyro; MEIRELLES DRUMOND, Geisa; PICININI MÉXAS, Mirian. Remote audit in the times of COVID-19:: a successful process safety initiative. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, Brasil, ano 2022, v. 19, n. 3, p. 1-17, 1 dez. 2021. DOI <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2021.048>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357643124_Remote_audit_in_the_times_of_COVID-19_A_successful_process_safety_initiative. Acesso em: 30 abr. 2024. USA, International Federation of Accountants. *Guide to Using ISAs in the Audits of Small- and Medium- Sized Entities: Volume 1 - Core Concepts*. 4. ed. New York, USA: IFAC, 2018. p.224

Palavras-chave: Auditoria, proteção física e radiológica, compliance, cultura de segurança

Trabalho 14**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Transistor bipolar de junção como detector na dosimetria de radiação gama do Co(60)**Autor principal:** KARINA FERREIRA DOS SANTOS**Autores:** EDVANE BORGES DA SILVA; LUIZ ANTONIO PEREIRA DOS SANTOS**Instituição:** UFPE; CRCN-NE; SCIENTS**Cidade-UF:** RECIFE - PE

Há diversas aplicações da radiação gama na indústria da transformação, engenharia mecânica, setor alimentar, esterilização, medicina radioterápica, entre outras. Por exemplo, várias técnicas radiométricas tanto na indústria como em laboratórios científicos requerem um feixe de radiação bem colimado (narrow beam) para a determinação da espessura ou densidade de materiais. Outro exemplo do uso de tamanhos de campos de radiação pequenos é em certas modalidades de radioterapia. Porém, os detectores de radiações ionizantes usuais têm dimensões centimétricas que é adequado para tamanhos de campos da ordem de $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Por esta razão foi elaborado um estudo científico para avaliar o uso de um transistor bipolar de junção (TBJ) operando como detector de radiação gama proveniente de uma fonte de cobalto-60. Um TBJ fabricado para ser comercializado individualmente (discreto), embora ele tenha sua dimensão externa da ordem de alguns milímetros, o tamanho da pastilha semicondutora é de fato menor que 1 mm^2 de área com $300 \text{ }\mu\text{m}$ de espessura, i.e., o transistor propriamente dito tem menos que $0,3 \text{ mm}^3$. Ou seja, o volume de detecção é micrométrico e praticamente pontual ao considerar um campo de radiação de aproximadamente 100 cm^2 . A sistemática deste trabalho consistiu em realizar procedimentos de irradiação de TBJs comerciais discretos com valores de dose até 100 Gy , em quantidades de 20 em 20 Gy a fim de comparar os resultados com recentes trabalhos publicados sobre TBJs irradiados com feixes de raios-X. Os resultados mostraram que o parâmetro elétrico denominado de ganho do transistor, β , varia praticamente linear com a dose de radiação gama proveniente da fonte de Cobalto-60. Os dados obtidos levaram a concluir que o TBJ pode ser utilizado para mensurar a dose de radiação gama trazendo a vantagem de fornecer uma dosimetria ao nível pontual devido às suas dimensões muito pequenas.

Referências bibliográficas: 1) SANTOS, Luiz AP. An overview on bipolar junction transistor as a sensor for X-ray beams used in medical diagnosis. *Sensors*, v. 22, n. 5, p. 1923, 2022. <https://doi.org/10.3390/s22051923> 2) MONTE, David S.; SANTOS, Luiz AP.

A method for measuring ionizing radiation dose by analyzing hybrid- π parameters of transistors. In: 2020 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference. IEEE, 2020.p.1-6. 3) MONTE, David Soares do. Efeito da radiação X, nível radiodiagnóstico, sobre os parâmetros π -híbridos de transistores. 2020.

Palavras-chave: Detector, Radiação Gama, Transistor Bipolar de Junção

Trabalho 15**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Estudio de Radón y Emisores Gamma en Materiales de Construcción: Perspectivas desde Uruguay**Autor principal:** RODOLFO REBOULAZ MOREIRA**Autores:** Ana Lía Noguera, Heinkel Bentos Pereira, Laura Fornaro**Instituição:** CURE, Universidad de la Republica**Cidade-UF:** Rocha

El ser humano está expuesto a radiaciones tanto naturales como artificiales. Las primeras son responsables del 80% de la dosis efectiva, siendo el mayor aporte el correspondiente a la inhalación de Radón. Según la Organización Mundial de la Salud (WHO) el Radón es la segunda causa de cáncer de pulmón. En Uruguay, la normativa recomienda que la concentración de ^{222}Rn no supere los 300 Bq/m^3 en hogares. El objetivo del presente trabajo es identificar los grupos de materiales de construcción utilizados en Uruguay, con mayor potencial de emanación de ^{222}Rn y por lo tanto con potencialidad de aumentar la concentración de ^{222}Rn en el interior de los hogares. Para tal fin, se adquirieron en el mercado local materiales de construcción comercializados en Uruguay. Estos materiales fueron cuarteados, secados, molidos y almacenados cuatro semanas hasta alcanzar el equilibrio secular entre el ^{226}Ra y los productos de decaimiento de período de semidesintegración corto. Los radionucleidos ^{226}Ra , ^{232}Th y ^{40}K fueron cuantificados mediante espectrometría gamma, utilizando un espectrómetro de germanio de alta pureza (HPGe) ORTEC, GMX35P4-76-RB, durante 150000 segundos. Para cuantificar el ^{232}Th se utilizó el fotopico 911.0 keV del ^{228}Ac , para ^{226}Ra se utilizó el fotopico 609.0 keV del ^{214}Bi y para ^{40}K se utilizó el fotopico 1460.0 keV. La calibración en eficiencia fue realizada utilizando estándares de la "International Atomic Energy Agency (IAEA)" RG-U1, RG-Th1 y Rg-K1. Para evaluar el riesgo radiológico se utilizó el índice de concentración de actividad (I) recomendado por la Unión Europea y el índice alfa ($I\alpha$). La emanación de ^{222}Rn desde los materiales de construcción fue evaluada mediante la utilización de detectores CR-39 "Solid State Nuclear Tracks" (SSNT) en cámara de exposición RadOut, MIAM SRL, Milan, Italia. Los CR-39 fueron revelados mediante etching básico. Los "Tracks" fueron leídos y establecidas las tasas de emanación de ^{222}Rn utilizando un POLITRACK®. El factor de calibración fue establecido utilizando CR-39 irradiados en el Politécnico de Milan. Los resultados de los emisores gamma mostraron que los materiales analizados no superan los valores recomendados. De todas maneras, los grupos de Bloques de arcillas y Recubrimientos muestran actividades específicas de ^{226}Ra

e índice alfa superiores al resto de los grupos de materiales. Con respecto a la emanación de ^{222}Rn los granitos ubicados dentro del grupo de Recubrimientos son los que presentan una mayor tasa de emanación, lo que amerita continuar con su estudio a través de la simulación de dosis mediante la utilización del código RESRAD BUILD (Argonne National Laboratory). En conclusión, los materiales de construcción analizados hasta el momento presentan actividades específicas de radionucleidos naturales e índices radiológicos que no exceden los valores recomendados internacionalmente, sin embargo, los resultados de emanación de ^{222}Rn obtenidos en muestras de granitos sugieren la necesidad de continuar la evaluación de riesgo radiológico al que están expuestos los usuarios de dichos materiales en sus hogares.

Referências bibliográficas: [1] UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. United Nations. New York, 2008. [2] Environmental Protection Agency. Available at: . Last accessed: 11 jan. 2024. [3] Dobrzyńska, M. M., Gajowik, A., & Wieprzowski, K. (2023). Radon – occurrence and impact on the health. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 5– 14. <https://doi.org/10.32394/rpzh.2023.0242> [4] MIEM- Ministerio de Industria, Energía y Minería. Norma UY 100 - Reglamento básico de protección y seguridad radiológica. Available at: . Last accessed: 11 jan. 2024. [5] IAEA - International Atomic Energy Agency. International Basic Safety Standards for protection against ionizing radiation and for safety of radiation sources, 1994. [6] LEWICKA S., PIOTROWSKA B., LUKASZEK-CHMIELEWSKA A., DRZYCNA T., Assessment of Natural Radioactivity in Cements used in Building Materials in Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 11968, 2022.

Palavras-chave: Radón, Emisores gamma, NORM

Trabalho 16**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Estudo da atividade antimicrobiana de um peptídeo sob radiação ionizante gama.**Autor principal:** FABIANE MODENESE GARBIM**Autores:** Marcela Rabelo De Lima; Giuliana dos Santos Pereira; João Nilton Conceição Bandeira; Álvaro José Boareto Mendes; Fernando Manuel Araújo Moreira.**Instituição:** Instituto Militar de Engenharia - IME**Cidade-UF:** Rio de Janeiro/RJ

Resumo: A ciência nuclear - tradicionalmente associada a setores como energia, medicina, segurança e defesa - expande suas fronteiras com o avanço da tecnologia, abrindo novos horizontes e desafios. Diante desse cenário em constante evolução, uma iniciativa de pesquisa multidisciplinar busca integrar o conhecimento nuclear com a biotecnologia, explorando o potencial de peptídeos antimicrobianos (PAMs) derivados da bactéria *Paenibacillus polymyxa*. O estudo em questão examina a interação da radiação ionizante gama, utilizando o equipamento Gamacell 220 com fonte de Co-60, com os PAMs em diferentes doses (0,5, 1,0, 4,0 e 10,0 Gy). A atividade antimicrobiana desses peptídeos é cuidadosamente avaliada antes e após a exposição à radiação, utilizando uma variedade de microrganismos de relevância clínica e ambiental, incluindo *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes* e *Candida albicans*. A escolha desses microrganismos se baseia em sua importância médica como agentes causadores de infecções e em sua representatividade de diferentes classes de patógenos (bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, e fungos). Os resultados obtidos serão meticulosamente interpretados, considerando a viabilidade antimicrobiana dos PAMs e suas potenciais aplicações na ciência nuclear. Entre as possibilidades de aplicação dos PAMs destacam-se: (a) o desenvolvimento de materiais sensíveis à radiação para uso em biossensores, permitindo a medição precisa dos níveis de radiação; e (b) a utilização como agentes descontaminantes biológico, mesmo em áreas afetadas pela radiação, devido à sua capacidade de eliminar microrganismos. Essa pesquisa inovadora não só representa uma notável convergência entre a biotecnologia e a engenharia nuclear abrindo um leque de perspectivas promissoras para a aplicação prática dessas tecnologias nos diversos campos da engenharia nuclear, mas também tem implicações estratégicas para a defesa nacional, fornecendo novas ferramentas para o combate à contaminação biológica em cenários sensíveis. Busca-se contribuir, desta forma, para a segurança e o progresso tecnológico do país.

Referências bibliográficas: [1] M. R. De Lima et al., Estudo do limiar da eficiência funcional de peptídeo antimicrobiano (PAM) sujeito a irradiação gama. International Joint Conference Radio 2022. Poços de Caldas, p. 363- 364. ago. (2022). [2] S. M. Okarvi, e H. R. Maecke. Peptides for Nuclear Medicine Therapy: chemical properties and production. Therapeutic Nuclear Medicine, [S.L.], p. 105-123, (2013). [3] N. F. G. Serrano, Produção de compostos antimicrobianos por *Paenibacillus polymyxa* RNC-D: otimização das condições de cultivo, purificação e caracterização dos bioprodutos. 2014. 233 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, (2014). [4] Tauhata, L., Mendes, B. M. e Mazzilli, B. P. Fundamentos de Radioproteção. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, (2013). [5] B. S. Thomazini, Desenvolvimento de biossensor óptico para detecção de microrganismos patogênicos. 2016. 124 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, (2016).

Palavras-chave: Radiação Gama, Peptídeo Antimicrobiano, Biotecnologia.

Trabalho 17**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Uso do aplicativo Sir em estimativas de blindagens às fontes radioativas emissoras de fótons**Autor principal:** JEFFERSON MELO GONÇALVES PENA**Autores:** Rhanya Mendes de Araújo Silva; José Wilson Vieira; Larissa Cristina Silva dos Santos; Fernando Roberto de Andrade Lima; Juliana Farias Conceição; Fernando Machado de oliveira Neto.**Instituição:** Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco**Cidade-UF:** Recife-PE

A utilização da radiação ionizante em diversas áreas da atividade humana trás inestimáveis benefícios, mas requer cuidados e responsabilidades para minimizar riscos à saúde do homem e do meio ambiente. Daí a importância da proteção radiológica para monitorar e prevenir potenciais riscos associados às exposições a que estão submetidos ocupacionais e o público. É essencial que instituições manipuladoras de fontes de radiação nas suas atividades de rotina possuam aplicativos estimadores de variáveis como taxa de dose absorvida, que integradas no tempo de exposição, forneçam um valor quantificador do risco associado a realização da tarefa pelo trabalhador ou do público ocasional na vizinhança da fonte. Desde o início dos anos 2000, os autores membros do GDN (sigla usada para referenciar tanto o Grupo de Pesquisa em Dosimetria Numérica (CRCN-NE) quanto o Grupo de Pesquisa em Dosimetria Computacional e Sistemas Embarcados (IFPE)) têm desenvolvido este tipo de aplicativo para pesquisa e ensino nas suas instituições. Neste artigo, algumas funcionalidades do Sir (Shielding to Ionizing Radiations) são apresentadas para ilustrar cálculos de blindagem a fontes emissoras de fótons. A realização de cálculos manuais demonstra a eficácia das implementações. Nos exemplos apresentados há necessidade de consultar tabelas e/ou gráficos para, por interpolações lineares, obter resultados que, muitas vezes, depende de quem está fazendo a conta. Naturalmente, no Sir, podem ser usadas precisões mais finas e os resultados refletem melhor a estimativa da blindagem. O aplicativo também estima blindagem a outros tipos de partículas como elétrons e nêutrons. É pretensão dos autores realizar outras publicações tendo o Sir como ferramenta computacional.

Referências bibliográficas: STABIN, M. G. Introduction to Health Physics. Springer eBooks, p. 1–4, 1 jan. 2003. TURNER, J. E. Atoms, radiation, and radiation protection. Weinheim: Wiley-Vch, 2007. VAZ, P. Radiological protection, safety and security issues in

the industrial and medical applications of radiation sources. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 116, p. 48–55, nov. 2015.

Palavras-chave: Proteção radiológica, Blindagem às radiações ionizantes, Taxa de dose absorvida, Exposições a fótons.

Trabalho 18**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Benchmarking radon detectors to verify calibration and the influence of geometric parameters in the calculation of the calibration factor for radon trace detectors**Autor principal:** ELYDIO JOSE DIAS SOARES**Autores:** SOARES, E.J.D, Taveira N. F., Takahashi L. C., Santos T.O., Passos R.G., Fonseca T.C.F.**Instituição:** Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear**Cidade-UF:** Belo Horizonte - MG

Accurate measurement of radon, a radioactive gas originating from the natural decay series of uranium and thorium, is essential for estimating population exposure, as radon is recognized as the second leading cause of lung cancer in the world. For this reason, measurements of the activity concentration of radon and its progenies are performed worldwide either at the workplace or in dwellings, using actives and passives detectors. This study investigates the performance of three types of detectors—AlphaGUARD (AG), RAD7, and CR39 in a closed system. Calibration of these detectors is crucial for reliable measurements, achieved through comparison with calibrated or traceable instruments. Our research compares the response of the AG and RAD7 detectors, both active, with the CR39 passive detector, against a calibrated RAD7 as the reference instrument. The experiment was performed in a closed container, during 48 hours, using a ^{226}Ra with 3.376kBq activity as radon source. The AG detectors showed consistent readings, with average radon activity concentrations of 25.24 ± 1.23 and $25.89 \pm 1.40\text{ kBq/m}^3$, while the calibrated RAD7 yielded $26.43 \pm 0.47\text{ kBq/m}^3$. In contrast, the CR39 detectors exhibited higher readings, averaging $33.59 \pm 4.12\text{ kBq/m}^3$. Notably, no calibration factor adjustment was necessary for the AG detectors, suggesting inherent accuracy. However, the CR39 detectors displayed a discrepancy compared to the RAD7 reference, prompting further investigation into calibration factor dependencies, as geometry of the calibration containers. Our findings highlight the importance of considering geometrical parameters in generating calibration curves for CR39 detectors, crucial for accurate radon concentration measurements.

Referências bibliográficas: Reference [1] WHO, WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. Geneva: WHO press, 2009. [2] National Research Council, Health Effects of Exposure to Radon. Washington, DC: National Academies Press, 1999. doi: 10.17226/5499. [3] ICRU, “Measurement and Reporting of Randon Exposures,” The International Commission on Radiation Units and Measurements, vol. 12, no. 88. Oxford

University Press, Geneva, Switzerland, p. 208, 2015. [4] L. J. P. F. Neves and A. J. S. C. Pereira, “Radioatividade natural e ordenamento do território : o contributo das Ciências da Terra,” *Assoc Port Geólogos - Geonovas*, vol. 18, no. 1, pp. 103–114, 2004. [5] Y. A. M. Mostafa, M. Vasyanovich, M. Zhukovsky, and N. Zaitceva, “Calibration system for radon EEC measurements,” *Radiat Prot Dosimetry*, vol. 164, no. 4, pp. 587–590, 2015, doi: 10.1093/rpd/ncv316. [6] M. I. Al-Jarallah, Fazal-ur-Rehman, and K. Abdalla, “Comparative study of short- and long-term indoor radon measurements,” *Radiat Meas*, vol. 43, no. SUPPL.1, pp. 471–474, 2008, doi: 10.1016/j.radmeas.2008.04.053. [7] G. Espinosa, J. I. Golzarri, M. I. Gaso, M. Mena, and N. Segovia, “An intercomparison of indoor radon data using NTD and different dynamic recording systems,” *Radiat Meas*, vol. 50, pp. 112–115, 2013, doi: 10.1016/j.radmeas.2012.11.005. [8] C. Nuccetelli, F. Leonardi, and R. Trevisi, “Building material radon emanation and exhalation rate: Need of a shared measurement protocol from the european database analysis,” *J Environ Radioact*, vol. 225, no. October, 2020, doi: 10.1016/j.jenvrad.2020.106438. [9] N. Hassan and A. P. D. S. SALAMA, “Measurement of Releasing Radon gas at Archaeological Site in Egypt and its Associated Radiation Dose,” *J Nucl Technol Appl Sci*, vol. 10, no. 1, pp. 25–40, 2022, doi: 10.21608/jntas.2022.131348.1051. [10] T. de O. Santos, “Radionuclídeos naturais em minas subterrâneas brasileiras,” Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. [11] F. Leonardi et al., “A study on natural radioactivity and radon exhalation rate in building materials containing norm residues: preliminary results,” *Constr Build Mater*, vol. 173, pp. 172–179, Jun. 2018, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2018.03.254. [12] A. J. Khan, R. Prasad, and R. K. Tyagi, “Measurement of radon exhalation rate from some building materials,” *Int J Radiat Appl Instrumentation Part*, vol. 20, no. 4, pp. 609–610, 1992, doi: 10.1016/1359-0189(92)90013-L. [13] F. Shoqwara, N. Dwaikat, and G. Saffarini, “Measurement of Radon Exhalation Rate from Building Materials,” *Res Rev J Phys*, vol. 2, no. 1, pp. 10–19, 2013. [14] M. Abo-Elmagd and M. M. Daif, “Calibration of CR-39 for radon-related parameters using sealed cup technique,” *Radiat Prot Dosimetry*, vol. 139, no. 4, pp. 546–550, 2010, doi: 10.1093/rpd/ncp300. [15] L. Morawska and C. R. Phillips, “Criteria for Closed Chamber Measurements of Radon Emanation Rate,” *Indoor Air Pollut*, pp. 201–215, 2021, doi: 10.1201/9781003210566-17. [16] SAPHYMO, “AlphaGuard Radon Monitor _ User Manual.” saphymo GmbH, p. 57, 2012. [17] DURRIDGE Company, “RAD 7 Electronic Radon Detector : Manual Owner.” DURRIDGE Company Inc., Billerica, US, p. 95, 2022. [18] E. P. de Oliveira, “ Comparação de técnicas ativa e passiva na medição de concentração de radônio no ar,” Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD/CNEN, Rio de Janeiro, 2017. [19] A. Rawat, P. J. Jojo, A. J. Khan, R. K. Tyagi, and R. Prasad, “Radon exhalation rate in building materials,” *Nucl Tracks Radiat Meas*, vol. 19, no. 1–4, pp. 391–394, 1991. [20] R. M. Amin, “A study of radon emitted from building materials using solid state nuclear track detectors,” *J Radiat Res Appl Sci*, vol. 8, no. 4, pp. 516–522, 2015, doi: 10.1016/j.jrras.2015.06.001. [21] Pylon Eletronics INC., “2000A-Passive radon gas (Rn-222) source.” Pylon Eletronics INC., Ottawa, ON - Canada, p. 2, 2016. [22] M. Y. A. Mostafa, M. Vasyanovich, and M. Zhukovsky, “Prototype of a primary calibration system for measurement of radon activity concentration,” *Appl Radiat Isot*, vol. 107, pp. 109–112, 2016, doi: 10.1016/j.apradiso.2015.10.014. [23] M. Y. A. Mostafa and A. El-Taher, “Radon Standard

Source in Different Countries with Different Principals,” *J Radiat Nucl Appl*, vol. 4, no. 1, pp. 35–41, 2019, doi: 10.18576/jrna/040104. [24] L. Takahashi, T. Santos, B. Correa, R. M. Pinheiro, M. Â. Menezes, and Z. Rocha, “Calibration of Solid State Nuclear Track Detectors CR-39 for radon study in a high concentration underground mines,” *Brazilian J Radiat Sci*, vol. 9, no. 1A, pp. 1–13, 2021, doi: 10.15392/bjrs.v9i1a.1533. [25] J. Lüley et al., “CR-39 detector-based Radon dosimetry system calibration in the self-decay mode,” *Eur Phys J Spec Top*, vol. 232, no. 10, pp. 1493–1500, 2023, doi: 10.1140/epjs/s11734-023-00876-8. [26] A. J. Khan, A. K. Varshney, R. Prasad, R. K. Tyagi, and T. V. Ramachandran, “Calibration of a cr-39 plastic track detector for the measurement of radon and its daughters in dwellings,” *Nucl Tracks Radiat Meas*, vol. 17, no. 4, pp. 497–502, 1990. [27] A. F. Saad, “Radium activity and radon exhalation rates from phosphate ores using CR-39 on-line with an electronic radon gas analyzer ‘Alpha GUARD,’” *Radiat Meas*, vol. 43, no. SUPPL.1, pp. 463–466, 2008, doi: 10.1016/j.radmeas.2008.04.052. [28] J. H. Jebur, R. H. Subber Abdul, and W. Tuama Saadon, “Calibration of CR-39 for different heights of radon dosimeters and application of radon concentration in Mahajran River sediment in Basra Governorate, Iraq,” *J Phys Conf Ser*, vol. 1294, no. 2, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1294/2/022013. [29] N. M. HASSAN et al., “²²²Rn Exhalation Rate from Egyptian Building Materials Using Active and Passive Methods,” *Japanese J Heal Phys*, vol. 44, no. 1, pp. 106–111, 2009, doi: 10.5453/jhps.44.106. [30] D. Al-Azmi, I. C. Okeyode, O. O. Alatise, and A. O. Mustapha, “Setup and procedure for routine measurements of radon exhalation rates of building materials,” *Radiat Meas*, vol. 112, no. December 2015, pp. 6–10, 2018, doi: 10.1016/j.radmeas.2018.03.001. [31] Y. Tan, D. Xiao, H. Yuan, Q. Tang, and X. Liu, “Revision for measuring radon exhalation rate in open loop,” *J Instrum*, vol. 8, no. 1, 2013, doi: 10.1088/1748-0221/8/01/T01004. [32] M. Abo-Elmagd, “Radon exhalation rates corrected for leakage and back diffusion – Evaluation of radon chambers and radon sources with application to ceramic tile,” *J Radiat Res Appl Sci*, vol. 7, no. 4, pp. 390–398, 2014, doi: 10.1016/j.jrras.2014.07.001. [33] E. H. El-Araby and A. Azazi, “The effect of geometrical parameters on the radon emanation coefficient and different radon parameters,” *Nucl Eng Technol*, vol. 55, no. July, pp. 4096–4101, 2023, doi: 10.1016/j.net.2023.07.028. [34] A. F. Saad, R. M. Abdallah, and N. A. Hussein, “Physical and geometrical parameters controlling measurements of radon emanation and exhalation from soil,” *Appl Radiat Isot*, vol. 137, no. December 2017, pp. 273–279, 2018, doi: 10.1016/j.apradiso.2018.03.022. [35] A. Danis, M. Oncescu, and M. Ciubotariu, “System for calibration of track detectors used in gaseous and solid alpha radionuclides monitoring,” *Radiat Meas*, vol. 34, no. 1–6, pp. 155–159, 2001, doi: 10.1016/S1350-4487(01)00142-1.

Palavras-chave: Benchmark, Radon detector, Calibration Factor

Trabalho 19**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** QC parameters for the routine evaluation of the IRD whole body counter scintillation detections systems**Autor principal:** ANA LETÍCIA ALMEIDA DANTAS**Autores:** EDER AUGUSTO DE LUCENA e BERNARDO MARANHÃO DANTAS**Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria - CNEN**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

The IRD whole-body counter unit consists of a 2.5 m x 2.5 m x 2.62 m shielded room made of 15 cm steel walls and additional internal layers of 5 mm lead, 1.5 mm cadmium and 0.5 mm copper, aiming to reduce the contribution of natural radiation to in vivo measurements. Inside the room, radiation detectors are strategically positioned, enabling measurements of radionuclides in the human body of Occupationally Exposed Individuals (IOEs) and members of the public in case of nuclear and radiological accidents. System calibration is carried out in previously established periods of time, using point sources and a variety of physical-anthropomorphic phantoms, containing known activities of standard radionuclides, simulating distribution throughout the body or depositions in specific organs of interest. The quality control of the detectors comprises a fundamental step for guarantee the stability of the counting systems. It is based on routine verification of detection efficiency considering parameters, such as temperature, humidity, and operational voltage, aiming to ensure that the in vivo measurement results are reliable, within acceptable variation limits. This work presents a description of the quality control procedures and the correlation between parameters, from 2017 and 2023, for two types of detection systems, i.e. NaI(Tl)3"x3" and NaI(Tl)8"x4". The results have shown there is no relationship between detectors' counting efficiency values and the variation in temperature, humidity, and voltage (HV) for the two systems evaluated, within the specified period. The results of periodic quality control of the detection systems guarantee the reliability of the systems for its use in routine in vivo measurements.

Referências bibliográficas: ICRP - International Commission on Radiological Protection. Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers. ICRP Publication 78, Bethesda: ICRP, Vol. 27/3-4, 1998. HPS - Health Physics Society. Performance Criteria for Radiobioassay, Bethesda: HPS, N13.30, 1996.

Palavras-chave: quality control, detection efficiency, in vivo measurements

Trabalho 20**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Gamma radiation measurements in selected soil samples from Barra do Barra do Corda county, Maranhão, Brazil: Preliminary results for natural radioactivity**Autor principal:** DALTON GIOVANNI NOGUEIRA DA SILVA**Autores:** Pecequilo, B. R. S, Zamboni, C. B., Esposito, S. E., Pimentac, D. C., Simons, S. M.**Instituição:** a Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 05508-000, São Paulo, SP, Brazil. / Pontifícia Universitária Católica do Paraná, 80215-901, Curitiba, Brazil / Instituto Butantan, 05585-000, São Paulo, Brazil**Cidade-UF:** São Paulo

In Barra do Corda county, in the state of Maranhão (MA, Brazil), meliponiculture (raising of stingless bees) is a very important agricultural activity. Specifically, the species *Scaptotrigona aff postica*, popularly known as “tubi”, produces inputs (propolis, pollen, honey and resins), which have several medicinal properties (bactericides, fungicides and virucides) in addition to their use in the nutritional field, adding economic potential to their commercialization. This study aims to generate integrated and interdisciplinary knowledge about the natural and artificial radiation of the environment (soil) inhabited by this pollinating species. The soil is fundamental for meliponiculture because it acts as a support and sustenance for plants, regulating the supply of water and nutrients, generating a strong relationship with bacteria and fungi in symbiosis with the roots. Fifteen soil samples near the hives monthly collected between March 2018 and May 2019 were dried and sealed in standard 15 mL plastic Petri dishes and measured by high resolution gamma spectrometry after a 4 weeks ingrowth period, in order to allow the secular equilibrium in the ^{238}U and ^{232}Th series. The ^{226}Ra concentration was determined from the weighted average concentrations of ^{214}Pb and ^{214}Bi . The ^{232}Th concentration was determined from the weighted average concentrations of ^{228}Ac , ^{212}Pb and ^{212}Bi and the ^{40}K from its single gamma transition. As the efficiency calibration curve used was obtained with an aqueous standard multi-radionuclides solution, a self-attenuation correction was determined in order to correct the activity concentrations. Natural radioactivity results show concentrations varying from (1.1 ± 0.2) Bq.kg⁻¹ to (26.2 ± 1.7) Bq.kg⁻¹ for ^{226}Ra , from (5.5 ± 0.2) Bq.kg⁻¹ to (30 ± 2) Bq.kg⁻¹ for ^{232}Th and for ^{40}K , from (14.4 ± 9.6) Bq.kg⁻¹ to (144 ± 15) Bq.kg⁻¹. All results are below the UNSCEAR world wide average suggested concentrations of 32 Bq.kg⁻¹, 45 Bq.kg⁻¹ and 420 Bq.kg⁻¹ for ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K , respectively.

Referências bibliográficas: Pereira, A.d.S., F.R.M.S. Seixas, and F.R.d. Aquino Neto, Própolis: 100 anos de pesquisa e suas perspectivas futuras. *Química Nova*, 2002. 25(2): p. 321-326. 2. Menezes, C., et al. Fichas catalográficas de espécies de abelhas sem ferrão relevantes para a meliponicultura. 2022. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 28., 2022, Fortaleza. Anais 3. Brasil, Instrução Normativa SDA n° 03, de 19 de janeiro de 2001 - Regulamento Técnicos de Identidade e Qualidade de Apitoxina, Cera de Abelha, Geleia Real, Geleia Real Liofilizada, Polén Apícola, Propólís e Extrato de Propólís., in 3, MAPA, Editor. 2001, DOU: Brasília. p. 56. 4. Hausen, B.M., et al., Propolis allergy. (II). The sensitizing properties of 1,1-dimethylallyl caffeic acid ester. *Contact Dermatitis*, 1987. 17(3): p. 171-7. 5. Bankova, V.S., S.L. de Castro, and M.C. Marcucci, Propolis: recent advances in chemistry and plant origin. *Apidologie*, 2000. 31(1): p. 3-15. 6. Marcucci, M.C., Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie*, 1995. 26(2): p. 83-99. 7. Bogdanov, S. Propolis: Composition, Health, Medicine: A Review. 2016. 8. Ahangari, Z., M. Naseri, and F. Vatandoost, Propolis: Chemical Composition and Its Applications in Endodontics. *Iran Endod J*, 2018. 13(3): p. 285-292. 9. Cavalcante, D.R.R., Efeito quimiopreventivo de variedades de própolis brasileira sobre a carcinogênese oral experimentalmente induzida. Disponível de em:< http://ww3.unit.br/mestrados/saude_ambiente/wpcontent/uploads/2012/04/Defesa_Versao-Final.pdf>. Acesso em, 2011. 4. 10. Inoue, H.T., et al., Produção de própolis por diferentes métodos de coleta. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 2007. 15(2): p. 65-69. 11. Marcucci, M.C., et al., Phenolic compounds from Brazilian propolis with pharmacological activities. *J Ethnopharmacol*, 2001. 74(2): p. 105-12. 12. Maia Filho, E.M., et al., Efeito antimicrobiano in vitro de diferentes medicações endodônticas e própolis sobre *Enterococcus faecalis*. *RGO*, 2008. 56(1): p. 21-25. 13. Liberio, S.A., et al., The potential use of propolis as a cariostatic agent and its actions on mutans group streptococci. *J Ethnopharmacol*, 2009. 125(1): p. 1-9. 14. Ferreira, F.B.d.A. and S.A. Torres, Estudo in vitro do efeito antimicrobiano do extrato etanólico de própolis e de outros medicamentos usados em endodontia sobre microrganismos anaeróbios. 15. Possamai, M.M., et al., Brazilian propolis: a natural product that improved the fungicidal activity by blood phagocytes. *Biomed Res Int*, 2013. 2013: p. 541018. 16. Coelho, G.R., et al., Antiviral action of hydromethanolic extract of geopropolis from *Scaptotrigona postica* against antiherpes simplex virus (HSV-1). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015. 2015. 17. Nascimento Filho, V.F., Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF) e por reflexão total (TXRF). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999. 18. Silva, R., V. Nascimento Filho, and C. Appoloni, Fluorescência de Raios X por dispersão em energia. LFNATEC-Publicação Técnica do Laboratório de Física Nuclear Aplicada, 2004. 8(1). 19. AMPTEK, Mini-X User Manual Rev D2. 2016. 20. AMPTEK, DPPMCA Display & Acquisition Software. 2019. 21. Capote, R., E. López, and E. Mainegra, WinQXAS Manual (Quantitative X-Ray Analysis System for Widows) Version 1.4. Vienna: IAEA, 2002. 22. Garmash, A., EURACHEM/CITAC Guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, Ellison, SLR, Rosslein, M., and Williams, A., Eds., ; translated under the title Rukovodstvo EVRAKhIM/SITAK: Kolichestvennoe opisaniye neopredelennosti v

analiticheskikh. Journal of Analytical Chemistry, 2003. 58(2): p. 191. 23. ISO/IEC, ISO/IEC 17025: 2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 2017. 24. Tasso, O.G., et al., Comparação de desempenho do espectrômetro portátil de fluorescência de raios-X utilizando alvos de Au e Ag para análise de amostras na área da saúde. Revista Remecs-Revista Multidisciplinar de Estudos Científicos em Saúde, 2022. 12(13): p. 29-40. 25. Zamboni, C.B., M.R. Azevedo, and S. Metairon, Raios-X para dosagem de ferro em sangue. 2019, Brasil: Novas Edicoes Academicas. 60. 26. ABIAD, Pesquisa de Mercado – Suplementos Alimentares. Disponível de em: <https://abiad.org.br/pesquisa-de-mercado-suplementos-alimentares/>

Palavras-chave: meliponiculture, natural radioactivity, soil , gamma spectrometry.

Trabalho 21**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Study of radon exhalation rate by granulometry**Autor principal:** NATÁLIA FONSECA TAVEIRA**Autores:** Talita Oliveira Santos, Laura Cardoso Takahashi, Carolina Santos Lamounier, Ricardo Gomes Passos, Arno Heeren**Instituição:** UFMG**Cidade-UF:** Belo Horizonte

Natural radioactivity is responsible for approximately 80% of the average annual radiation dose received by human being. This is mainly due to natural radionuclides in the Earth's crust that are generally referred to as primordial radionuclides. Approximately 65% of the population is expected to receive annual doses between 1 and 3 mSv, 25% below 1 mSv, and 10% exceeding 3 mSv. Atmospheric ^{222}Rn originates mainly from the decay of ^{226}Ra atoms that are located in and on the surfaces of mineral grains in the uranium ore. Considerable research has been presented on the gas transport process in the crust. In fractured rock, radium decay is the main source of radon. Then, the isotope can migrate through soil pores by gas-phase diffusion and advection to the interfacial region between the soil and the indoor environments. Radon enters buildings primarily by advective transport of air through openings in the substructural shell, including cracks and deliberate penetration. Porosity and granulometry of a material allow radon to diffuse through it. One of the several factors that must be analyzed in the study of this radionuclide is the exhalation factor related to the granulometry of the area where the radiation source grain is located. Understanding the emanation and exhalation of radon involves several factors, such as the concentration of radium in the geological substrate, the permeability of the soil or rock and the granulometric distribution, therefore, its granulometry. The main objective of the study was to test the methodology for different grain sizes of a granite rock. The samples were extracted of outcropping granites rocks in regions of natural radiometric anomalies in the city of Belo Horizonte. A large part of the city territory is composed of Archean rocks from the granitic gneissic Complex predominantly tonalitic to granodiorite and migmatitic gneisses. According to national and international recommendations and the main risk protocols, such as UNSCEAR and EPA, radon exhalation is being studied through the detection of radon concentration with AlphaGuard (AG), an ionization chamber detector at the Natural Radioactivity Laboratory of the Nuclear Technology Development Center (CDTN). The rock samples were crushed and pulverized in different granulometries, these being solid, 350#, 16#, 9#. Recent studies on radon and its effects are improving our

understanding of the environmental processes that affect radon (Rn) exposure, but there are still many questions associated with the accurate assessment of exposures and doses. The preliminary results first showed a limitation of the method for granulometries below 200#, this, because the air flow passing through the tube pushes the sample column, reducing the passage of air at the ends. The importance of radon gas for the effective annual dose received by man and the contribution of geological factors in the emanation and exhalation of radon is then observed.

Referências bibliográficas: [1] WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. WORLD CANCER REPORT. IARC Press. Lyon, 2003. [2] UNSCEAR- UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. Sources and Effects of Ionization Radiation. New York: United Nations Sources, Report to General Assembly, with Scientific Annexes, v. I, 2000. [3] EPA – Environmental Protection Agency, “Citizen’s Guide to Radon”, 402-K-92-001, 2009.

Palavras-chave: radon, radon exhalation, environmental radioactivity

Trabalho 22**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Formação de recursos humanos**Título:** Leadership at Eletronuclear: an analysis of the gender profile**Autor principal:** NICEA CARVALHO DOS SANTOS BARRETO**Autores:****Instituição:** Eletronuclear SA**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

The history of nuclear energy in the world started with the Polish scientist Marie Salomea Skolodowska Curie's studies. She discovered the elements radium and polonium and was the first woman to receive a Nobel prize and the first person to receive two Nobel in different areas, Chemistry and Physics. Although, as in all the STEM field, women are the minority because of the chauvinism and the patriarchy which our society is immersed in. As women must take care of the house and of the family, they were severely harmed by the unfair division of the work. Intending to analyze the gender profile of people holding leadership positions at Eletronuclear, this work aims to draw attention to the gender disparity in leadership positions, especially in the STEM area, despite to nuclear studies has been started with a woman, and despite certification in the Gender and Race Pro-Equity Program from Brazilian Government. Eletronuclear is the Brazilian company of nuclear power plant, which is in Angra dos Reis city whose head office is in Rio de Janeiro, both in the State of Rio de Janeiro. The institution was created in 1997, during the split of Furnas Centrais Elétricas. In 2005, the Permanent Committee for Gender, Race and Diversity issues was created, linked to the Permanent Committee for Gender, Race and Diversity Issues of the Ministry of Mines and Energy and Related Entities, Cogemnev. Almost 30 years later, the company has never had a female president and the first and the only female director just held the role in 2017, in the administrative area. Using a descriptive and quantitative approach that research will analyze the organizational chart, available on the institution's website, and intends to propose ways to eradicating this difference.

Referências bibliográficas: AGENDA 2030. (2015). Objetivo de desenvolvimento sustentável 7 – energia limpa e acessível. Disponível em: brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel. Acesso em: 07 jun. 2024. BERNARDO, A. A visita ao Brasil de Marie Curie, única mulher a ganhar duas vezes o Nobel. BBC Brasil.com, 2024. Disponível em: www.bbc.com/portuguese/articles/c517y8yvz73o. Acesso em: 07 jun. 2024. Balanços e editais. O dia.ig.com.br, 2024. Disponível em: odia.ig.com.br/balancos-e-editais/2024/04/6829934-publicacao-certificada-18-04-

2024.html. Acesso em: 08 jun. 2024. SANTOS, A.G.M.; SUZART, K.F.; RODRIGUES, P.S.; MASTRO, N.L. del. Study on the sociocultural profile of women working in a Brazilian nuclear area institution. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE, November 29 - Dez, 2021, On-line. Disponível em: <http://repositorio.ipe553>. Acesso em: 30 mai. 2024. CASTRO, I. Movimento Sufragista: o que foi e qual o impacto no Brasil?. Politize.com.br, 2021. Disponível em: www.politize.com.br/movimento-sufragista-o-que-foi-e-qual-o-impacto-no-brasil/. Acesso em: 08 jun. 2024.

Palavras-chave: equity; gender; diversity; eletronuclear.

Trabalho 23**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Desenvolvimento de Protocolo para Medições de Radiação Gama em Amostras de Granitos por Meio de Detector de NaI (Tl)**Autor principal:** RICARDO ROSSASI GERALDO**Autores:** Sergei Anatolyevich Paschuk; Janine Nicolosi Corrêa; Flavia Del Claro; Rodrigo Zamboni**Instituição:** Universidade Tecnológica Federal do Paraná**Cidade-UF:** Curitiba-PR

A radiação ionizante oriunda de fontes naturais é um tema que interessa à comunidade científica e preocupa os setores da saúde que tratam dos efeitos da radiação em seres humanos. Materiais de construção como areia, brita, granito e mármore, por exemplo, são fontes de radiação ionizante por conterem radionuclídeos como ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra e ^{40}K , fontes naturais de emissão de radiação alfa, beta e gama. Ao interagir com organismos, essas radiações podem provocar efeitos danosos, tais como ionização dos átomos da molécula de DNA e a produção de radicais livres. Esses efeitos são probabilísticos e dependem de fatores como: tempo de exposição, dose absorvida e se a exposição é de corpo inteiro ou localizada. Determinar a concentração de atividade e a dose absorvida relacionadas aos radionuclídeos em materiais de construção é campo de pesquisa relacionado à proteção radiológica que elabora protocolos de medidas de controle e mitigação. A espectrometria gama com detectores de gérmanio hiperpuro (HPGe) é uma das técnicas utilizadas para medições de amostras de materiais. Todavia, necessita de um sistema de refrigeração à base de nitrogênio líquido, fazendo desta uma técnica economicamente inviável em algumas situações. Detectores cintiladores, como o iodeto de sódio dopado com tálio (NaI(Tl)), são comumente usados para medições de radiação gama ambiental. Um protocolo que permita usar um detector portátil, composto por um cristal cintilador de NaI(Tl) de volume 200mL, em medições de amostras pode ser uma alternativa viável. Este trabalho apresenta uma proposta de protocolo para uso em medições de radiação gama em amostras de rochas graníticas empregadas como material de construção, ornamental e mobiliário. As amostras foram moídas e acondicionadas em béqueres Marinelli de volume 540mL, projetados e impressos em modelagem 3D. Após o preenchimento com as amostras, os béqueres foram introduzidos junto ao detector de NaI(Tl), para medições de radiação gama. O estudo preliminar constatou que o tempo ideal para a realização das medidas é de 600s, o qual permitiu a análise dos espectros de energia e a identificação direta ou por meio de seus subprodutos, dos radionuclídeos ^{238}U , ^{232}Th ,

^{226}Ra e ^{40}K . As doses de radiação gama mensuradas pelo detector variaram entre $0,096\mu\text{Sv/h}$ e $0,182\mu\text{Sv/h}$. A análise dos resultados obtidos possibilitaram o desenvolvimento de um protocolo para medições e mostram que, apesar do detector de NaI(Tl) apresentar resolução em energia inferior comparado com o detector HPGe , é possível identificar as doses de radiação gama para os granitos analisados e verificar que encontram-se abaixo dos limites estabelecidos pelos órgãos de controle radiológico nacionais e internacionais. Além disso, mostrou-se que o emprego do detector de NaI(Tl) em medidas de materiais realizadas em laboratório é uma alternativa viável aos detectores de HPGe .

Referências bibliográficas: [1] UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation, Annex B, 2008. Report to the United Nations General Assembly. [2] IAEA - International Atomic Energy Agency. The environmental behavior of radium. Technical reports series n° 310. Vol.1. Vienna, 1990. [3] ICRP - International Commission on Radiological Protection. ICRP 60 - Recommendations of the international commission on radiological protection. Oxford: Pergamum Press, v.2, n.1-3, 1991. [4] ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry - US Department of Health and Human Services. Radon Toxicity. 2012. [5] HALL, E.J.; GIACCIA, A.J. Radiobiology for the Radiologist. Lippincott Williams & Wilkins: USA. 6 ed. p.546. 2006.

Palavras-chave: Radionuclídeos naturais, granitos, radiação gama, detector NaI (Tl) .

Trabalho 24**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** EVALUATION OF RADONIUM CONCENTRATION LEVELS IN WATER FROM WELLS, ROCKS AND SOILS IN CARAMBEÍ-PR**Autor principal:** MONIQUE SOARES DE OLIVEIRA**Autores:** Sergei Anatolyevich Paschuk, Janine Nicolosi Corrêa, Otávio Oliveira Pacheco, Silvia Gallo Bellinelo da Palma**Instituição:** Universidade Tecnológica Federal do Paraná**Cidade-UF:** Curitiba-PR

Human exposure to natural radiation highlights the importance of research on ^{222}Rn due to the harm that gas radon causes in relation to public health. Although the quality control of water distributed to the Brazilian population is an established public health issue, there are no radon measurement formal protocols. There is an influence of the type of soil and rocks in the concentration of radon in well water, as soils rich in uranium and thorium, consequently, release radon and radium that diffuses to the adjacent water. Therefore, it is important to perform research in order to contribute to the knowledge of water quality in relation to radon consumed by the population that use well water. The rural area of Carambeí, in the state of Paraná/Brazil, has several farms whose residents use well water as a source of drinking water. Thus, it is considered that the evaluation of radon in well water, rocks and soils in the region is relevant. The objective of this work is to evaluate the radon concentration in well waters, rocks and soils in the region of Carambeí, and thus contribute to a database for the National Radon Program on the coordination of the Geological Survey of Brazil (CPRM). The points of interest for collecting water and rock samples and local soil measurements focused on properties that have wells. Samples of water were collected from local wells and rocks collected around the homes in the locations planned for measurement. Local soil radon measurements were also performed. Analyzes were done at the Laboratory of Applied Nuclear Physics (LFNA) of the Federal University of Technology – Paraná - Brazil. The results of ^{226}Ra concentrations found in well water samples were in the range of 0.3 ± 0.3 Bq/L to 3.8 ± 2.3 Bq/L, of which about 64% of these samples are above the value 0.5 Bq/L, which is the limit for alpha emission. In the same samples, ^{222}Rn concentrations ranging from 0.4 ± 0.8 Bq/L to 87 ± 13 Bq/L were found, and about 81% of the samples presented values above 0.5 Bq/L. In the case of supported radon concentrations, generated by ^{226}Ra , it is estimated that the contribution to the interior of environments that make use of these well waters can be a public health problem. The levels of ^{222}Rn concentration in granitic rocks ranged from 1141 ± 26 Bq/m³ to 53.7 ± 1.6 Bq/m³.

Concentration calculations were performed simulating that these rocks are based in a UNSCEAR standard room. In the case where the granitic rock concentration was above the established limits, the contribution to the standard room does not exceed the recommended values. The results of measurements of radionuclides ^{222}Rn and ^{220}Rn in the soil show concentrations in the range of $18.4 \pm 4.1 \text{ kBq/m}^3$ to $208 \pm 21 \text{ kBq/m}^3$ and $27 \pm 8 \text{ kBq/m}^3$ to $188.4 \pm 0.9 \text{ kBq/m}^3$, for each isotope, respectively. The values found in this research serve as a basis for the National Radon Program and allow us to observe that there is a public health issue, mainly related to the amount of radium, and consequently indoor radon, in homes or environments

Referências bibliográficas: [1] UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation, Annex B, 2008. Report to the United Nations General Assembly. [2] IAEA - International Atomic Energy Agency. The environmental behavior of radium. Technical reports series n° 310. Vol.1. Vienna, 1990. [3] ICRP - International Commission on Radiological Protection. ICRP 60 - Recommendations of the international commission on radiological protection. Oxford: Pergamum Press, v.2, n.1-3, 1991. [4] ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry - US Department of Health and Human Services. Radon Toxicity. 2012.

Palavras-chave: Natural radioactivity; Radon; Indoor Environments.

Trabalho 25**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Estabelecimento das qualidades RQR de raios X em dois aparelhos industriais e reconstrução de seus espectros**Autor principal:** LEONARDO DINIZ HIPOLITO SOARES**Autores:** RODOLFO OLIVEIRA DE SOUZA; JOÃO GONÇALO DOS SANTOS GUTIERREZ HERNANDES; MARTIN EDUARDO POLETTI**Instituição:** METROBRAS - METROLOGIA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES LTDA ; FFCLRP-USP**Cidade-UF:** JARDINÓPOLIS - SP

Um laboratório de calibração de medidores de radiação utilizados em metrologia de radiodiagnóstico deve seguir diversas exigências que estão descritas em normas nacionais e internacionais. Estas normas descrevem o arranjo experimental necessário e as características recomendadas para as câmaras de ionização monitora e de referência, bem como a padronização das qualidades dos campos de raios X utilizados (RQR, do inglês Radiation Quality of Radiography). O objetivo deste trabalho foi a implementação das qualidades RQR em dois aparelhos de radiação industrial (GE Isovolt Titan E e Balteau XSD-160) e a reconstrução de seus espectros, de forma a caracterizar e padronizar os feixes de radiação utilizados em aulas e pesquisas no Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto. Inicialmente foram determinadas as correntes de pico utilizando um detector não invasivo (RTI Piranha) calibrado no IFBA. Então, foram estimadas as filtrações inerentes de cada tubo, utilizando o método descrito na ABNT NBR ISO 4037-1, onde utiliza-se a primeira camada semirredutora (CSR) de um feixe de 60 kVp para estimar essa espessura. O próximo passo foi o levantamento da curva de atenuação para estimar a espessura de filtração adicional necessária para estabelecer as qualidades RQR. Foi utilizada uma câmara de ionização de referência (PTW 34069) calibrada no IPEN e um eletrômetro (PTW Unidos E). Para estimar essas espessuras foi utilizado o método gráfico descrito na IAEA TRS 457. Por fim, essas espessuras adicionais são verificadas e novas curvas de atenuação foram obtidas, com a finalidade de se reconstruir o espectro do feixe, utilizando o método de transformada de Laplace. Quanto aos resultados, foi observado que ambos os aparelhos apresentaram correntes de pico muito próximas do esperado (diferenças abaixo de 1%) e que ambos os aparelhos de raios X possuem uma filtração inerente de 2,0 mmAl, condizente com o que é especificado no manual do equipamento (ambos deveriam ter uma fina janela de Berílio e filtros de 2,0 mm de alumínio). As filtrações adicionais, que são necessárias para o estabelecimento das

qualidades RQR, foram estimadas de maneira acurada, ocasionalmente sendo necessário uma correção de até $\pm 0,2$ mm Al para o estabelecimento de um feixe de qualidade RQR. Para ambos os aparelhos, os feixes obtidos apresentaram diferenças menores do que 3% para os valores de CSR e diferenças abaixo de 0,03 para os coeficientes de homogeneidade, em conformidade com o especificado na IEC 61267. Após essa verificação, os espectros reconstruídos foram comparados com os espectros divulgados pelo PTB, reforçando que ambos os aparelhos de raios X possuem feixes que atendem a qualidade RQR.

Referências bibliográficas: ABNT NBR ISO 4037-1: Proteção radiológica — Radiação X e gama de referência para calibração de dosímetros e medidores de taxa de dose, e para determinação de suas respostas em função da energia dos fótons - Parte 1: Características das radiações e métodos de produção, Rio de Janeiro, 2020. IAEA TRS 457 : Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice, Vienna, 2007. IEC 61267: Medical diagnostic X-ray equipment - Radiation conditions for use in the determination of characteristics, Geneva, 2005. PTB: Catalogue of X-ray spectra and their characteristic data : ISO and DIN radiation qualities, therapy and diagnostic radiation qualities, unfiltered X-ray spectra, Berlin, 2000.

Palavras-chave: Metrologia, Raios X, Reconstrução, RQR.

Trabalho 26**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Emergência radiológica e nuclear**Título:** Campanha de Divulgação do Exercício Geral Integrado de Resposta à Emergência e Segurança Física Nuclear 2023: Uma experiência positiva.**Autor principal:** ROBSON SILVA RIBEIRO**Autores:****Instituição:** Eletronuclear**Cidade-UF:** Angra dos Reis/RJ

No ano de 2023 foi realizado, em Angra dos Reis-RJ, entre os dias 14 e 18 de agosto, o Exercício Geral Integrado de Resposta à Emergência e Segurança Física Nuclear 2023. O presente trabalho tem como objetivo discorrer sobre a estratégia de divulgação planejada e executada pelo Núcleo de Comunicação Pública sobre Emergência Nuclear (NucPEN), órgão responsável pela comunicação pública das atividades planejadas e realizadas pelo Comitê de Planejamento de Resposta a Situações de Emergência Nuclear no Município de Angra dos Reis (Copren/AR). O grande desafio do projeto foi estabelecer, com a população local, uma comunicação condizente com a grande qualidade técnica e complexidade dos Exercícios, que vêm sendo realizados há mais de 20 anos, e que desse uma noção fidedigna da importância do evento. Pretende-se analisar as estratégias utilizadas e os resultados alcançados, assim como os aprendizados, que deixaram um legado importantíssimo para as próximas edições do Exercício. O objetivo final é indicar possíveis caminhos para a popularização dos mecanismos de resposta a uma situação de emergência nuclear, evidenciando a qualidade e o preparo dos profissionais e instituições envolvidas. A proposta para a RADIO 2024 é fazer uma apresentação oral detalhando o trabalho realizado, incluindo os elementos visuais utilizados, expondo os resultados práticos e as carências que precisam ser supridas imediatamente com relação à comunicação com a sociedade no que se refere à segurança nuclear. Será evidenciada também a importância da colaboração mútua de todas as instituições que compõem o NucPEN, como o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República (GSI/PR), o Governo do Estado do Rio de Janeiro, as Secretarias de Proteção e Defesa Civil de Angra dos Reis e Paraty, o Corpo de Bombeiros, a Eletronuclear, a CNEN, as Prefeituras de Angra dos Reis e Paraty, o SUS, a ABIN, entre outras.

Referências bibliográficas: <https://www.iaea.org/publications/12359/operations-manual-for-incident-and-emergency-communication>



International
Joint Conference

RADIO 2024

Palavras-chave: Emergência Nuclear, Comunicação Pública, NucPEN, Aceitação Pública

Trabalho 27**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Determination of radon concentration in the premises of the Institute of Radioprotection and Dosimetry**Autor principal:** LUCAS LIMA DE CARDOSO REZENDE**Autores:** P. R. R. Ferreira, R. N. Junior e F. C. A. Ribeiro**Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria**Cidade-UF:** Rio de Janeiro.

Radon is a byproduct of the decay processes of U238 and Th232, with Rn-222 being the most relevant due to its longer half-life (approximately 3.8 days). The International Commission on Radiological Protection (ICRP) estimates that radon gas and its decay products are responsible for about 75% of the annual effective dose received by humanity from terrestrial sources. To determine the radon concentration in various environments, we used nuclear track detectors of the CR-39 type, provided by the company Radosys. These passive detectors are exposed for a total period of 90 days and are currently in the measurement process, with removal scheduled for May 2024. The CR-39 detectors are positioned inside a diffusion chamber allowing alpha particles emitted during decay processes to sensitize the detectors, generating essential tracks for analysis. With the known concentration, it will be possible to perform calculations of the annual effective dose. This integrated and careful approach ensures precise and reliable results in evaluating the presence of Radon in each studied environment, thus being an important tool for decision-making involving radioprotection and dosimetry at the Institute. As for the results, we cannot yet confirm the presence of areas with higher radon concentrations, designated as "hotspots". However, it is crucial to emphasize the significant importance of this study for radiometric surveying and the implementation of radiation protection measures. If areas with elevated concentrations are identified, mitigation actions can be implemented. It is worth noting that current legislation stipulates that radon concentrations for environments within the limit of 300 Bq/m³. In line with the principles of radiation protection and dosimetry, optimization and dose limitation are fundamental aspects to be integrated into this scenario. Continuous monitoring and thorough evaluation of the results are essential to support decisions and improve radiation protection practices at the institute. Additionally, it is relevant to consider that this study may serve as a basis for possible national policies aimed at the well-being of Brazilian society. The continuation of this work will contribute not only to local (environmental and occupational) safety but also to the development of good practices and guidelines that will benefit the country as a whole. As is widely known,

prolonged exposure to environments with high concentrations of radon is a factor that can increase the risk of developing neoplasms in the respiratory tract. Therefore, this work is of significant importance, as it is the mapping of the entire institute. Soon after completing this work, it will be possible to optimize the radiological protection plan and guide future decisions related to exposure to radon.

Referências bibliográficas: Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Manual da OMS sobre radônio em ambientes internos uma perspectiva de saúde pública (1st ed.), IRD/CNEN (2016). ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37 (2-4) (2007). ICRP, Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection, ICRP Publication 66, Ann ICRP 24 (1-3) (1994). International Atomic Energy Agency, Radiation protection against radon in workplace other than mines (Safety reports series, No. 33), Vienna. ISSN 1020-6450 (2003) Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Norma CNEN NN 3.01: Requisitos Básicos de Radioproteção e Segurança de Fontes de Radiação, Anexo K (NÍVEIS DE REFERÊNCIA PARA SITUAÇÃO DE EXPOSIÇÃO EXISTENTE), Brasil: CNEN Página 71 (2014). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). Radioatividade no meio ambiente e avaliação de impacto radiológico ambiental. São Paulo: IPEN (2013).

Palavras-chave: Radon, radiometric, concentration, CR-39.

Trabalho 28**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Análise comparativa dos fluxos de nêutrons com um detector de (LiEu) encapsulado com cádmio.**Autor principal:** WATILA LINS SILVA**Autores:** WALSAN PEREIRA WAGNER**Instituição:** INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA**Cidade-UF:** RIO DE DE JANEIRO

Introdução: O Fluxo Térmico de Nêutrons TNF2, construído no Laboratório de Metrologia de Nêutrons (LN) da Divisão de Metrologia das Radiações Ionizantes (DIMET) do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), foi projetado para fornecer fluência térmica de nêutrons uniforme em uma área para a calibração primária de detectores de nêutrons e dosímetros pessoais. Objetivo: Este estudo investiga a eficácia do uso de um detector de lítio európio (LiEu) encapsulado em uma cápsula de cádmio, para caracterizar o fluxo de nêutrons, epitérmicos e rápidos. Materiais e métodos: A cápsula de cádmio foi empregada devido à sua alta seção de choque para a captura de nêutrons térmicos, permitindo que o detector leia predominantemente nêutrons rápidos. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Metrologia de Nêutrons. No procedimento experimental, o detector com a cápsula de cádmio foi posicionado a diferentes distâncias da fonte de nêutrons. As medições foram realizadas para as distâncias 2,5m; 2m; 1,5m; 1m; 0,75m; 0,5m; 0,4m; 0,3m; 0,2m; 0,1m; 0,0m (na face do canal) e -0,1m (dentro do canal), utilizando as configurações de janelas de 2 mm, 4 mm, fechada e sem janela, para permitir uma comparação abrangente e destacar a eficiência do sistema na discriminação de nêutrons térmicos e rápidos. Resultados: Os dados obtidos demonstram que as medições realizadas com a janela de 2mm e 4mm proporcionam um equilíbrio mais adequado entre a proteção contra nêutrons térmicos e a capacidade de detecção de nêutrons rápidos. A configuração com a capsula fechada, mostrou maior eficiência na eliminação de nêutrons térmicos, entretanto com uma redução significativa na contagem total de nêutrons, por conta da alta absorção do cádmio. Outro sim, a janela livre apresentou a maior contagem total de nêutrons, incluindo uma quantidade significativa de nêutrons térmicos. A variação das distâncias de medição utilizadas no experimento revelou que a eficiência do sistema, na discriminação de nêutrons térmicos e rápidos, variou com a posição do detector em relação a fonte. Os pontos mais distantes proporcionaram uma melhor discriminação, em consequência da menor contribuição de nêutrons térmicos, provenientes da dispersão da fonte. No entanto, a influência da configuração da janela da cápsula foi significativa em

todas as distâncias testadas. Conclusão: Este estudo destaca a importância da escolha adequada dos materiais e da geometria na construção de detectores de nêutrons para aplicações específicas. A utilização de cápsulas de cádmio com diferentes configurações de janelas oferece uma abordagem eficaz para otimizar a detecção de nêutrons rápidos em ambientes onde a discriminação entre nêutrons térmicos e rápidos é essencial.

Referências bibliográficas: Astuto, A; Fernandes, S S; Patrão, K C S; Fonseca, E S; Pereira, W W ; LOPES, R T . “Improvements in the thermal neutron calibration unit, TNF2, at LNMRI/IRD”. Radiation Protection Dosimetry, pp. 56-61, (2018). Astuto, A., Patrão, K.C.S., Fonseca, E.S., Pereira, W.W., Lopes, R.T., (2022). “Polyethylene filter for the TNF2 thermal neutron facility”. Astuto, A.,(“Desenvolvimento de um sistema de irradiação com nêutrons térmicos para calibração de monitores”. Tese DSc. COPPE, Rio de Janeiro, Brasil (2016). Fosberg, L., “Neutron cross section for aluminium”. AE-117, Aktiebolaget Atomenergi, Stockholm, Sweden (1963).

Palavras-chave: Detecção de Neutrons, Detector LiEu, Fluxo de Nêutrons.

Trabalho 29**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Segurança de Reatores Nucleares**Título:** Enabling Radioprotection and Nuclear Safety for SMRs in the Brazilian Energy Transition**Autor principal:** GLEYSON TEIXEIRA DOS SANTOS**Autores:** JOSÉ UBIRATAN DELGADO, JOSÉ FRANCISCO PEREIRA**Instituição:** INSTITUTO DE RADIO PROTEÇA E DOSIMETRIA - IRD**Cidade-UF:** RJ

A technological frontier in the energy transition is increasingly approaching, combined with the efforts of scientists and the international community to decarbonize current energy matrices in response to the consequences of climate change. Regarding nuclear-electric generation, the hope of nations is mainly due to the innovations of small nuclear reactors (SMR), which, for some nations, are real. This work presents a study of the use of nuclear energy via SMR, within the Brazilian energy matrix, updating aspects of radiological protection of installations, meeting general control and inspection recommendations and requirements. A literature review consisted of a critical analysis based on data collection via bibliographic research in scientific dissemination articles and information obtained in the nuclear sector regarding the installation of SMRs. Exploring a comparative view, it is proposed: the establishment of standardized safety and radioprotection conditions for an SMR; the definition of safety and radioprotection procedures for an SMR; and the radioprotection and safety approach in compliance with IAEA recommendations and CNEN regulatory standards. Considering the available radioprotection and safety principles, these result in the following scenarios: Reference for an SMR in power generation - Due to the characteristics of the SMR, the regulatory guidelines applied to existing large nuclear systems may have to be revised or redefined. In this case, it is necessary to understand the correct characteristic and, therefore, these are definitions and explored in 4 categories: a) totally passive security system; b) multi-unit modular reactor; c) thickness containment of buildings; d) internalization and integration of the project. Definition of general procedures related to the safety and radioprotection aspects of an SMR - many of the regulations that currently exist already meet the needs of an SMR on a platform and the creation of a single set of regulations Addressing SMRs is not a recommended path. Although the single set would be easier to understand its workload-related operability, a comparative view of the different available SMR designs should be implemented. Radioprotection and safety scenario in compliance with IAEA recommendations and CNEN national regulatory standards - The development and review

of safety and radioprotection standards involves the IAEA, which is currently evaluating the extent to which existing safety standards can be applied to technologies innovative solutions, including SMRs. In short, the global demand for electrical energy means that nuclear power is increasingly seen as an answer to reducing greenhouse gas emissions and reducing our dependence on fossil fuels and hydroelectric power plants. Currently, there is a great prospect of growth in the number of SMR reactors in the world, in addition to the interest of nations that do not have infrastructure based on nuclear energy. This emphasizes the importance of radiation protection and safety on the global stage. Finally, the development of nuclear technology in Brazil has already brought important gains that have influenced other areas, such as: scientific, biomedical, industrial, agricultural and naval propulsion research. Brazil is in a privileged position (uranium reserves, dominance of the fuel cycle, etc.).

Referências bibliográficas: [1]FLORES, TS, 2014, A Presentation Comparative Study Between Wind and Nuclear Energy, p.8307, 2014. Available at <http://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/viewFile/18494/pdf> [2]PNE, 2007, Energy Research Company. Imprensa Liberar: National Energy Plan – PNE 2030. Available at: < http://www.epe.gov.br/PNE/20070626_2.pdf > Accessed on June 14, 2024. [3] SMR Platform, 2022. Available at: <https://www.iaea.org/newscenter/news/smr-platform-new-web-portal-facilitas-Technical-support> - Accessed in June 2024 [4]INB, 2022, Nuclear Industries of Brazil. Production Units. Available at: < http://www.inb.gov.br/ptbr/WebForms/interna.aspx?secao_id=50 > Accessed on June 14, 2024.

Palavras-chave: SMR, radioprotection and nuclear safety, energy transition, nuclear standards.

Trabalho 30**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** The importance of science communication: An analysis of the impact of the Curie podcast on science education**Autor principal:** ALANNA SANTOS**Autores:** Juliana Mendes Nogueira, Fernanda Ayumi Nagay Yoshihara, Celina Fagundes da Silva, Thátilla Wanessa Vieira de Sousa, Ana Gabryele Moreira dos Santos, Karoline Feitosa Suzart, Georgina Santos Joana, Telma Fonseca, Nicéa Carvalho dos Santos Barreto**Instituição:** Universidade Federal de Sergipe**Cidade-UF:** São Cristóvão-SE

Gender equality in science, technology and innovation (ST&I) is essential for sustainable development and the promotion of a fair and inclusive society. In the nuclear sector, where the impact of technology and innovation are particularly significant, the presence of women remains limited. Analyzing the under-representation of women in the nuclear field reveals cultural, educational and institutional barriers, such as gender stereotypes, a lack of female role models and inadequate career support policies, that make it difficult for women to enter and remain in this field. International organizations, such as the International Atomic Energy Agency (IAEA) have implemented various initiatives to promote the inclusion of women. These initiatives include mentoring programs, specific scholarships for women and campaigns highlighting the importance of gender diversity for nuclear safety and innovation. In Brazil, the organization Women in Nuclear (WiN), committed to advancing women in the nuclear field, has launched the Curie Podcast to address female under-representation and confront the cultural and structural challenges that prevent gender equity. The podcast provides a platform for women scientists, engineers and leaders in the nuclear industry to share their trajectories, challenges and successes. By increasing the visibility of women in the nuclear sector, sharing experiences and knowledge, and inspiring the next generation of professionals, the Curie Podcast aspires to promote greater gender diversity and inclusion in the field. The Curie Podcast episodes feature interviews with renowned professionals in the nuclear sector, discussions on gender and science, and debates on the policies and practices that can promote a more inclusive environment. These women are selected through a public nomination form, and those who best align with the season's theme are invited to participate in the interviews. Once an interview is completed and the episode edited, it is made available on Spotify. Additionally, a profile was created on Instagram to publicize the podcast's monthly episodes and promote informative posts about science in an accessible and engaging way. Since its launch, the Curie Podcast has

reached a wide audience both nationally and internationally, contributing to a more inclusive nuclear dialogue in the nuclear sector. On Instagram, the podcast page already has more than 100 followers and has reached more than 800 accounts. On the Spotify platform, the podcast has received over 1,000 impressions, attracting audiences from different countries and genres. These figures demonstrate that WiN Brasil has successfully engaged both women and men in understanding the importance of a diverse and equal working environment. The Curie Podcast represents a significant step forward in promoting gender equality in the nuclear field, strengthening the presence and voice of women in ST&I and contributing to a more inclusive and innovative future.

Referências bibliográficas: Dubertrand, M. Gaspar, M. Toward Closing the Gender Gap in Nuclear Science. In: International Atomic Energy Agency (2019). Disponível em: <https://www.iaea.org/newscenter/news/toward-closing-the-gender-gap-in-nuclear-science>
International Atomic Energy Agency. (2020). Gender Equality in Nuclear: IAEA's Activities and Work. Disponível em: https://www.iaea.org/sites/default/files/gender_equality.pdf
WiN Brasil. (2023). Curie Podcast: Promovendo a Equidade de Gênero na Área Nuclear. Disponível em: <https://winbrasil.org/curie-podcast>

Palavras-chave: curie podcast, women in science, nuclear

Trabalho 31**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Monte Carlo validation of a low-energy free air chamber**Autor principal:** MATHEUS REBELLO DO NASCIMENTO**Autores:****Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

The Victoreen 481 is a cylindrical variable-volume free air chamber used as an air kerma primary standard for low-energy photons. This kind of instrumentation is of high importance to establish traceable dosimetry measurements in the diagnostic low-energy range. To validate the scenario of this primary chamber, the X-ray spectra of the W/Al BIPM radiation qualities at 50 cm from the X-ray tube window and the respective air kerma ratio (expanded/collapsed) of the experimental data will be compared with Monte Carlo simulations in the EGSnrc toolkit. In that sense, the reference spectra were measured with a 1 mm thick CdTe spectrometer and corrected by the stripping method. Then, the air kerma was measured using the chamber for these qualities in the collapsed and expanded configurations. After those measurements, BEAMnrc was used to simulate the reference radiation qualities, employing the recommended low-energy transport parameters from the manual and the geometrical arrangement recommended by AAPM Report 195, which uses a parallel circular beam of electrons incident from the side with a 0.15 cm radius. Two phase space files were recorded: the first positioned immediately after the X-ray tube window, to be used later as an input source for the kerma scoring in the egs_kerma application of the EGSnrc toolkit, and the second placed at the reference distance from the window to be directly compared to the experimental beam. BEAMDP analysis was performed to obtain the planar fluence spectra in the second phase space with the same number of channels as the experimental spectra. The differences found in the mean energy comparison between the reference spectra (simulated and measured) were 2.7% for 10 kV, 1.9% for 30 kV, 0.3% for 50a kV, and 1.4% for 50b kV. The air kerma results are shown in Table 1. As could be stated, the differences between experimental and simulated mean energy and air kerma ratios are all below 3.5 %. That suggests that the egs_kerma results and the x-ray spectra produced by the BEAMnrc are consistent with the experimental data.

Referências bibliográficas: [1] J. G. P. Peixoto, Ionizing radiation metrology. 1, (2014). [2] A. Tomal, et al., Monte Carlo simulation of the response functions of CdTe detectors to be applied in x-ray spectroscopy, Applied Radiation and Isotopes, p. 32-37, 100 (2015). [3]

I. Sechopoulos, et al, Monte Carlo reference data sets for imaging research: Executive summary of the report of AAPM Research Committee Task Group 195, Medical physics, p. 5679-5691, 42.10 (2015).

Palavras-chave: Primary standard, Air kerma, EGSnrc, X-ray spectrometry

Trabalho 32**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Uncertainty evaluation in the calibration of the Am-241 photon spectrum using DPPMCA software**Autor principal:** MATHEUS REBELLO DO NASCIMENTO**Autores:****Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

The calibration of a spectrometer is the foundation of X-ray quality spectrometry instrumentation, being a fundamental step for performing quantitative analysis of the radiation beam, as in the case of ISO 4037-1 characterization. Thus, the spectrum of a sealed Am-241 source was measured with an Amptek XR-100T CdTe detector controlled by DPPMCA software version 1.0.0.22. After data acquisition, DPPMCA was used to automatically select the peaks of interest and perform a Gaussian fit, providing the FWHM, net area, and centroid. Out of the eight peaks identified by the software, only three were used for linear regression (13.90 keV, 26.3446 keV, and 59.5409 keV) implemented in Python 3, considering the uncertainty of the centroid and energy of the data. The other five peaks were disregarded since they overlapped or were CdTe escape peaks. The values of the coefficients a and b obtained refer to the line $E=a.c+b$, where c represents the channels. Two analyses were conducted regarding the linear regression. The first one was a weighted regression, with coefficients $a=0.07588171$ keV and $b=-0.019453$ keV, and the second one was the unweighted regression, $a=0.0760(39)$ keV and $b=-0.1(2.0)$ keV. In the case of the software, the linear calibration is based on the unweighted linear fit and does not present uncertainties. Those uncertainties were obtained by the implemented Python code. It is important to note that coefficient a 's value does not differ significantly in its nominal value, only in uncertainty; however, the linear coefficient values are significantly different, which in practice implies a difference of about 80 eV between the channels calibrated in those lines. Therefore, DPPMCA version 1.0.0.22 should not be used to obtain these quantitative parameters because it does not correct spectral distortions such as characteristic X-ray escape, Compton plateau, and charge trapping, it does not consider uncertainty for calibration and it is based on the unweighted linear fit. As the manufacturer suggests, this software should be used for consultation purposes only and not for scientific data analysis.

Referências bibliográficas: [1] Nascimento MR do, Peixoto JGP, Pacífico L de C, et al. Intrinsic challenges in x-ray spectrometry instrumentation with CdTe diode detector.

Brazilian J Radiat Sci; 9. Epub ahead of print 8 August 2021. DOI: 10.15392/bjrs.v9i2C.1665. [2] International Organization for Standardization. X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy - Part 1. [3] Santoro-Fernandes V, Santos JC, Mariano L, et al. Uncertainty estimation and statistical comparative methodology for mammography x-ray energy spectra. Biomed Phys Eng Express 2020; 6: 035018. [4] Vuolo JH. Fundamentos da teoria de erros. 1 edição. Blucher, 1996)

Palavras-chave: Am-241 spectra, Calibration, Uncertainty evaluation, X-ray spectrometry

Trabalho 33**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** RADIO HUNTER: Uma abordagem tangencial no Ensino em radiologia**Autor principal:** JAQUELINE SANT' ANNA LAUREANO PEREIRA**Autores:** Daniel Pereira e Paulo Sérgio Martins Castelo Branco**Instituição:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ/IBqM**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO

Os jogos digitais têm ganhado destaque na sociedade atual, tanto no mercado de entretenimento quanto nas áreas educacionais e de treinamento. Ao incorporar jogos no processo pedagógico podemos tornar o aprendizado mais atrativo, divertido, motivador e enriquecedor, contribuindo para a formação de indivíduos mais preparados e engajados, como para a difusão da importância da radiologia e da radioatividade no avanço da humanidade. Radio Hunter é um game digital multiplataforma, disponível em dois idiomas (português e inglês), que envolve os jogadores em uma jornada de investigação, aventuras e descobertas sobre a história da Radiologia e Radioatividade. Com um enredo intrigante, o jogo oferece uma abordagem inovadora que une tecnologia, diversão e ensino, apresentando a história do surgimento destas descobertas e seus personagens de forma moderna e ainda mais acessível, tanto para estudantes e profissionais da área radiológica, como para indivíduos que desconhecem esta área tão fundamental para a nossa sociedade. Além do jogo, o projeto inclui a criação de um site com domínio próprio para a hospedagem de web comics relacionadas ao tema, adicionando novas histórias e uma forma extra de interação com a narrativa do game. Utilizamos o método de estudo de caso, combinando pesquisa quali-quantitativa com estratégias exploratórias/descriptivas, adotando as linguagens HTML5, CSS3 e Javascript. Para validação, dois grupos de avaliadores serão selecionados: um grupo de juízes especialistas, composto por nove profissionais experientes em suas áreas, que avaliarão o conteúdo, a didática e a aparência do game; e um grupo de usuários finais, formado por vinte alunos, que avaliarão a aparência e a usabilidade do jogo. Este projeto é produto de mestrado profissional em educação, gestão e difusão em biociências - IBqM / UFRJ, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) sob o nº de CAAE: 71386423.3.0000.5257. Atualmente, estamos no processo de coleta/validação, com previsão de conclusão desta etapa em agosto e defesa prevista para novembro de 2024.

Referências bibliográficas: ALEXANDRE, N. M. C., & COLUCI, M. Z. O. (2011). Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de

medidas. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16(Ciênc. saúde coletiva, 2011 16(7)), 3061–3068. Disponível em: Acesso em 27 fev. 2023. BBC News. (2008). School ditches textbooks for Sony PSPs. Disponível em: Acesso em 15 set. 2021. BITTENCOURT, H. R., CREUTZBERG, M., RODRIGUES, A. C. M., CASARTELLI, A. O., & FREITAS, A. L. S. (2011). Desenvolvimento e validação de um instrumento para avaliação de disciplinas na educação superior. *Estudos em Avaliação Educacional*, 22(48), 91- 114. BRASIL, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei nº 9.394/93 (atualizada em 2013), de 20 de dezembro de 1996. BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica. Brasília: MEC/SEB, 2013. CANDIDO, A. A personagem do romance. In: CANDIDO et al. A personagem de ficção. São Paulo: Perspectiva, 1987. DE CASTELL, Suzanne. Ludic Epistemology: What Game-Based Learning Can Teach Curriculum Studies. 2011. *Journal of the Canadian Association for Curriculum Studies*, 8(2), 19-27 Disponível em: <<http://pi.library.yorku.ca/ojs/index.php/jcacs/article/viewFile/31334/28979>> Acesso em 10 nov. 202. DE CASTELL, Suzanne. Ludic Epistemology: What Game-Based Learning Can Teach Curriculum Studies. 2011. *Journal of the Canadian Association for Curriculum Studies*, 8(2), 19-27 Disponível em: <<http://pi.library.yorku.ca/ojs/index.php/jcacs/article/viewFile/31334/28979>> Acesso em 10 nov. 2020. FOTO OJE - OLIMPÍADA DE JOGOS EDUCATIVOS. (2023). Sobre a OJE. Disponível em: Acesso em 06 fev. 2023. GIL, A.C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999. GOLDENBERG, Mirian. Livro: A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais. Rio de Janeiro: Record, 2011, p.32. GOMES, Maria João. E-learning: reflexões em torno do conceito. 2005. GRANT JS, DAVIS LL. Selection and use of content experts for instrument development. *Res Nurs Health [internet]*. 1997 Disponível em: Acesso em 27 fev. 2023. HASE, S.; KENYON, C. From Andragogy to Heutagogy. Southern Cross University, Melbourne, Australia. 2000. Disponível em: Acesso em 06 fev. 2023. HUIZINGA, JOHAN. *Homo Ludens: A Study of the Play Element of Culture*. Leiden: Leiden University, 1938. Ed. 1949. HUIZINGA, Johan. *Homo Ludens: Versuch einer bestimmung des spielements der kultur*. [S.l.:s.n.], 1938. Publicado originalmente em 1944. Tradução para língua portuguesa: *Homo Ludens: O Jogo Como Elemento da Cultura*. HUNICKE, R., LEBLANC, M., & ZUBEK, R. (2001). MDA: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAI Workshop on Challenges in Game AI (Vol. 4, pp. 1-5)*. IACOVIDES, I. et al. (2014). “The Gaming Involvement and Informal Learning Framework”. In: *International Simulation and Gaming Association's Conference*, 45., Sage Publications, Delft. p. 611 - 626. KISHIMOTO, Tizuko Morchida. *Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação*, 1993, Cortez, São Paulo, SP. KNOWLES, M. S. *The modern practice of adult education: Andragogy vs. Pedagogy*. Chicago: Association Press/Follett. 1970. Disponível em:<https://www.umsl.edu/~henschkej/articles/a_The_%20Modern_Practice_of_Adult_Education.pdf> Acesso em 06 fev. 2023. KREMERS, R. (2009). *Level design: Concepts in the game development pipeline*. Boston, MA: Course Technology. LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. LORENZATO, Sergio. *Para Aprender Matemática*, 2006. Campinas, SP. MACKAY, S F. JOSEF KATES, 97, was a visionary scientist who believed computers

'could do everything'. 2018 Acesso em 09 nov. 2022. MARCONI MA, LAKATOS EM. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. São Paulo (BR): Atlas; 2009. MCGONIGAL J (2011) Reality is broken. Why games make us better and how they can change the world. Pinguin Press, New York. MONTEIRO, CHRISTIANO B. Videogames, II Guerra mundial e a comparação entre o military-industrial complex e o militarynintendo complex. 2010 MURCIA, Juan Antonio Moreno (Org). Aprendizagem através do jogo. Porto Alegre: Artmed, 2005. NEELI, B. K. A method to engage employees using gamification in BPO industry. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERVICES IN EMERGING MARKETS, 30., 2012. Anais... 2012. OJE - OLIMPIÁDA DE JOGOS EDUCATIVOS. (2023). Sobre a OJE. Disponível em: Acesso em 15 set. 2021. OLIVEIRA, M. S. DE., FERNANDES, A. F. C., & SAWADA, N. O. (2008). Manual educativo para o autocuidado da mulher mastectomizada: um estudo de validação. Texto & Contexto - Enfermagem, 17(Texto contexto - enferm., 2008 17(1)), 115–123. Disponível em: Acesso em 04 jan. 2021. PARLETT, David. The Oxford History of Board Games. New York: Oxford University Press. 1999. PASQUALI L. Princípios de elaboração de escalas psicológicas. Revista de psiquiatria clínica. 1998;25(5):206 213. PASQUALI L. PSICOMETRIA: Teoria e aplicações. Brasília (BR): Editora UnB;1997. PASQUALI, L. (2009). Psicometria. Revista da Escola de Enfermagem da USP, 43(Esp.), 992-999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S008062342009000500002&script=sci_arttext > Acesso em 06 fev. 2023. PAVAN, Octavio Henrique de Oliveira. Primeira rodada. Disponível em Acesso em 06 fev. 2023. PEREIRA, LEONARDO T. História dos Jogos Eletrônicos, 2017. Disponível em https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4011585/mod_resource/content/1/Aula%2002%20-%20Hist%C3%B3ria%20dos%20Jogos%20Eletr%C3%B4nicos.pdf> Acesso em 09 nov. 2022. PESQUISA DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE GAMES 2022. ABRAGAMES: São Paulo, 2022. Apresentação em Português: <https://www.abragames.org/pesquisa-da-industria-brasileira-de-games.html> Pesquisa da Indústria Brasileira de Games 2022 – Fact Sheet (FORTIM, 2022). Acesso em 06 fev. 2023. PICCIONE, P. A. In Search of the Meaning of Senet. Archaeology, vol. 33, n. 4 – July/August 1980 – p. 55-58. POLIT DF, BECK CT. Fundamentos de pesquisa em enfermagem: avaliação de evidências para as práticas da enfermagem. 7a ed. Porto Alegre (BR): Artmed; 2011. PORTAL DA EDUCAÇÃO: Disponível em: < <http://www.portaldaeducacao.recife.pe.gov.br/> > Acesso em: 31 mar. 2023. PRENSKY, M. Digital Game-Based Learning, McGraw-Hill, Universidade da Califórnia, 2001. PLATAFORMA NETFLIX – Disponível em: < <https://www.netflix.com/br/title/80167821> > Acesso em 31 mar. 2023. PLATAFORMA AMAZON – Disponível em: < <https://www.amazon.com/Utawarerumono-Mask-Deception-Playstation-4/dp/B01MR7GOF0> > Acesso em 31 mar. 2023. RABIN, S. (2012). Introduction to Game Development. Addison-Wesley. RAMOS, Jayr Jordão. Os Exercícios Físicos na História e na Arte, 1982. Ibrasa, São Paulo, SP. RAMOS, M. N. Escola do século XIX não consegue atrair jovens. Revista digital, São Paulo, 05 mar. 2015. Disponível em: <https://www.revistadigital.com.br/2015/03/escola-do-seculo-xix-nao-consegue-atrair-jovens/>. Acesso em: 30 set 2020. RAYMUNDO VP. Construção e

validação de instrumentos: um desafio para a psicolinguística. *Letras de Hoje*. 2009;44(3):86-93. SALEN, K; ZIMMERMAN, E. *RULES OF PLAY: Game design fundamentals*. Cambridge, MA: MIT Press. 2004. SCHELL, JESSE. *The Art of Game Design: A Book of Lenses*. Morgan Kaufmann Publishers, 2008. p.3. SCHUYTEMA, P. *The Ultimate Guide to Video Game Writing and Design*. Lone Eagle Publishing, 2008. p. 7. SHELDON, L. (2017). *The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game*. Cengage Learning. SIEMENS, G. *CONECTIVISMO: Uma teoria de Aprendizagem para a idade digital*. 2004. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/53538608-Conectivismo-uma-teoria-da-aprendizagem-para-a-era-digital.html> > Acesso em 16 jan. 2023. SOUZA, A de M, *A relevância dos indicadores educacionais para a educação básica: informações e decisões*, 2005. Petrópolis, RJ. *UNIVERSO NERD*: Disponível em: Acesso em 27 mar. 2023. YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Palavras-chave: educação, aprendizagem tangencial, jogos digitais, radiologia.

Trabalho 34**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Calibração e Utilização do Cartão Dosimétrico para Mamografia em Estimativas da Dose Glandular Média em Pacientes submetidos a Exames de Mamografia**Autor principal:** NATHALIA INGRID DE LIMA CONSTÂNCIO**Autores:** Cláudio José Mesquita Menezes**Instituição:** Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste- CRCN-NE**Cidade-UF:** Recife-PE

O câncer de mama é o tipo de câncer com maior incidência em mulheres em todo o mundo, sendo que em 2020 foram estimados aproximadamente 2,3 milhões de novos casos. No Brasil, também corresponde a principal causa de morte por câncer em mulheres, com 684.996 óbitos estimados neste mesmo ano (INCA - 2020). A mamografia é a principal aliada no diagnóstico precoce do câncer de mama, pois é o exame que revela a presença de tumores malignos em estágios ainda assintomáticos da doença e, associado ao autoexame de mama, torna-se a maneira mais eficaz de detecção. Para garantir que os exames sejam realizados com qualidade e dentro dos parâmetros técnicos ideais, o Programa Nacional de Qualidade em Mamografia (PNQM) tornou obrigatório em todo território nacional realizar todos os testes de controle de qualidade nos equipamentos mamográficos, seguindo a Instrução Normativa vigente (IN nº92/2021 da ANVISA). Para que a mamografia possa cumprir o seu objetivo, são requeridos ainda o controle da dose da radiação recebida pela paciente, a qualidade da imagem, além da interpretação diagnóstica pelo médico radiologista. Para tanto, são necessários equipamentos específicos e em perfeitas condições de funcionamento, técnica radiológica rigorosa e posicionamentos corretos, assim como uma interpretação adequada (INCA, 2023). Para realizar as medições serão utilizados o Cartão Dosimétrico para Mamografia (CDM), desenvolvido por Menezes, C. et al, utilizando (Dosímetros Termoluminescentes (TLD's) do tipo fluoreto de lítio (LiF 100). Os TLD's serão selecionados e calibrados em feixe padrão de uma fonte de Césio 137 (Cs-137) do Laboratório de Metrologia do CRCN-NE. Os mesmos serão inseridos no CDM, proporcionando um dispositivo de fácil manuseio, de baixo custo e que pode ser enviado para fazer medições externas por via postal. Para um estudo piloto as medições serão realizadas nos mamógrafos Lorad M III (CRCN-NE) e clínicas parceiras, utilizando o controle automático de exposição. Nas irradiações o CDM será colocado sobre o simulador de mama ACR, sendo posteriormente lidos no Laboratório de Dosimetria para que as leituras sejam analisadas. Os resultados obtidos serão comparados com as medições realizadas com um detector multipropósito Piranha Black da RTI e os valores das doses de

referência para mamografia. Os resultados obtidos, serão utilizados para a estimativa da dose glandular média em mulheres submetidas à exames de mamografia.

Referências bibliográficas: INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. Estimativa 2023: incidência do Câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2019. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. Qualidade da Mamografia . Rio de Janeiro: INCA 2023. DESENVOLVIMENTO DE UM CARTÃO DOSIMÉTRICO PARA MAMOGRAFIA, Cláudio J. M. Menezes, Suy F. Hwang, Walber A. Castro e João E. Peixoto, CRCN 2002.

Palavras-chave: Mamografia, controle de qualidade, dosimetria, câncer de mama.

Trabalho 35**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Comparação de métodos volumétrico e gravimétrico na calibração de ativímetros**Autor principal:** VINICIUS DA COSTA SILVEIRA**Autores:** PAULO GONÇALVES DA CUNHA; ISABELLE DA ROCHA PEDRO; LUÍS ALEXANDRE GONÇALVES MAGALHÃES.**Instituição:** LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS RADIOLÓGICAS DA UERJ**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO - RJ

Introdução: A calibração de ativímetros usados na medicina nuclear envolve a comparação entre uma medição de atividade realizada em um instrumento de referência (calibrado com uma fonte padrão com 4 mL contida em um frasco 10R da Schott fornecida pelo LNMRI/IRD) e no instrumento a ser calibrado. Considerando que, para um dado radionuclídeo, as medições de atividade são influenciadas pelo tipo e geometria do recipiente que contém o material radioativo e, que os recipientes mais utilizados na medicina nuclear são seringas, é necessário determinar fatores de correlação entre esses dois recipientes. Nesse processo, um percentual do volume do radionuclídeo contido no frasco 10R Schott deve ser transferido para a seringa. A transferência da massa/volume é realizada pela aspiração por pipetas. O percentual "p" pode ser determinado através de medições da massa transferida em balança de precisão ou, da atividade, em ativímetros. O objetivo desse trabalho é avaliar, em qual dessas duas metodologias, a precisão da pipetagem possui menor impacto. O estudo foi realizado aspirando 0,2 mL de um frasco 10R contendo 4 mL de solução. Nesse caso: $p=5\%$. Materiais e Métodos: Foram utilizadas: uma balança (Shimadzu e AUY220), ativímetros Capintec 25R e pipetas Eppendorf (volume fixo de 200 μL e variável de 5000 μL). No período de 2021 a 2024 foram realizados experimentos com o objetivo de avaliar erros de pipetagem por intermédio de medições de atividade, em diferentes ativímetros, locais e operadores. Adicionalmente, a reprodutibilidade dos processos de inserir 4 mL de água no frasco 10R e de aspiração de 0,2 mL, foi calculada por gravimetria, onde a massa inserida e aspirada foi medida individualmente em 9 frascos. Resultados: Os resultados dos experimentos envolvendo medições de atividade em diferentes ativímetros, locais e técnicos apresentaram uma reprodutibilidade pobre. Os erros de pipetagem em relação ao valor nominal aspirado variaram de 0,1% a 19%. Em relação as medições gravimétricas, o valor médio da massa inserida no frasco 10R, por pipetagem, foi 3,959 g com coeficiente de variação (CV) de $\pm 0,25\%$. O valor médio da massa aspirada foi de 0,200 mg com CV de $\pm 0,25\%$. Os erros percentuais na aspiração variaram de 0,5% a 1,5%. Conclusão: Apesar da pobre

reprodutibilidade da pipetagem quando avaliada por medições de atividade, foi observado que alguns técnicos obtiveram erros pequenos do volume aspirado quando comparado com o valor nominal. O processo de pipetagem avaliado pelo método gravimétrico apresentou resultados significativamente melhores. Contudo, deve ser ressaltado que essa etapa do estudo foi realizada por apenas um físico. Os resultados indicam que para obter resultados confiáveis é necessário que o operador de pipetas tenha boa habilidade no seu manuseio. Nessa situação, não é necessário a utilização de balanças de precisão no processo de calibração de ativímetros, embora possam contribuir para a melhora dos resultados.

Referências bibliográficas: International Atomic Energy Agency, Quality Assurance for Radioactivity Measurement in Nuclear Medicine, Technical Reports Series No. 454, Vienna, 2006. Xue Li Guan, Dorothy Pei Shan Chang, Zhen Xuan Mok, Bernett Lee. "Assessing variations in manual pipetting: An under-investigated requirement of good laboratory practice" *Journal of Mass Spectrometry and Advances in the Clinical Lab* 30 (2023) 25–29 BIPM – CMCs Brazil, LNMRI/IRD (Laboratorio Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, IRD). 2019 [<https://www.bipm.org/kcdb/cmc/quicksearch?includedFilters=&excludedFilters=cmcDomain.CHEMBIO%2CcmcDomain.PHYSICS%2CcmcQuantity.Absorbed+dose%2Frate+to+water&page=0&keywords=Brazil>] CIEMAT “PCA: Protocolo para la calibración y el uso de activímetros”. Documento de consenso entre la Sociedad Española de Medicina Nuclear, Sociedad Española de Física Médica, Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del CIEMAT, Sociedad Española de Protección Radiológica, Radiofarmacia, 2003

Palavras-chave: Ativímetro 1, Pipetas 2, balança precisão 3, medicina nuclear 4.

Trabalho 36**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Desenvolvimento de Biossensores: Uma Abordagem Multifuncional.**Autor principal:** JOÃO NILTON DA CONCEIÇÃO BANDEIRA**Autores:** FABIANE MODENESE GARBIM, JOYCE SOBREIRO FRANCISCO DIZ DE ALMEIDA, ÁLVARO JOSÉ BOARETO-MENDES, FERNANDO MANUEL ARAÚJO-MOREIRA**Instituição:** INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA - IME**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO

Os estudos de sistemas micro e macro da esfera químico-nuclear estão repletos de desafios que camuflam oportunidades distintas e muitas vezes paralelas. É natural pensar sobre avanço tecnológico, geração de energia, aplicações em saúde curativa e diagnóstica, segurança e defesa, instrumentação nuclear, eletrônica e outras frentes. Visando essas oportunidades e desafios, o presente trabalho assume uma postura ímpar e inovadora, combinando conhecimentos multidisciplinares para inserção de novas tecnologias no campo da instrumentação nuclear. A partir da oportunidade entre a química nuclear, física nuclear, biotecnologia, bioprocessos e outros é concebida a ideia do desenvolvimento de um biossensor capaz de detectar Agentes de Guerra Química (AGQ) e Radiações Ionizantes (RI). Iniciado os estudos em três frentes (pesquisa, simulação, desenvolvimento prático), é esperada a criação de um dispositivo com tais características de detecção, sendo altamente sensíveis, seletivos, compactos, de baixo custo, respostas em curto espaço de tempo e outras possibilidades associados ao bom funcionamento de um biossensor. Assim, a utilização de novos dispositivos (por exemplo, biossensores) torna-se um campo vasto e menos oneroso para implementar um monitoramento eficiente para ambos setores. Desta maneira, já iniciados os estudos *in silico* para o desenvolvimento de biossensores enzimáticos, que posteriormente serão construídos e testados *in vitro* e *in loco* em amostras ambientais. Os conceitos para o desenvolvimento do biossensor baseiam-se em estudos teóricos de sistemas bioquímicos voltados para essa aplicação, paralelamente com modelagens moleculares (dockings), com cálculos quânticos e com simulações computacionais para identificação das fronteiras dos sistemas envolvidos, resultando na criação da ferramenta/dispositivo. Para o desenvolvimento das simulações, dividem-se em três partes. A primeira parte envolve os estudos de ancoramento molecular entre as enzimas acetilcolinesterase e butirilcolinesterase e os principais agentes de guerra química (AGQ). Esses AGQ são compostos organofosforados, capazes de inibir os alvos moleculares e causar síndrome conlinérgica em seres humanos e animais. Para essa etapa, dois modelos

de receptores foram construídos e validados, a partir de estruturas cristalográficas depositadas no banco de dados Protein Data Bank. As estruturas tridimensionais foram construídas utilizando o programa Spartan'08. Em seguida, estudos de docking foram realizados utilizando o programa Molegro Virtual Docker (MVD) ® e os resultados foram avaliados de acordo com a energia de interação e resíduos de interação com as duas. Na segunda etapa, também em andamento, foca-se na detecção da radiação ionizante, realizando para tanto simulações computacionais com o código MCNPX (código de transporte de radiação Monte Carlo de uso geral, energia contínua, geometria generalizada, dependente do tempo). Por fim, a terceira etapa será a construção do biossensor, utilizando como ponto de partida os resultados anteriores. Assim sendo, espera-se contribuir para o desenvolvimento de tecnologia nacional, com potencial aplicação pela Indústria Brasileira.

Referências bibliográficas: RCSB PROTEIN DATA BANK (RCSB - PDB). Computed Structure Models (CSM). ELETROPHORUS ELETRICUS ACETYLCHOLINESTERASE. Link for access: < <https://www.rcsb.org/>>. Accessed on 20, Nov, 2023. PC Spartan'08 for windows, macintosh and linux. Molecular modeling for desktop. Wavefunction, Inc., Japan Branch Office. Spartan'08 is a collaboration with Q-Chem, Inc. 2006 - 2009. Thomsen, R.; Christensen, M.H. MolDock: A New Technique for High-Accuracy Molecular Docking. J. Med. Chem. 2006, 49, 3315–3321. John S. Hendricks et. al., MCNPX EXTENSIONS VERSION 2.6.0, Los Alamos National Laboratory, LA-UR-08-2216 (2008). Material obtido a partir dos apontamentos do prof. Luiz Ferraz Netto. Sinais Elétricos: Formas de Ondas. Acesso virtual. Disponível em: . Acesso em: 15 de jan. de 2024. TAUHATA, L. et al. RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA: FUNDAMENTOS. 10ª revisão. Rio de Janeiro-Brasil (2014).

Palavras-chave: Radiações-Ionizantes, Organofosforados, Biossensores.

Trabalho 37**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Occupational dose assessment using TLD and Monte Carlo simulation**Autor principal:** MAX DA SILVA FERREIRA**Autores:** Elisabeth Mateus Yoshimura**Instituição:** Universidade de São Paulo**Cidade-UF:** São Paulo - SP

The Dosimetry Laboratory of the Institute of Physics of the University of São Paulo has developed a new dosimeter for photon personal dosimetry. This new dosimeter uses two pairs of thermoluminescent detectors (TLD), CaF₂:binder and LiF:Mg, Ti. One detector of each pair is covered by a 0.1mm thick copper filter. The response of this dosimeter was studied using Monte Carlo simulation to obtain correction factor reliable for the angular and energetic dependence of the TLDs. In many cases, to measure dose accurately it is necessary to know the X and gamma-ray field energy. This task is not trivial for occupational monitoring. Dosimeters that use more than one type of TLD with filters can provide information about the photon mean energy of the beam, and this makes it possible to estimate the appropriate occupational dose. Through the ratio between different types of TLDs, with and without filter, dose correction factors can be obtained associated with the field energy. The factors obtained from the simulation can be part of the dose calculation algorithm of the individual dosimetry system if the simulation is validated. Therefore, the main goal of this study is to present the performance of the new individual dosimetry system of the Dosimetry Laboratory of the Institute of Physics of the University of São Paulo using the requirements of the Brazilian Authority regulation for angular and energy dependence. The dose calculation algorithm of the new system calculates the occupational dose using the MCNPX Monte Carlo code. Thus, the problem consisted of simulating the energy deposition in TLDs placed on the face of an ISO slab phantom using photon beams of different energies. To validate the simulation, photon spectra of X-ray beams were simulated with the same effective energy as the experimental beams, ranging from 15 keV to 1250 keV. The uncertainties from the simulation results were in the order of 0.05%. The biggest difference between the simulated and experimental response of the TLD of the new dosimeter occurred in the lower energy beams, being 16% for CaF₂ and 9% for LiF. With the simulation validated, the ratios between filtered and bare TLD were associated with the photon field energy. The dose correction factors were calculated from simulated results with monoenergetic photon fields, with energies ranging from 20 keV to 1.25 MeV. The dose calculation algorithm was formed using dose correction factors calculated from the

simulation. Irradiations were carried out based on the Brazilian Authority regulation for angular and energy dependence. The system presented good performance, meeting the requirements of Brazilian regulations for energy and angular dependence. With beam energies between 22 keV and 1250 keV, the normalized evaluated doses were between 0.93 ± 0.06 and 1.07 ± 0.13 . With angles varying between 0° and $\pm 60^\circ$, the normalized average evaluated dose was 1.06 ± 0.08 . The design of the dosimeter with filters and different types of TLD proved to be efficient, even when working with well-angled irradiations and varying energies, the new dosimetry system determines adequately the energy and absorbed dose.

Referências bibliográficas: Umisedo N K et al. 2020 Development of a mechanically resistant fluorite-based pellet to be used in personal dosimetry Radiat. Meas. 134 106330. IRD. IRD-RT n. 002.01/95-Desempenho de Sistemas de Monitoração Individual: Critérios e Condições. Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN) (1995). MCNP A 2003 General Monte-Carlo N-Particle Transport Code, Version 5. University of California, Los Alamos National Laboratory. Guimarães C C 2005 Monitoração Individual Externa: Experimentos e Simulações Ph.D Thesis University of São Paulo, Brazil.

Palavras-chave: Individual dosimetry system, Monte Carlo code, dose calculation algorithm, photon dose.

Trabalho 38**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Validation of NaI(Tl): An Analytical Calibration Tool to Provide in situ Traceability of Radiopharmaceuticals in Brazil**Autor principal:** DAYANA AZEREDO DA CONCEIÇÃO**Autores:** José Ubiratan Delgado; Octávio Luiz Trindade Filho**Instituição:** IRD/CNEN**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

Thallium-activated sodium iodide (NaI(Tl)) detection systems are used to identify and analyze samples of gamma-emitting radionuclides due to their superior stability, robustness, efficiency and minimum detectable activity (AMD). But due to their low energy resolution when compared to semiconductors, their use is restricted to those radionuclides with defined energies separated along the spectrum. Thus, NaI(Tl) can be used as a transfer instrument to calibrate activimeters. Whatever the purpose, NaI(Tl) must ensure, via analysis, tests and evidence, that the results are reliable. This becomes feasible through method validation and inter-laboratory comparison with a reference detection system, such as an ionization chamber. This work aims to evaluate the performance of NaI(Tl) in order to provide traceability to the main radiopharmaceuticals used in the country. For this reason, a spectrometric setup was developed with a 2.44 x 4.25-inch Osprey - DTB (Canberra) inorganic scintillator detector of the portable planar type. The method consisted of carrying out experiments with certified radioactive sources of ^{241}Am and ^{137}Cs . Different essential indicator parameters will be evaluated to characterize the performance and validate the detection system, namely: linearity, effect of varying environmental conditions, background radiation, resolution, dead time, selectivity, AMD, test for sample positioning, detection efficiency and robustness. The analysis of the indicators is based on statistical methods. The results of the main indicators are highlighted below. Resolution and background radiation were evaluated using the control chart statistical method. For resolution, the system's good ability to discriminate the energies in the spectra within the range predicted for NaI(Tl) was evident and, with regard to background radiation, all the points remained between the upper and lower control limits. The results of the linearity between 40 keV and 800 keV proved that there is a proportion between the response of the measurement system as a function of the activity of the sources and the profile of the residues. The dead time for all measurements carried out in this system did not exceed 3.9%. For efficiency as a function of energy, the comparison between the measured value and the certified value was around 1%. The minimum detectable activity for ^{241}Am and

^{137}Cs were 4 and 9 Bq, respectively, in the ampoule geometry. The ANOVA statistical test, F test, verified that the means in each sample positioning test are considered equal. The control parameters adopted here proved to be suitable for evaluating the performance in terms of characterizing and validating the proposed detection system. The overall analysis proved to be compatible, not only in terms of the traceability conditions, but also the robustness of the data obtained. In short, this phase of characterizing the spectrometric setup demonstrated the ability to carry out an inter-laboratory comparison with a reference detection system, traced to the BIPM, such as a well-type ionization chamber. The proposed methodology will then provide in situ calibration of the activimeters that monitor the main radiopharmaceuticals used in nuclear medicine services.

Referências bibliográficas: IAEA, 2014, Quantitative Nuclear Medicine Imaging: Concepts, Requirements and Methods, International Atomic Energy Agency, Human Health Reports No 9. SAHA, G. B., 2004, Fundamentals of Nuclear Pharmacy. Fifth Edition. Springer. C. MICHOTTE, C ; NONIS, M ; ARENILLAS, P ; CERUTTI, G ; JOSÉ DA SILVA, CARLOS ; ALBERTO LIMA DA CRUZ, PAULO ; SIMÕES MOREIRA, DENISE ; IWAHARA, Akira ; UBIRATAN DELGADO, JOSÉ ; POLEDNA, ROBERTO ; LINS DA SILVA, RONALDO ; EDUARDO DE OLIVEIRA, ANTÔNIO ; DOS SANTOS GOMES, RÉGIO, 2013, Activity measurements of the radionuclide $^{99\text{m}}\text{Tc}$ for the CNEA, Argentina and the LNMRI/IRD, Brazil in the ongoing comparison BIPM.RI(II)-K4. $^{99\text{m}}\text{Tc}$, Metrologia (Online), v. 50, p. 06023-06023. ISO/20042:2019, Measurement of radioactivity — Gamma-ray emitting radionuclides — Generic test method using gamma-ray spectrometry. ISO/17025:2017, Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. 3^o edição, ABNT NBR, Rio de Janeiro, RJ. ISBN:978-85-07-07368-0.

Palavras-chave: NaI(Tl), method validations, performance indicator parameters, activimeter calibrations

Trabalho 39**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Simulação matemática**Título:** Atmospheric dispersion of radioactive materials modeling driven by the advection-diffusion equation**Autor principal:** RODRIGO CARNEIRO CURZIO**Autores:** Claudio José Ferro de Sá Ferreira Vasconcelos; Gabriel Flintz Fraga Marques; Alexandre Goes de Oliveira Cordeiro; Thiago de Medeiros Silveira e Silva; Edson Ramos de Andrade**Instituição:** Instituto Militar de Engenharia; Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

The study aims to model the dispersion of radioactive materials in the atmosphere, an essential aspect of nuclear safety, radioactive waste management, and emergency planning for accidents at nuclear power plants or deliberate actions. The approach is based on the one-dimensional diffusion-advection equation, well-established in the literature for predicting the movement and spread of contaminants in the atmosphere. In addition to the advective and diffusive transport terms in this equation, the study analyzes the effects of different source terms representing various chemical processes on the distribution of radioactive materials in the atmosphere. Considering these source terms is relevant as it helps us understand dispersion patterns and the potential environmental and health impacts associated with accidental or deliberate off-site releases of radionuclides. To investigate these aspects, a hypothetical accident at a Pressurized Water Reactor (PWR) nuclear power plant was considered, releasing core material into the environment. Two hypothetical cases of source terms were evaluated, governed by 1st and 2nd order kinetics (cases 1 and 2, respectively). These choices were based on considerations found in the literature, covering different possible scenarios. The problem was solved using pre-established initial and boundary conditions to ensure physical consistency in the two case studies analyzed. The Finite Difference Method was used to build the numerical model, employing implicit and explicit approaches. This method was chosen for its proven effectiveness in real applications in physics and engineering. The simulation was performed using MATLAB software due to its versatility and available data analysis and visualization resources. In hypothetical case 1, the results demonstrated the effectiveness of the proposed methodology in controlling numerical stability, especially with explicit discretization schemes, which are conditionally stable. In case 2, it was found that the implicit scheme is an unconditionally stable method, as the solutions presented physically coherent behavior for different

spacings in the spatial domain. Furthermore, in both cases, the study of mesh independence was crucial for obtaining the numerical solution, allowing us to identify the point where the results do not suffer sudden variations within the tolerance, allowing for numerical precision to minimize the computational effort. The findings of this study significantly contribute to the understanding and improvement of numerical methods used in modeling events with uncontrolled releases of radioactive materials into the atmosphere, allowing for the most appropriate choice depending on the scenario faced. Furthermore, they provide essential input for developing risk management strategies and environmental protection policies in areas affected by uncontrolled releases, facilitating effective responses and decision-making in radiological and nuclear emergencies.

Referências bibliográficas: ANDRADE, C. P. S. et al. Support to triage and public risk perception considering long-term response to a Cs-137 radiological dispersive device scenario. *Toxicology and Industrial Health*, v. 34, n. 6, p. 433–438, 17 abr. 2018. ANDRADE, E. R. et al. Evaluating urban resilience in a disruptive radioactive event. *Progress in Nuclear Energy*, v. 147, 1 maio 2022. BIRD, R. B. Transport phenomena. *Appl. Mech. Rev.*, v. 55, n. 1, p. R1–R4, 2002. BLOCKEN, B. et al. Numerical Study on the Existence of the Venturi Effect in Passages between Perpendicular Buildings. *Journal of Engineering Mechanics*, v. 134, n. 12, p. 1021–1028, 1 dez. 2008. BOÇON, F. T. Modelagem matemática do escoamento e da dispersão de poluentes na microescala atmosférica. 1998. MUSOLINO, S. V.; DEFRANCO, J.; SCHLUECK, R. THE ALARA PRINCIPLE IN THE CONTEXT OF A RADIOLOGICAL OR NUCLEAR EMERGENCY. *Health Physics*, v. 94, n. 2, 2008. OZDEMIR, E. et al. Aerosol deposition and dispersion during nuclear reactor decommissioning. *Nuclear Engineering and Design*, v. 414, p. 112623, 2023. PATANKAR, S. Numerical heat transfer and fluid flow. [s.l.] Taylor & Francis, 2018. SCHLICHTING, J. E. P. T. et al. Schlichting test voor taalproductie. [s.l.] Swets & Zeitlinger Lisse, Netherlands, 2003. SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change. [s.l.] John Wiley & Sons, 2016.

Palavras-chave: computer simulation; atmospheric dispersion, radioactive materials; finite difference method

Trabalho 40**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Levantamento da Qualidade dos Equipamentos de Mamografia Disponibilizados no SUS na Cidade do Recife.**Autor principal:** MAYARA LETÍCIA FALCÃO DA SILVA**Autores:****Instituição:** CENTRO REGIONAL DE CIÊNCIAS NUCLEARES DO NORDESTE**Cidade-UF:** PE

A mamografia é mundialmente reconhecida como uma especialidade do radiodiagnóstico de grande importância e considerada o padrão ouro para detecção precoce do Câncer de Mama ainda em seu estágio inicial. Esta técnica possibilita tratamentos menos invasivos e cura. Para tal, é necessário que estes equipamentos operem de forma otimizada, com os testes de aceitação e controle de qualidade de acordo com as normas vigentes, como Portaria 2898/2013, que atualizou o Programa Nacional de Qualidade em Mamografia (PNQM), a IN 92/2021, e a RDC 611/22 que visam a garantia da qualidade e segurança dos pacientes e trabalhadores. Atualmente, o Brasil conta com aproximadamente 6.334 mamógrafos em uso, de acordo com o Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil (CNES) 2023, 3.059 desses atendem pacientes do Sistema Único de Saúde (SUS). O Nordeste, segundo o último censo realizado em 2022, conta com 1.470 equipamentos de mamografia, sendo 796 operando pelo SUS. Desses apenas 130 no Estado de Pernambuco. E na Capital, Recife, temos à disposição da população o número de 23 mamógrafos atendendo pacientes provenientes do SUS. Diante de tais dados, e dos benefícios indelévels do exame de mamografia, surgiu o questionamento sobre os tipos de equipamentos instalados na capital Recife, porém com foco nos que estão atualmente em uso e disponíveis através do SUS, e a tecnologia utilizada nesses referidos estabelecimentos. Levando em consideração o parecer do Colégio Brasileiro de Radiologia (CBR), que afirma com base em estudo recentes, que as tecnologias Radiografia Digital (DR) e Radiografia Computadorizada (CR) são mais eficazes em detecção precoce do Câncer de Mama em comparação com a Convencional, encontrada na maioria dos serviços de diagnóstico do sistema público. Com isso, o objetivo deste trabalho é averiguar com base nos dados do CNES, DataSus e IBGE se esta cobertura, que é acessível para realização dos exames mamográficos para a população alvo do município, tem a tecnologia empregada em conformidade as requisições solicitadas nas normas vigentes, além de avaliar o grau de conformidade dos testes de garantia da qualidade exigidos pelas IN 92/2021.

Referências bibliográficas: Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por imagem, São Paulo, 1 março 2021. Parecer: Mamografia Digital utilizando tecnologia DR, Placa detectora CR e placa detectora DR. < <https://cbr.org.br/wp-content/uploads/2023/08/PARECER-Mamografia-Digital-utilizando-tecnologia-DR.-placa-detectora-CR-e-placa-detectora-DR-.pdf>> Sistema de Informações de Câncer - SISCAN, (data de atualização dos dados: 20/05/2024) http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/dhdat.exe?siscan/mamografia_residbr.def Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde, consulta de Equipamentos. PE Recife. http://cnes2.datasus.gov.br/Mod_Ind_Equipamento.asp?Estado=26&VMun=261160&VComp=202404 BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria 2.898, de 28 de novembro de 2013. Programa Nacional de Qualidade em Mamografia (PNQM). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília (DF), 2012 mar 27; Seção 1:91 [acesso em 15 maio 2024]. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2013/prt2898_28_11_2013.html BRASIL, Ministério da Saúde. Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil (CNES) [Acesso em: 15 set 2023] Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/gestor-e-profissional-de-saude/controlado-cancer-de-mama/dados-e-numeros/numero-de-mamografos-no-brasil-e-no-sus>

Palavras-chave: mamografia, controle de qualidade, exames de mamografia, câncer de mama

Trabalho 41**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Wet deposition of metallic elements in São Paulo City correlated with ^7Be activity concentration**Autor principal:** LUCIO LEONARDO**Autores:** Potiens, M. P.; Damatto, S. R.; Domingos, R. M.; Monteiro, R. L.; Ulrich, J. C.; Isiki, V. L. K.; Nisti, M. B.; Teixeira, L. F. L.; Alencar, M. M.; Miranda Junior, P.; Máduar, M. F.**Instituição:** Ipen, Centro Univ SAO CAMILO**Cidade-UF:** São Paulo-SP

The study of aerosols in the atmosphere is of great interest in public health due to their potential to cause respiratory diseases. Aerosols originate from natural or anthropogenic sources, and their removal from the atmosphere is related to particle size. Atmospheric pollution tracers can aid in studying this process. Cosmogenic ^7Be , a naturally occurring radionuclide, serves as a tracer for various atmospheric and terrestrial processes. Determining ^7Be activity concentration in wet deposition, combined with meteorological data, helps understand how aerosol particle composition varies during air transport and removal. This study aimed to determine concentrations of metallic elements (Al, As, Ba, Cd, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn) and ions (F^- , Cl^- , N-NO_2^- , N-NO_3^- , SO_4^{2-} , P-PO_4^{3-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^+ , Ca^{++}) in wet deposition at different locations in São Paulo City and correlate them with ^7Be activity concentrations in the same samples. Six precipitation collectors were installed across São Paulo, representing the north, east, central, west, and south regions. Collections occurred weekly for accumulated rainfall exceeding 5mm over one year. Metallic elements and ions were analyzed using ICP-OES and ion chromatography, respectively. ^7Be activity concentrations were determined by high-resolution passive gamma spectrometry using HPGe detectors. ^7Be concentrations ranged from $0.22 \pm 0.02 \text{ Bq L}^{-1}$ to $8.65 \pm 0.52 \text{ Bq L}^{-1}$ in precipitation events with a maximum weekly value of 162 mm. Among the correlations obtained between the analyzed elements and the tracer radionuclide ^7Be , Al and Fe exhibited similar behavior at all collection points for different rainfall rates throughout the study period. ^7Be -traced wet deposition analysis revealed a relationship between the radionuclide and certain metallic elements, suggesting common sources and removal mechanisms. This study provides valuable insights into aerosol composition and transport in São Paulo City, contributing to a better understanding of air quality and potential health impacts.

Referências bibliográficas: ANDRELLO, Avacir Casanova; APPOLONI, Carlos Roberto. Measurements of the fallout flux of beryllium-7 and its variability in the soil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 53, p. 179-184, 2010. BIERNACIK, Dawid; ZALEWSKA, Tamara. ⁷Be, ²¹⁰Pb, airborne particulate matter and PM10 concentrations in relation to meteorological conditions in southern Poland in 1998–2016. *Journal of Environmental Radioactivity*, v. 259, p. 107122, 2023. FENGER, Jes. Urban air quality. *Developments in environmental science*, v. 1, p. 1-52, 2002. GRENIER, M. et al. New insights on the ⁷Be cycle in the ocean. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, v. 194, p. 103967, 2023. SHUKLA, J. B. et al. Effect of rain on removal of a gaseous pollutant and two different particulate matters from the atmosphere of a city. *Mathematical and Computer Modelling*, v. 48, n. 5-6, p. 832-844, 2008. STOLER, Justin; EVANS, Hannah; CASEY, Alexandra. Population Stabilization, Human. *Encyclopedia of Biodiversity*, v.3, p.512-525, 2023. WANG, Huan et al. Temporal variations of ⁷Be and ²¹⁰Pb activity concentrations in the atmospheric aerosols during 2018–2019 in Beijing, China and their correlations with meteorological parameters. *Journal of Environmental Radioactivity*, v. 262, p. 107162, 2023.

Palavras-chave: Aerosols, ⁷Be, Wet Deposition, Metallic Elements.

Trabalho 42**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Impacto da Resolução de Imagens Médicas na Dosimetria Interna Baseada em Voxels**Autor principal:** LEANDERSON PEREIRA CORDEIRO**Autores:** MICHEL DAVID RAED, DANIEL ALEXANDRE BAPTISTA BONIFACIO, VINICIUS SAITO MONTEIRO DE BARROS, JOSÉ WILSON VIEIRA**Instituição:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**Cidade-UF:** RECIFE-PE

A dosimetria interna envolve a estimativa da dose recebida após a incorporação de radionuclídeos no corpo, essencial para monitorar e otimizar a exposição à radiação, sendo fundamental para diagnósticos e tratamentos eficazes (CHENG et al., 2011). Para uma dosimetria a nível de voxel baseada em imagens, a resolução das imagens médicas, como as de tomografia computadorizada (CT), é um parâmetro vital para criar modelos de voxel usados em simulações Monte Carlo (MC) (STOKKE et al., 2017). Este estudo investiga o impacto da redução das dimensões das imagens médicas por interpolação na precisão da dosimetria interna, buscando determinar até que ponto essa redução pode ser feita sem comprometer significativamente as estimativas de dose. Imagens CT de alta resolução permitem criar modelos anatômicos detalhados, essenciais para simulações precisas da distribuição de dose. No entanto, essas imagens aumentam significativamente o tempo de processamento e o custo computacional das simulações MC (REICHELDT et al., 2014). A redução das dimensões das imagens pode melhorar a eficiência dessas simulações, mantendo a precisão das estimativas de dose (KAHALÉA, 2020). Imagens CT de alta resolução foram reduzidas por técnicas de interpolação, gerando conjuntos de dados com várias resoluções. As imagens interpoladas foram usadas para criar modelos de voxel, servindo de base para simulações MC com o software Gate/Geant4. Foram empregadas técnicas de interpolação linear para criar diferentes níveis de redução de resolução. A partir das simulações, a dose absorvida em órgãos e volumes de interesse para cada conjunto de dados interpolados foi estimada. Além disso, foi calculado um fator de qualidade da simulação considerando a precisão das estimativas de dose, a resolução da imagem e o tempo de simulação, para avaliar a eficiência e a precisão das simulações realizadas com diferentes resoluções de imagem (TROFIMETS; TROFIMETS, 2022). Esses resultados foram comparados com simulações de referência baseadas em imagens de alta resolução. Os resultados indicaram que, até certo ponto, a redução da resolução das imagens CT por interpolação não compromete significativamente a precisão das estimativas de dose. No

entanto, além desse ponto, a perda de resolução começa a introduzir erros significativos na dosimetria. Esse ponto crítico de resolução varia dependendo do tipo de tecido e da complexidade anatômica da região de interesse. A análise focou em identificar o nível máximo de redução de resolução que ainda mantém as estimativas de dose dentro de uma margem de erro aceitável. A redução da resolução das imagens CT pode ser uma estratégia eficaz para acelerar o processamento e reduzir o tempo das simulações MC em dosimetria interna, desde que essa redução seja mantida dentro de limites que não comprometam significativamente a precisão das estimativas de dose. Esse equilíbrio entre eficiência computacional e precisão dosimétrica é crucial para otimizar as práticas na medicina nuclear, garantindo diagnósticos e tratamentos mais rápidos sem sacrificar a qualidade dos resultados.

Referências bibliográficas: CHENG, M., ZENG, Q., CAO, R., LI, G., ZHENG, H., HUANG, S., SONG, G., & WU, Y. (2011). Construction of a Voxel Model from CT Images with Density Derived from CT Numbers. *Progress in Nuclear Science and Technology*, 2(0). <https://doi.org/10.15669/pnst.2.237> STOKKE, C., GABIÑA, P. M., SOLNÝ, P., CICONE, F., SANDSTRÖM, M., GLEISNER, K. S., CHIESA, C., SPEZI, E., PAPHITI, M., KONIJNENBERG, M., ALDRIDGE, M., TIPPING, J., WISSMEYER, M., BRANS, B., BACHER, K., KOBE, C., & FLUX, G. (2017). Dosimetry-based treatment planning for molecular radiotherapy: A summary of the 2017 report from the Internal Dosimetry Task Force. In *EJNMMI Physics* (Vol. 4, Issue 1). <https://doi.org/10.1186/s40658-017-0194-3> REICHELDT, U., SOMMER, D., & HENNIGER, J. (2014). Handling of high resolution imaging data for usage in Monte Carlo calculations. *Progress in Nuclear Science and Technology*, 4. <https://doi.org/10.15669/pnst.4.476> KAHALÉA, N. (2020). Randomized dimension reduction for monte carlo simulations. *Management Science*, 66(3). <https://doi.org/10.1287/mnsc.2018.3250> TROFIMETS, E., & TROFIMETS, V. (2022). Simulation statistical modeling in the study of the laws of large numbers. *Journal of Physics: Conference Series*, 2373(6). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2373/6/062016>

Palavras-chave: Monte Carlo, Medicina Nuclear, Processamento de Imagens, Modelos de Voxel

Trabalho 43**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Activity concentration of ^{40}K in bananas: comparison of different preparation methods described in the literature**Autor principal:** NADIA RODRIGUES DOS SANTOS**Autores:** Alessandro Mariano Domingues; Isabella Soares de Souza; Carlos Omar Pastrana Orejuela; Ademir Xavier da Silva; Edmilson Monteiro de Souza; Inayá Corrêa Barbosa Lima**Instituição:** Universidade Federal do Rio de Janeiro**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

Bananas are among the most produced, traded, and consumed fruits worldwide. The fruit is popular for its texture, aroma, convenience of peeling and eating, moreover being an ideal source of potassium intake. Potassium, on the other hand, plays several roles in the human body. The ^{40}K is a natural radionuclide with a long half-life, it has an important source of background radiation and is also found in food. In this context, this study aims to compare the activity concentration of ^{40}K present in fresh and frozen samples of organic bananas from Pedra Branca State Park (PEPB, acronym in Portuguese) with values found in specific literature. The PEPB, located in the municipality of Rio de Janeiro, has some organic farms. Due to its geological formation, the region is made up of a different lithology, involving granitoid and gneisses which may potentially contain higher concentrations of natural radionuclides. Fresh and frozen samples of four types of bananas were analyzed by gamma spectrometry technique using a high-purity germanium detector (HPGe) in a 28800s counting time. The software LabSocs (Laboratory Sourceless Calibration Software) was used to simulate the efficiency and corrections due to self-attenuation. At the same time intervals and sample geometry, the background spectrum of the samples was obtained. The ^{40}K activity concentrations were calculated and the results were compared with the activity concentrations of ^{40}K in various types of bananas presented in 8 studies from specific literature. These studies analyzed various banana cultivars from different growing areas in Brazil and worldwide with samples processed in distinct manners, such as fresh, dried, and ashed. The highest ^{40}K activity concentration in organic bananas from PEPB was 103 ± 16 Bq.kg⁻¹ and the lowest was 77 ± 12 Bq.kg⁻¹. In the studies selected to compare, the highest and lowest activity concentration values, in a total of 18, were $180,5$ Bq.kg⁻¹ and 68.37 ± 8.15 Bq.kg⁻¹, respectively. In the reference studies, variations were noted in sample preparation, counting time, and gamma radiation measurement systems, which may account for some of the discrepancies observed. Furthermore, cultivation sites with varying features

and diverse agricultural practices can impact the measurements obtained. The values for the organic bananas are in agreement with the references. This work may provide data suggesting that gamma spectrometry analysis of frozen fresh samples does not compromise the results.

Referências bibliográficas: AL-DAIRI, Mai et al. Postharvest quality, technologies, and strategies to reduce losses along the supply chain of banana: A review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 134, p. 177-191, 2023. BAGÁN, Héctor et al. Active teaching strategies for introducing radioanalytical techniques in analytical chemistry master degree: 40 K determination in Bananas. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 322, p. 1905-1914, 2019. BARBOSA, Conceição Sant'Anna Lima. IMPORTÂNCIA E ATUAÇÃO DOS SAIS MINERAIS NO ORGANISMO. BARBOSA, D. R. GEOTURISMO, Geodiversidade. Patrimônio Geomorfológico no trecho sul do Parque Estadual da Pedra Branca (Rio de Janeiro). 2022. BUFFON, Sergio Alfredo. Integração de dados geofísicos e geológicos na avaliação ambiental e epidemiológica de radiações naturais (radônio) no escudo Sul-Riograndense (RS-Brasil). 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). Markets and trade: Bananas. <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/bananas/en/> GEORGE, Reetta Sara et al. Assessment of radionuclides activity and radiation level in banana samples collected from Kerala and Delhi NCR. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 333, n. 3, p. 1597-1601, 2024. HESSENTHALER, Lisa. Measuring the activity of different food with gamma spectroscopy: 5CP project course. 2023. LEENSON, I. A. How radioactive are you?. *Journal of Chemical Education*, v. 83, n. 2, p. 214, 2006. PEREIRA, Aline; MARASCHIN, Marcelo. Banana (*Musa spp*) from peel to pulp: ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. *Journal of ethnopharmacology*, v. 160, p. 149-163, 2015. SHANTHI, G. et al. Natural radionuclides in the South Indian foods and their annual dose. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, v. 619, n. 1-3, p. 436-440, 2010. SOWOLE, O.; OLANIYI, O. E. Assessment of radioactivity concentrations and effective of radionuclides in selected fruits from major markets at Ijebu-Ode in Ogun State, southwest of Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, v. 22, n. 1, p. 95-98, 2018.

Palavras-chave: Frozen sample, organic bananas, gamma spectrometry, HPGe.

Trabalho 44**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Análise do Conhecimento de Profissionais sobre Proteção Radiológica: uma Revisão Integrativa**Autor principal:** ISADORA TOMANQUEVES COSTA**Autores:** Francieli Bernardo Ribeiro, Florencia Agustina Perez Gutierrez, Apolinário de Oliveira Botelho, Daiane Cristini Barbosa de Souza**Instituição:** Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 88020-300, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.**Cidade-UF:** Florianópolis - SC

A radiação ionizante tem sido utilizada em procedimentos médicos desde sua descoberta. Atualmente, existem normas e regulamentações para o uso da radiação de forma segura, estabelecidas tanto por órgãos nacionais quanto internacionais, como a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP). A ICRP é uma das instituições internacionais criadas para promover, em benefício público, a ciência da proteção contra a radiação, baseando-se em três princípios fundamentais: justificção, otimização e aplicação de limites de dose. Com o objetivo de avaliar o conhecimento dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) sobre o tema, esta revisão de literatura procura documentar os principais estudos realizados a nível mundial sobre o conhecimento de profissionais e estudantes na área de proteção radiológica. Para isso, foram coletados dados de pesquisas com IOEs, publicados em artigos dos últimos quatro anos, relacionando o conhecimento dos profissionais com sua prática diária. Embora muitos entrevistados possuam formação adicional na área de proteção radiológica, é evidente que a atualização contínua sobre as regulamentações é essencial. Muitos participantes demonstram falta de conhecimento ao responder incorretamente a algumas perguntas dos questionários, além de negligenciar o uso de vestimentas de proteção radiológica e dosímetros, demonstrando descaso. Os autores sugerem a implementação e aprimoramento de treinamentos periódicos para os IOEs, assim como para outros profissionais de saúde da equipe multiprofissional, a fim de garantir a proteção tanto dos profissionais quanto dos pacientes.

Referências bibliográficas: Soares, J.C.A.C.R. Princípios básicos de física em radiodiagnóstico. Colégio Brasileiro de Radiologia. São Paulo, 2. ed. rev. 2008. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP, ICRP Publication 103. Ministério da Saúde. Portaria SVS/MS N° 453. Secretaria de Vigilância

Sanitária. Brasil. 1 de Junho de 1998. Elmorabit N., Obtel M., Azougagh M., Ennibi O., Radiation protection knowledge and practices among Moroccan dentists: A cross-sectional study, *Radiation Medicine and Protection*, 2024. Aldahery ST. Assessment of radiographers' knowledge about radiation doses and DRLs in computed tomography departments in Jeddah, Saudi Arabia: A cross-sectional study. *Saudi Pharm J*. 2023;31(11):101820. doi:10.1016/j.jsps.2023.101820 Abuelhia E, Alghamdi A, Tajaldeen A, et al. Dental Undergraduates and Interns' Awareness, Attitudes, and Perception of Radiological Protection. *Int J Dent*. 2022;2022:5812627. Published 2022 May 9. doi:10.1155/2022/5812627 Bhinder J, Fakhoury E, O'Brien-Irr M, et al. National survey of vascular surgery residents and fellows on radiation exposure and safety practices. *J Vasc Surg*. 2022;76(1):274-279.e1. doi:10.1016/j.jvs.2021.12.080 Jafri MA, Farrukh S, Zafar R, Ilyas N. A survey on radiation protection awareness at various hospitals in Karachi, Pakistan. *Heliyon*. 2022;8(11):e11236. Published 2022 Oct 27. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e11236 Zekioglu A., Parlar S., Investigation of awareness level concerning radiation safety among healthcare professionals who work in a radiation environment, *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, Volume 14, Issue 1, 2021, Pages 1-8, ISSN 1687-8507, <https://doi.org/10.1080/16878507.2020.1777657>. Rahimi AM, Nurdin I, Ismail S, Khalil A. Malaysian Nurses' Knowledge of Radiation Protection: A Cross-Sectional Study. *Radiol Res Pract*. 2021;2021:5566654. Published 2021 Aug 4. doi:10.1155/2021/5566654 Shanmugam KMA, Madiyal A, Bhat S, Jelani SDAB. Knowledge, attitude and practice of dental house surgeons and undergraduate students towards radiation safety and protection: A questionnaire based survey. *Stomatologija*. 2021;23(3):80-85. Maharjan S, Parajuli K, Sah S, Poudel U. Knowledge of radiation protection among radiology professionals and students: A medical college-based study. *Eur J Radiol Open*. 2020;7:100287. Published 2020 Nov 22. doi:10.1016/j.ejro.2020.100287

Palavras-chave: Proteção Radiológica, Conhecimento, Saúde Pública, Segurança Ocupacional.

Trabalho 45**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Prompt response to radiological emergency: application assists using AI and machine learning in accident management.**Autor principal:** EDUARDO BONFIM DE PAULA**Autores:** José Ubiratan Delgado**Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

One of the most important aspects of managing a radiological emergency is the ability to promptly determine and take appropriate action to protect emergency worker members, individuals from the public, and the environment. The Delphi language was quite widespread in the 1990s which, to date, has been shown to be effective for commercial automation, but presents difficulties in compiling for Android. In the near future, it is possible to update this application in Delphi to the Python language that meets the expectations of machine learning and AI, combining a vast library and great application versatility with the tools, generic procedures and data necessary to support the emergency coordinator, the radiological evaluator or members of a generic group that organize the response in the event of a radiological accident. The aim is also to provide practical guidance for the first responders who will act during the first hours of a radiological emergency, as well as for the national authorities who would support this initial response. The software will be available in Spanish, English and Portuguese and is based on the Radiological First Responders (EPR) manual, published in 2006 as part of the IAEA document, Emergency Preparedness and Response Series, as well as another document (IAEA-TECDOC-1162). The proposed procedures provide clear, concise and pre-determined criteria for action based on present knowledge and accumulated experience, allowing for immediate decision-making. By means of a laptop or smartphone, practical guidance in the form of action guides, instructions and supporting data for emergency response will be implemented, will provide a basic assessment and the necessary response to protect the public and workers in case of different types of radiological emergencies. In addition, recommendations for appropriate protective action, or even general guidance on the recovery of radioactive sources and initial decontamination operations will be made available. The philosophy is to keep the process simple and quick, yet effective. Keywords: accident response; evaluation of radiological accidents; radiological emergency management; software for first responders.

Referências bibliográficas: Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency (IAEA-TECDOC-1162); Manual for First Responders to a Radiological Emergency | IAEA (2006); CNEN NN 3.01 Resolução CNEN 323/24.

Palavras-chave: accident response; evaluation of radiological accidents; radiological emergency management; software for first responders.

Trabalho 46**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Correlação entre a concentração de radônio no solo e no ar em Belo Horizonte**Autor principal:** JÚLIA BATISTA SEVERO**Autores:** Laura Cardoso Takahashi, Isabela Nicomedes Silva Ferreira, Ricardo Gomes Passos, Stela Dalva Santos Cota**Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN**Cidade-UF:** Belo Horizonte

A contribuição e a influência de diferentes litologias e pedologias são cruciais para estabelecer inter-relações com a radioatividade natural, especialmente com o gás radônio. Este estudo teve como objetivo avaliar a correlação entre a concentração de radônio no solo em Belo Horizonte (BH). A região proposta para o estudo apresenta características geológicas que sugerem a existência de regiões de alto background devido à radioatividade natural. A maior parte do embasamento geológico desta área é constituída por rochas arqueanas do complexo granítico-gnáissico e por sequências metassedimentares da grande unidade Pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais. A metodologia incluiu a análise de estudos prévios sobre as concentrações de radônio no ar e no solo. Lara (2013) investigou a concentração de radônio nos gases do solo em diversos pontos, escolhidos com base nas pedologias e litologias da região. No total, 150 medições foram realizadas usando o monitor AlphaGUARD. Takahashi (2022) avaliou a concentração de radônio no ar em 520 ambientes internos com detectores de traços, CR-39. O solo predominante em BH é o Argissolo Vermelho-Amarelo e com concentração média de radônio de $24,0 \pm 2,2$ kBq/m³. Regiões com este solo predominante, como Nordeste, Norte, Venda Nova e Noroeste, mostraram médias de radônio nas residências de 47,92; 63,88; 33,97 e 27,53 Bq/m³, respectivamente, com a Noroeste tendo a menor concentração entre todas as regiões. Lara (2013) constatou que a concentração média de radônio nos Latossolos Vermelho Perféricos era significativamente alta, com $60,6 \pm 8,7$ kBq/m³. As regiões com predominância deste solo, como Barreiro, Centro-Sul, Leste e Oeste, apresentaram concentrações médias de radônio nas residências de 42,87; 28,07; 47,93 e 67,54 Bq/m³, respectivamente, com a Oeste tendo a maior concentração entre todas as regiões. A região da Pampulha, majoritariamente composta por Latossolos Vermelho-Amarelos e uma parte menor de Argissolos Vermelho-Amarelos, apresentou uma concentração média de radônio de $23,7 \pm 12$ kBq/m³ nos Latossolos Vermelho-Amarelos, e uma média de 49,07 Bq/m³ em ambientes internos. A região Noroeste, que apresentou a menor concentração média de radônio em ambientes internos, teve o maior número de casas com níveis de radônio iguais

ou inferiores à radiação de fundo (34,6%), enquanto Barreiro teve o menor número (15,9%). Em conclusão, é possível estabelecer uma relação inicial entre as medidas de radônio nos gases do solo e nas residências. A região Oeste, que apresentou a maior concentração de radônio em ambientes internos, possui uma área significativa de Latossolos Vermelho Perféricos, que apresentaram as maiores concentrações de radônio no solo. Por outro lado, a região Noroeste, com as menores concentrações de radônio em ambientes internos, está quase completamente inserida em uma área de Argissolo Vermelho-Amarelo, que também apresentou baixos valores de radônio no solo ($24,0 \pm 2,2$ kBq.m⁻³) em comparação com outros tipos de solo analisados. Portanto, é evidente uma relação entre o radônio presente no solo e no interior das casas na área na área estudada.

Referências bibliográficas: LARA, Evelise Gomes. Radônio nos gases do solo: distribuições e correlações com litologias e pedologias da RMBH-Região Metropolitana de Belo Horizonte. 2013. TAKAHASHI, L. C. et al. Preparo da monitoração de radônio em ambientes internos de Belo Horizonte in International Joint Conference Radio 2022.

Palavras-chave: radônio, solo, ar

Trabalho 47**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** Estimativa de faixas de risco potencial para situações de emergência e análise dos aspectos da radioproteção aplicados ao IDQBRN sob a ótica da Norma CNEN 3.01**Autor principal:** GABRIEL FLINTZ FRAGA MARQUES**Autores:** THIAGO DE MEDEIROS SILVEIRA E SILVA; PAULO RICARDO TELES DE VILELA; FABIO GOMES VIEIRA; RODRIGO CARNEIRO CURZIO; ALEXANDRE GOES DE OLIVEIRA CORDEIRO; ANEURI SOUZA DE AMORIM**Instituição:** INSTITUTO DE DEFESA QUÍMICA, BIOLÓGICA, RADIOLÓGICA E NUCLEAR**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

Este artigo visa aplicar os fundamentos da radioproteção em situações de emergência, como acidentes postulados em instalações radioativas, para fins de segurança e classificação de áreas, conforme os preceitos estabelecidos pela Norma CNEN 3.01. Com intuito de contextualizar o assunto abordado, foi realizado um levantamento dos artigos desta norma que tratam dos limites e restrições de dose efetiva para exposição ocupacional e exposição do público e, por consequência, da classificação de áreas. Ainda, fez-se necessário revisar as fórmulas matemáticas empregadas na literatura no que tange a equação para cálculo da dose efetiva por exposição a uma fonte puntiforme, além do fator de atenuação exponencial do meio. A partir desses conceitos, calcularam-se as faixas de risco potencial para o caso do Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN), considerando sua fonte de Cs-137 (atividade de $1,13 \times 10^{15}$ Bq, em junho de 2024) presente no Laboratório de Irradiação de Materiais (LIM). Ademais, a presença de outras fontes do Laboratório de Calibração Gama (LCG), uma de Cs-137 e outra de Co-60, ambas com atividades de aproximadamente $3,7 \times 10^{10}$ Bq (em junho de 2024), levou à necessidade de inclusão destas aos cálculos para avaliação de sua influência nos resultados. Foram utilizadas ferramentas computacionais para estimativa das distâncias correspondentes aos limites estabelecidos de área controlada, supervisionada e livre. Com essa finalidade, aplicou-se a equação considerada ao caso do acidente postulado com a fonte de maior atividade especificada considerando hipóteses simplificadoras (ausência de barreiras físicas e ar seco); num segundo momento, foi repetido o método para as demais fontes. A solução da equação foi obtida por meio do método de Newton-Raphson. Os resultados apresentaram os valores calculados das distâncias de interesse e analisaram o impacto das fontes existentes no IDQBRN. Para o acidente postulado somente com a fonte de Cs-137 do LIM encontraram-se as distâncias de 490,4 m e 629,20 m para as áreas controlada e

livre, respectivamente. Depois, verificou-se que a presença das fontes do LCG geram uma diferença da ordem de 0,1% em cada uma dessas distâncias. Tais resultados foram utilizados para analisar artigos da Norma CNEN 3.01 e identificar possíveis inconsistências e, portanto, oportunidades de melhoria para o entendimento inequívoco desta. Desse modo, evidencia-se a necessidade de revisões periódicas para aprimorar a eficácia das diretrizes impostas pela Autoridade Reguladora. Além disso, os resultados obtidos neste estudo permitem vislumbrar possíveis aplicações do método para outros eventos com exposição não controlada à fontes de radiações ionizantes, incluindo situações sem conhecimento prévio do elemento radioativo exposto, tampouco sua atividade. Por fim, enfatiza-se que esta pesquisa busca fomentar a aplicação de forma assertiva dos fundamentos da radioproteção ao IDQBRN e ainda ser uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão tanto na contínua revisão e aprimoramento das normas quanto em situações de emergência.

Referências bibliográficas: TAUHATA, Luiz et al. Radioproteção e dosimetria: fundamentos. CBPF, 2003. CNEN –Comissão Nacional de Energia Nuclear. Norma CNEN NN 3.01: Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Rio de Janeiro -RJ, (2024). <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/NormaCNENNN3.01.pdf>

Palavras-chave: radioproteção, acidente postulado, classificação de áreas, Norma CNEN.

Trabalho 48**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** ^7Be in rainfall at different collection heights in the city of São Paulo**Autor principal:** RAFAEL MARTINS DOMINGOS**Autores:** Sandra Regina Damatto, Luiz Flávio Lopes Teixeira, Lucio Leonardo, Vera Lúcia Isiki**Instituição:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**Cidade-UF:** São Paulo - SP

Beryllium-7 is a cosmogenic radionuclide that is continuously produced by the interaction of cosmic radiation with atoms present in the Earth's atmosphere (mainly oxygen and nitrogen). After ^7Be is formed, it adsorbs to particulate matter suspended in the atmosphere and is then deposited on the Earth's surface via the dry (gravity) and wet (rainfall) pathways, the latter being the main means of deposition. Concentrations of ^7Be vary depending on local climatic conditions (rainfall and temperature), latitude, altitude and variations in solar activity. The objective of this study was to see whether it is possible to obtain different, statistically significant results for ^7Be in rainfall at the same geographical sampling site, at collection points where the only variation is the sampling height. For this study, two rainfall collectors were installed in a tower located at the dependences of the Laboratório de Radiometria Ambiental at the Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares in the city of São Paulo throughout 2023. One of the collectors was installed at floor level and the second collector is at a height of 23.5 m, each one associated with its respective collection reservoirs. After rainfall events, the samples were collected, filtered by a vacuum system, evaporated to a final volume of 100 ml and the ^7Be activity concentration was determined by high-resolution gamma spectrometry in hyper-pure germanium detector, with counting times ranging from 80,000 to 300,000 s. During the year 2023, a total of 92 samples were collected from both collectors and the monthly rainfall varied from 8 to 344 mm during this same period. In the collector located at floor level, ^7Be activity concentrations ranged from 0.17 ± 0.02 to 9.16 ± 0.52 Bq/L, while the collector located at height showed concentrations ranging from 0.23 ± 0.02 to 4.00 ± 0.31 Bq/L. The Shapiro-Wilk normality test was applied showing a p-value < 0.05 , indicating a non-normal distribution for the results of both collectors. The Mann-Whitney ($U=819$; $p > 0.05$) and Kruskal-Wallis ($p > 0.05$) tests were applied, which showed that there is no significant difference in the results obtained for ^7Be in rainfall samples collected at a height difference of 23.5 meters. Spearman's correlation was carried out between ^7Be activity concentrations and rainfall, obtaining values of 0.51 and 0.65, respectively and the highest activity of

deposited ^7Be occurs during the rainiest seasons, such as summer and spring. The average concentrations in 2023 were 1.28 ± 0.03 Bq/L and 1.07 ± 0.01 Bq/L, respectively and these values are lower than the mean values obtained in a similar study at the same collection site in 2021 that obtained the mean values of 3.71 ± 0.42 and 3.75 ± 0.47 Bq/L, respectively of ^7Be , demonstrating the annual variation in ^7Be activity concentrations.

Referências bibliográficas: ALMEIDA NETO, J. O.; DAMATTO, S. R. ; MADUAR, M. F. ; LEONARDO, L. ; TEIXEIRA, L. F. L. ; MARTINS, R. D. . Study of ^7Be activity concentration in rainfall as a function of sampling height. In: International Joint Conference Radio 2022, 2022, Poços de Caldas. Anais do International Joint Conference Radio 2022, 2022. p. 35-36. WANG, Huan et al. Temporal variations of ^7Be and ^{210}Pb activity concentrations in the atmospheric aerosols during 2018–2019 in Beijing, China and their correlations with meteorological parameters. Journal of Environmental Radioactivity, v. 262, p. 107162, 2023.

Palavras-chave: Beryllium-7, cosmogenic radionuclide, gamma spectrometry, rainfall.

Trabalho 49**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Estudo comparativo de dose efetiva em pacientes oncológicos submetidos a exames de Tomografia Computadorizada Multifásica**Autor principal:** ISADORA TOMANQUEVES COSTA**Autores:** Mateus das Neves Fragnani, Daiane Cristini Barbosa de Souza, Edilaine Honório da Silva, Marcio de Armas Araújo**Instituição:** Instituto Federal de Santa Catarina, 88020-300, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.**Cidade-UF:** Florianópolis - SC

A tomografia computadorizada (TC) é uma técnica de imagem médica que utiliza raios X para obter imagens detalhadas do corpo humano. Durante o exame, os pacientes são expostos à radiação ionizante, o que levanta preocupações com a dose de radiação recebida. Estimar essas doses recebidas é de extrema importância para garantir a segurança e minimizar os riscos associados, principalmente devido ao aumento da preocupação com os efeitos cumulativos da radiação ao longo da vida dos pacientes. Na oncologia, também é importante acompanhar as doses que pacientes recebem em exames de TC, uma vez que estudos recentes têm mostrado que doses excessivas de radiação em exames de imagem podem aumentar o risco de câncer secundário. Com base nisso, este projeto de pesquisa tem como objetivo estabelecer DRLs locais em pacientes oncológicos submetidos a exames de TC abdominal e torácica multifásico para estadiamento de neoplasias em um hospital no Sul do Brasil. A metodologia adotada consistirá em um estudo quantitativo e retrospectivo no qual serão coletados dados de exames realizados com o protocolo de TC abdominal e torácica no setor de alta complexidade oncológica. Para estimar as doses de radiação, dois parâmetros importantes serão utilizados: Índice de dose em Tomografia Computadorizada (CTDIvol) e o DLP (produto dose-comprimento). Por fim, será realizada análise estatística descritiva estabelecendo DRLs locais. Como potenciais resultados desse estudo espera-se que possibilite a redução das doses de radiação, mantendo a qualidade diagnóstica. Além disso, os resultados da pesquisa poderão ser estendidos para outros serviços de alta complexidade oncológica.

Referências bibliográficas: BUSHONG, STEWART C. Radiologia. 10^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. CALANDRINO R, ARDU V, CORLETTI D, DEL VECCHIO A, ORIGGI D, SIGNOROTTO P, SPINELLI A, TOSI G, BOLOGNESI A, CARIATI M, KLUSER A, MUSCARELLA S. Evaluation of second cancer induction risk by CT follow-

up in oncological long-surviving patients. *Health Phys.* 2013 Jan;104(1):1-8. doi: 10.1097/HP.0b013e3182690c8e. PMID: 23192082. CAO, CHUN-FENG et al. CT scans and cancer risks: A systematic review and dose-response meta-analysis. *BMC cancer*, v. 22, n. 1, p. 1238, 2022. CBR. *Protocolos de Tomografia Computadorizada*. 1. ed. Rio de Janeiro: Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem, 2022. Disponível em: <https://cbr.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Protocolos-de-Tomografia-Computadorizada-1.pdf>. Acesso em: 26 de setembro de 2023. CHEKROUD, S. R. et al. Association between physical activity and mental health in 1.2 million individuals in the USA between 2011 and 2015: A cross-sectional study. *The Lancet Psychiatry*, v. 5, n. 9, p. 739-746, 2018. doi: 10.1016/S2215-0366(18)30227-X. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Comissão Nacional de Energia Nuclear: 50 anos de atuação. *Revista Brasileira de Energia Nuclear*, vol. 38, nº 1, 2021. DALFOVO, M. S.; LANA, R. A.; SILVEIRA, A. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. *Revista interdisciplinar científica aplicada*, v. 2, n. 3, p. 1-13, 2008. Acesso em 10 ago. 2022. DICOM®. (13 de 02 de 2022). PS3.1 DICOM PS3.1 2022a - Introduction and Overview. Disponível em: <https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part01.pdf>. Acesso em: 22 set. 2022. FU W, RIA F, SEGARS WP, CHOUDHURY KR, WILSON JM, KAPADIA AJ, SAMEI E. Patient-Informed Organ Dose Estimation in Clinical CT: Implementation and Effective Dose Assessment in 1048 Clinical Patients. *AJR Am J Roentgenol.* 2021 Mar;216(3):824-834. doi: 10.2214/AJR.19.22482. Epub 2021 Jan 21. PMID: 33474986; PMCID: PMC8018383. GAO Y, MAHMOOD U, LIU T, QUINN B, GOLLUB MJ, XU XG, DAUER LT. Patient-Specific Organ and Effective Dose Estimates in Adult Oncologic CT. *AJR Am J Roentgenol.* 2020 Apr;214(4):738-746. doi: 10.2214/AJR.19.21197. Epub 2019 Aug 15. PMID: 31414882; PMCID: PMC7393764. GOMES, GEOVANA MURTA; DA COSTA, Geraldo Marques. Principais causas de devolução de solicitações via SISREG em uma UBS do DF: desafios e barreiras de acesso aos serviços especializados do SUS. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 14, p. e364111436440-e364111436440, 2022. IAEA (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY). Radiation Protection of Patients (RPOP). Computed tomography (CT) - what patients need to know. Disponível em: <https://www.iaea.org/resources/rpop/patients-and-public/computed-tomography#1>. 2022a. Acesso em 21 jun. 2023. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37 (2-4). ICRP, 2017. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. *Ann. ICRP* 46(1). FLICK, UWE. Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes. Porto Alegre: Penso, 2013. KARPITSCHKA M, AUGART D, BECKER HC, REISER M, GRASER A. Dose reduction in oncological staging multidetector CT: effect of iterative reconstruction. *Br J Radiol.* 2013 Jan;86(1021):20120224. doi: 10.1259/bjr.20120224. PMID: 23255541; PMCID: PMC4651062. KIKUTI, C.F.; Salvadori, P. S., Costa, D.M.C, D'Ippolito, G.; Medeiros, R.B., Estimativa da dose em exames de tomografia de abdome com base nos valores de DLP, IX Latin American IRPA Regional Congress on Radiation Protection and Safety - IRPA 2013 Rio de Janeiro, RJ, Brazil, April 15-19, 2013. KIM, TAE JUN et al. Risk of second primary malignancies among patients with early gastric cancer exposed to recurrent computed tomography scans.

Cancers, v. 13, n. 5, p. 1144, 2021. LANGE I, ALIKHANI B, WACKER F, RAATSCHEN HJ. Intraindividual variation of dose parameters in oncologic CT imaging. PLoS One. 2021 Apr 23;16(4):e0250490. doi: 10.1371/journal.pone.0250490. PMID: 33891632; PMCID: PMC8064522. LEE C, KIM KP, BOLCH WE, MOROZ BE, FOLIO L. NCICT: a computational solution to estimate organ doses for pediatric and adult patients undergoing CT scans. J Radiol Prot. 2015 Dec;35(4):891-909. doi: 10.1088/0952-4746/35/4/891. Epub 2015 Nov 26. PMID: 26609995. MASCI GM, CICCARELLI F, MATTEI FI, GRASSO D, ACCARPIO F, CATALANO C, LAGHI A, SAMMARTINO P, IAFRATE F. Role of CT texture analysis for predicting peritoneal metastases in patients with gastric cancer. Radiol Med. 2022 Mar;127(3):251-258. doi: 10.1007/s11547-021-01443-8. Epub 2022 Jan 23. PMID: 35066804. MOURÃO, A. P. Tomografia computadorizada: tecnologias e aplicações. Difusão Editora. 2018. RAZALI MASM, AHMAD MZ, SHUAIB IL, OSMAN ND. Optimization of radiation dose in ct imaging: establishing the institutional diagnostic reference levels and patient dose auditing. Radiat Prot Dosimetry. 2020 Jun 13;188(2):213-221. doi: 10.1093/rpd/ncz278. PMID: 31885043. PINTO LF, SORANZ D, SCARDUA MT, SILVA IM. Ambulatory municipal regulation of the Unified Health System services in Rio de Janeiro: advances, limitations and challenges. Cien Saude Colet. 2017 Apr;22(4):1257-1267. Portuguese, English. doi: 10.1590/1413-81232017224.26422016. PMID: 28444050. SINGH D, SCHIFMAN LA, WATSON-WRIGHT C, SOTIRIOU GA, OYANEDEL-CRAVER V, WOHLLEBEN W, DEMOKRITOU P. Nanofiller Presence Enhances Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Profile on Nanoparticles Released during Thermal Decomposition of Nano-enabled Thermoplastics: Potential Environmental Health Implications. Environ Sci Technol. 2017 May 2;51(9):5222-5232. doi: 10.1021/acs.est.6b06448. Epub 2017 Apr 20. PMID: 28397486. SODER, RAFAEL et al. Desafios da gestão do cuidado na atenção básica: perspectiva da equipe de enfermagem. Enfermagem em Foco, v. 9, n. 3, 2018. SOUZA, D. C. B. de; COLLARES, A. T. S.; CONTINI, C. L. F.; SILVEIRA, E. da; VOLTOLINI, J. R. Radiological protection in medical exposures: legal and historical aspects. Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 3, p. e54511326736, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i3.26736. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26736>. Acesso em: 28 sep. 2022. SOUZA, D. L. M., FRANCISCO, M. F. F., PIMENTEL, R. B., et al. (2018). Novo indicador de dose em CT (SSDE) determinado por meio de parâmetro geométrico extraído do cabeçalho DICOM. Revista Brasileira De Física Médica, 12(2), 18–22. SPRAWLS, P. (2000). The physical principles of medical imaging (2nd ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. UNSCEAR (UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION). UNSCEAR's global survey of radiation exposure. Medica Exposure: a user manual. Versão outubro, 2017. Disponível em: . Acesso em 29 ago. 2023. UNSCEAR (UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION). Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2020/2021 Report, Volume I: Report to the General Assembly, with Scientific Annex A-Evaluation of Medical Exposure to Ionizing Radiation. 2022. Disponível em: . Acesso em 21 jun. 2023. Virtual Dose. Virtual Dose: A web-based tool to estimate safe medication doses for children. Disponível em: <https://www.virtual-dose.com/> Acesso em: 21 ago.

2023. ZENSEN S, OPITZ MK, GRUENEISEN JS, LI Y, HAUBOLD J, STEINBERG HL, FORSTING M, THEYSOHN JM, BOS D, SCHAARSCHMIDT BM. Radiation exposure, organ and effective dose of CT-guided liver biopsy as a function of lesion depth and size. J Radiol Prot. 2022 Jul 27;42(3). doi: 10.1088/1361-6498/ac7e80. PMID: 35790148

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada, Estimativa de dose, Abdome, Tórax, Pacientes Oncológicos.

Trabalho 50**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS RADIOATIVOS NATURAIS EM SOLOS DO ESTADO DE GOIÁS, ESTIMATIVA DE DOSE EXTERNA E CORRELAÇÃO COM CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS**Autor principal:** THIAGO ARRAIS SOARES**Autores:** Fernando C. A. Ribeiro, Eduardo P. Viglio e Inayá Lima**Instituição:** COPPE/UFRJ, IRD/CNEN e CPRM**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

Os solos apresentam naturalmente elementos radioativos, originalmente contidos nas rochas que os formaram. Estudos têm sido conduzidos em diversos países para mapear e conhecer as concentrações de elementos radioativos naturais em solos. No Brasil, os estudos sobre a radioatividade natural nos solos começaram com a prospecção de áreas de elevado background natural, enquanto a maior parte do território brasileiro não foi avaliada. Este trabalho objetiva mapear a concentração de atividade dos radionuclídeos ^{40}K , ^{226}Ra e ^{228}Ra no Estado de Goiás, com perímetro abrangendo a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba (metade sul do estado e Distrito Federal), para compreender a distribuição de concentração correlacionando-a com fatores ambientais e calcular a dose externa à qual a população está exposta. A exposição à radioatividade é inevitável à medida que os elementos radioativos se espalham no meio ambiente. Tanto os radionuclídeos naturais como os produzidos pelo homem ocorrem em todos os compartimentos ambientais, incluindo rochas e solo. Portanto, é necessário o desenvolvimento de mapas de radiação. A concentração de radionuclídeos no solo varia de região para região. Com o conhecimento da presença e distribuição de concentrações de radionuclídeos é possível avaliar radiologicamente a região em análise, contribuindo para estudos geológicos e de saúde em populações humanas. O Bioma Cerrado, abrange grande percentual territorial do Estado de Goiás, sendo considerado o “Berço das Águas do Brasil”. Por estar localizada em áreas de planalto, a região do Cerrado possui diversas nascentes fluviais e importantes áreas de recarga hídrica, que contribuem para grande parte das bacias hidrográficas brasileiras. Tais recursos hídricos são utilizados para consumo humano, irrigação e indústria, portanto é necessário um estudo dos solos, para determinar a distribuição dos elementos radioativos, para posterior estimativa da dose externa e correlação com características ambientais. Esta pesquisa será desenvolvida no âmbito do projeto MAPRAD: mapeamento da radioatividade em solos brasileiros, realizado pelo Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN) e

pela Empresa de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) por meio de acordo de cooperação.

Referências bibliográficas: [1] UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation: Sources. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2008. [2] AMARAL, E. C. S. Modificação da exposição à radiação natural devido a atividades agrícolas numa área de radioatividade natural elevada no Brasil. 1992. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1992. [3] FILGUEIRAS, R.A.; DA SILVA, A.X.; RIBEIRO, F.C.A.; LAURIA, D. DA C., VIGLIO, E.P., 2020. Baseline, mapping, and dose estimation of natural radioactivity in soils of the Brazilian state of Alagoas. Radiation Physics and Chemistry, v. 167, 2020. [4] GARCÊZ, W. D. R. Determinação das atividades específicas de Ra, Ra e K em amostras de fertilizantes minerais. 2016. [5] LIMA, J. E. F. W., e E. M. Silva. 2005. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. In: FELFILI, J. M.; SOUZA-SILVA, J. C.; SCARIOT, A. (Org). Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. 1. ed., p. 61-72. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. [6] A Bacia. Disponível em . (Acessado em Dez 2023).

Palavras-chave: Radionuclídeos naturais, Espectroscopia gama, Dose externa, solos.

Trabalho 51**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Desenvolvimento de radiofármacos**Título:** Development of Methodology for Production of I-125 Source for Skin Cancer Treatment**Autor principal:** GIOVANNA MARTINS ROSA**Autores:** Maria Elisa Chuery Martins Rostelato; Carla Daruich de Souza.**Instituição:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-SP)**Cidade-UF:** São Paulo

Cancer is defined by the uncontrolled growth of abnormal cells and characterizes a group of diseases that affect a large part of the global population, being one of the leading causes of death and a major issue related to life expectancy. The most recurrent malignant tumor in Brazil is non-melanoma skin cancer, accounting for 31.3% of registered cases. One of the methods used in radiotherapy is brachytherapy, which has Greek origins and means short-distance treatment, meaning the sources used are inserted near the region to be treated in the patient with the intention of reducing cancer cells, focusing directly on the tumor and sparing healthy tissues. This treatment method is recommended for cancers located in the head, soft tissues, breast, neck, and prostate, in which sources such as Gold-198, Iridium-192, Palladium-103, and Iodine-125 can be used. Early diagnosis plays an important role in planning and carrying out the appropriate treatment, providing high chances of reducing the number of tumor cells through the treatment. Considering the specific characteristics of each anatomical region affected by cancer, an adequate approach is necessary to achieve the best clinical results for the patient. Therefore, for the production of polymeric plates incorporated with Iodine-125, it is necessary to find a way to distribute the radioactive material in the plates so that its distribution is homogeneous and the source is leveled using two silicone molds. The radioactive material solution of Iodine-125 will be incorporated into the cured resin, and studies regarding its compatibility will be conducted through mixed and leakage tests (ISO 9978 standard). As a result and conclusion, the implementation of a methodology for the production of flexible low-dose-rate brachytherapy plates using the radioactive material I-125 produced at the IEA-R1 located at IPEN/CNEN-SP will be incorporated uniformly into the resin after evaluating its distribution and solubility of the source for the treatment of skin cancer.

Referências bibliográficas: INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA (INCA). Estimativa 2023: Incidência de Câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2022. Disponível em:

<https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/estimativa-2023.pdf>.
Acesso em: 15 jun. 2024. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR
STANDARDIZATION. Radiation protection: Sealed sources leakage test methods. ISO
9978:2020. 2. ed. 2020. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/70598.html>. Acesso
em: 15 jun. 2024.;

Palavras-chave: Skin cancer; Iodine-125; Brachytherapy; Radioactive sources.

Trabalho 52**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Segurança de fontes e gestão de rejeitos**Título:** Proposal of NORM management strategies**Autor principal:** HELLEN KÉSIA SANTOS DE SOUZA**Autores:** Lidia Nara de Almeida Severo; Leonardo Passos de Sá e Cledola Cassia Oliveira de Tello**Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear**Cidade-UF:** Belo Horizonte

Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) contain significant quantities of naturally derived radionuclides, such as those from the decay series of Uranium and Thorium. These materials can be found underground and brought to the surface during oil and gas extraction. While most of the Earth's materials consist of stable chemical elements, some elements, such as Thorium and Uranium, are unstable, meaning they decay over time into other chemical elements. The radioactive elements created by the decay of Uranium and Thorium are also unstable and will continue to transform into other radioactive elements until they reach a stable state. Most of these radionuclides have long half-lives, implying that they pose a risk over an extended period compared to other radioactive materials. Petrobras, a Brazilian company involved in the exploration, development, and production of crude oil and natural gas, generates radioactive oily sludge in these processes, creating the need for NORM management. This management must adhere to the standards established by the National Nuclear Energy Commission (CNEN) and the recommendations of the International Atomic Energy Agency (IAEA), taking into account the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principles. NORM materials are a growing concern in the oil and gas industry due to their presence in large quantities and the risks associated with prolonged exposure. Effective management of these materials is crucial to protect workers, the public, and the environment. Furthermore, compliance with national and international regulations is essential to ensure safety and minimize negative impacts. Petrobras has implemented various strategies for NORM management, including the identification and characterization of generated waste, the selection of appropriate treatment and disposal methods, and the continuous monitoring of affected areas. These actions are carried out in accordance with CNEN and IAEA guidelines, providing a solid foundation for the development of safe and effective management practices. In this context, this study was conducted through a literature review aimed at evaluating trends in NORM management, with the objective of examining the perspectives for potential utilization or safe disposal in accordance with safety standards. It was observed that, currently, there are

no specific regulations for NORM management. However, certain storage and disposal measures, such as injection, reinjection, encapsulation, disposal in wells, and surface-constructed facilities, exhibit very favorable characteristics as possible solutions for the disposal of this type of waste.

Referências bibliográficas: ALVES, Mara Régia Falcão Viana. Opções tecnológicas para deposição de NORM da indústria de exploração e produção de petróleo no Brasil. 2012. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade Federal do Sergipe, São Cristóvão, 2012. JESUS, Selma P de; VITORELLI, José C; SILVA, Ademir X da. Aspectos normativos sobre a ocorrência natural de material radioativo em rejeitos de petróleo. In: INAC, 4., 2005, Santos. Conferência. Santos: International Nuclear Atlantic Conference, 2005. p. 1-6. ALCÂNTARA, G; CUCCIA, V. Métodos para tratamento de Rejeitos NORM da indústria de óleo e gás. In: INAC, 10., 2021, Brasil. International Nuclear Atlantic Conference. Brasil: International Nuclear Atlantic Conference, 2021. p. 1-4. JARDIM, Aline de Borgia. Avaliação da liberação e toxicidade de metais potencialmente tóxicos em rejeitos de mineração. 2013. 91 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. SCHENATO, Flávia; A. AGUIAR, Laís; LEAL, Marco Aurélio; RUPERTI JUNIOR, Nerbe. Deposição de NORM gerado pela indústria de petróleo e gás no Brasil. In: IRPA, 9., 2013, Rio de Janeiro. Conferência. Rio de Janeiro: Irpa, 2013. p. 1-9. REPUSSARD, J.. Editorial comment on: the "as low as reasonably achievable" (ALARA) principle. Radioprotection, [S.L.], v. 54, n. 2, p. 111-112, abr. 2019. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/radiopro/2019017>. Gerstmaier A, Worsley C, Murphy A, et al. Tão baixo quanto razoavelmente possível (ALARA). Artigo de referência, Radiopaedia.org (acessado em 15 de junho de 2024) <https://doi.org/10.53347/rID-35183>

Palavras-chave: NORM, radionuclides, radioactive waste management, Petrobras

Trabalho 53**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Segurança de fontes e gestão de rejeitos**Título:** Geopolymer as a solidification matrix for organic radioactive waste**Autor principal:** HELLEN KÉSIA SANTOS DE SOUZA**Autores:** Mariana Ávila Zanetti; Maria Judite Afonso Haucz e Carolina Braccini Freire**Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear**Cidade-UF:** Belo Horizonte

The correct management of radioactive waste is important to ensure the protection of people, the environment and occupationally exposed individuals. In research facilities, a variety of waste with different composition, nature and concentrations is generated, which results in treatment proposals aimed at allowing the safe storage, release or reuse of these compounds in accordance with the criteria established by CNEN. There are several treatments for aqueous radioactive with good results such as filtration, precipitation, sorption and ion exchange. However, organic waste in solution is a challenge for radioactive waste management. One of the easiest ways to stabilize organic compound is encapsulation inside stable matrix. Cementation is one of popular treatment of radioactive liquid waste. However, efficient load of organic liquid into the cement matrix is not easy due to difficulty in keeping hydrophobic organic liquid droplets inside hydrophilic cement solution. Geopolymer has shown ability to keep organic compounds inside its matrix, and it requires quite simple setup. In addition to that, geopolymers are expected to alternative of the cement owing to their mechanical strength, resistance to heat and chemicals etc. Various studies on solidification of several organic liquids using geopolymer with various conditions have been carried out, and organic liquids have been successfully immobilized inside the matrix. The aim of this study is to treat the organic liquid waste generated at the CDTN. The treatment procedure consists of encapsulating organic compounds in geopolymeric material previously synthesized by our research group. A simulated organic waste was used in this study, based on the information contained in the CDTN's organic waste database.

Referências bibliográficas: Meesala, C. R. N. K. V. S. K. (2019). Critical review on fly-ash based geopolymer concrete. *Structural Concrete*, 21(October 2019), 1013–1028. <https://doi.org/10.1002/suco.2019003264> SILVA, Stela Moreira; FREIRE, Carolina Braccini. Metodologia para síntese de geopolímero visando o tratamento de rejeitos radioativos orgânicos / Methodology for geopolymer synthesis for the treatment of organic radioactive waste. *Brazilian Journal Of Development*, [S.L.], v. 8, n. 5, p. 33457-33474, 3

maio 2022. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n5-055>. REEB, Charles; PIERLOT, Christel; DAVY, Catherine; LAMBERTIN, David. Incorporation of organic liquids into geopolymer materials - A review of processing, properties and applications. *Ceramics International*, [S.L.], v. 47, n. 6, p. 7369-7385, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.11.239>. WATANABE, Sou et al. Decontamination and solidification treatment on spent liquid scintillation cocktail. *Journal Of Nuclear Materials*, [S.L.], v. 585, p. 1-2, 23 fev. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnucmat.2023.154610>.

Palavras-chave: Geopolymer, Organic, Solidification, Waste.

Trabalho 54**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Evaluación de la exposición ocupacional a la radiación ionizante del personal sanitario de un centro de salud por área de trabajo**Autor principal:** OMAR LUIS ARIAS CURATOLO**Autores:** Jose Jorge, Wilmer Murillo, Bethlis Millán, Rogelio Pérez**Instituição:** SEROFCA, Universidad Central de Venezuela**Cidade-UF:** Caracas Venezuela

Con el creciente uso de la tecnología de imágenes en aplicaciones médicas, la exposición de los trabajadores a fuentes externas de radiación ionizante sigue aumentando, esto conduce a una mayor exposición a la radiación del personal médico, técnico y enfermeras que laboran en las diferentes áreas de radiodiagnóstico y terapia. Por lo tanto, la exposición del personal debe medirse regularmente para garantizar que la dosis efectiva anual esté dentro del límite de seguridad. La exposición ocupacional tiene el potencial de causar efectos agudos a dosis altas. Sin embargo, no es tan claro los efectos para dosis bajas. El estudio de los efectos sobre la salud de la exposición a dosis bajas en los trabajadores sanitarios requiere una caracterización precisa según la profesión y el área de servicio, ya que cabe esperar diferencias sustanciales. Este trabajo presenta un análisis detallado de las dosis de radiación recibidas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos del Centro Médico de Caracas durante el periodo comprendido entre los meses de septiembre del año 2023 hasta el mes de abril del año 2024. Las lecturas individuales mensuales se registran en dosímetros OSL, calibrados por el laboratorio de Secundario de Calibración Dosimétrica del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Los dosímetros poseen una incertidumbre en el rango de medida entre 0,1 y 0,3 mSv de 2.8%, tienen la capacidad de detectar dosis profunda Hp(10) y dosis superficial Hp(0,07) al mismo tiempo. Se incluyeron un total de 76 dosímetros, 60 dosímetros de cuerpo entero y 16 de anillos. Desglosamos los resultados por áreas de trabajo, las cuales son: Hemodinamia, Mamografía, Quirófano + imagen, Radiología y Tomografía. Observamos un patrón de dosis en las diferentes áreas, durante los 4 primeros meses de estudios las dosis son mayores en comparación con los últimos 4 meses de estudio. Comparamos los valores de las dosis registradas en cada mes con los promedios generales y las restricciones mensuales establecidas. El área de Qx + Imagen (que incluye prácticas de quirófano y radiología), obtuvimos las lecturas de dosis de cuerpo entero más altas en el periodo de estudio. Las dosis registradas están por encima de los promedios generales para todas las áreas, mientras que el área de Hemodinamia en la dosimetría de cuerpo entero registró las menores dosis,

siendo un poco por debajo del promedio general de dosis de todas las áreas. En cuanto a la dosimetría de tipo anillo en el área de hemodinamia, el promedio de los ocho meses resultó mayor que el promedio general de todas las áreas. También se examinan las lecturas de dosímetros en la dosis Hp(10) para cada área como dosímetros de ambiente, comparándolas con las dosis recibidas por los T.O.E. Los resultados del análisis dosimétrico por áreas revelan que las dosis de radiación recibidas por el personal de salud se encuentran, en general, por debajo de las restricciones de cada área de SEROFCA y muy por debajo de los límites establecidos por la norma COVENIN 2259/2023 y las Recomendaciones Internacionales.

Referências bibliográficas: 1. ACUERDO DE COOPERACION REGIONAL PARA LA PROMOCION DE LA CIENCIA NUCLEAR Y TECNOLOGIA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE (ARCAL-XLIX / OIEA). Protocolo de Control de Calidad en Radiodiagnóstico (Implementación de las Normas Básicas de Seguridad en las Prácticas Médicas). 2001 2. COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN) 218-1:2000. Protección contra las Radiaciones Ionizantes Provenientes de Fuentes Externas Usadas en Medicina. Caracas, Venezuela. 2.000 3. COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN) 3299:1997. Programa de Protección Radiológica. Requisitos. Caracas, Venezuela. 1.997 4. GACETA OFICIAL ORDINARIA No. 38.572. Resolución 401 del Ministerio del Poder Popular para la Salud. Caracas, Venezuela. 27 de noviembre de 2006 5. NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA PARA LA PROTECCION DE LAS PERSONAS Y EL MEDIO AMBIENTE. Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad; Requisitos de Seguridad Generales, Parte 3 N° GSR Part 3, Vienna 2016. 6. IAEA SAFETY STANDARS FOR PROTECTING PEOPLE AND THE ENVIROMENT. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, Specific Safety Guide No. SSg-46; Vienna 2018.

Palavras-chave: Dosimetría, OSL, trabajador ocupacionalmente expuesto, áreas de servicios.

Trabalho 55**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Evaluación en multicentros de la exposición ocupacional a la radiación ionizante del personal sanitario en el área de Cardiología Intervencionista**Autor principal:** OMAR LUIS ARIAS CURATOLO**Autores:** Jose Jorge, Wilmer Murillo, Bethlis Millán, Rogelio Pérez**Instituição:** SEROFCA, universidad Central de Venezuela**Cidade-UF:** caracas- venezuela

La cardiología intervencionista ha experimentado un progreso notable en las últimas décadas, permitiendo realizar procedimientos cada vez más complejos con una alta tasa de éxito. Sin embargo, este avance ha tenido un costo, el aumento de la exposición a la radiación ionizante tanto para los pacientes como para los profesionales que la realizan. La exposición del operador principal y el equipo médico en procedimientos intervencionistas se debe principalmente a radiación retrodispersada proveniente del paciente. Es necesario un esfuerzo conjunto para abordar este desafío. Se requiere una actualización de las prácticas de PR en el ámbito de la cardiología intervencionista, que incluyan Educación y Entrenamiento, Optimización de procedimientos, Protección física y la Dosimetría personal. En este estudio se realizó una evaluación de la exposición a la radiación ionizante del personal de salud en el área de Cardiología Intervencionista en algunas instituciones de salud de Venezuela. Las lecturas individuales mensuales se registran en dosímetros personales de cuerpo entero y de anillos de tecnología OSL, calibrados por el laboratorio de Secundario de Calibración Dosimétrica del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), los dosímetros personales de cuerpo entero poseen una incertidumbre en el rango de medida entre 0,1 y 0,3 mSv de 2.8 % y tienen la capacidad de detectar dosis personal profunda Hp(10) y dosis superficial Hp(0,07) al mismo tiempo. Las lecturas de los dosímetros corresponden al personal de salud de 6 instituciones, entre ellos, enfermeras, médicos, médicos cardiólogos, médicos radiólogos, técnicos radiólogos, entre otros, que laboran en esta área. Se utilizaron un total de 104 dosímetros de cuerpo entero y 21 dosímetros de anillo, dosímetros OSL para medir las dosis personales de Hp(10), Hp(0,07) y de extremidades durante un período de 7 meses desde septiembre 2023 a marzo 2024. Se muestran registros de dosis en gráficos de barras de los promedios de dosis mensual de los trabajadores de la salud que laboran en cada institución, comparando las dosis entre instituciones correspondiente al área de hemodinamia. Se muestran registros de dosis en gráficos de barra de los promedios de dosis mensuales por profesión, así como las dosis ambientales registradas con dosímetros designados como de ambiente en cada institución

en el área de hemodinamia. También se muestra el número de estudios mensuales para 4 instituciones y el promedio de dosis de los T.O.E que laboran en esta área correspondiente al periodo de estudio. Las dosis promedio personales y de anillos más altas corresponden a los médicos cardiólogos. Para las otras profesiones las dosis promedios resultaron ser muy similares para el periodo de estudio. También realizamos un monitoreo de la dosimetría de ambiente por institución. Las dosis personales promedio mensuales de Hp(10), Hp(0,07) y de anillos para el T.O.E en el área de cardiología intervencionista estuvieron por debajo de los límites establecidos por la normativa nacional e internacional.

Referências bibliográficas: 1. ACUERDO DE COOPERACION REGIONAL PARA LA PROMOCION DE LA CIENCIA NUCLEAR Y TECNOLOGIA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE (ARCAL-XLIX / OIEA). Protocolo de Control de Calidad en Radiodiagnóstico (Implementación de las Normas Básicas de Seguridad en las Prácticas Médicas). 2001 2. COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN) 218-1:2000. Protección contra las Radiaciones Ionizantes Provenientes de Fuentes Externas Usadas en Medicina. Caracas, Venezuela. 2.000 3. COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN) 3299:1997. Programa de Protección Radiológica. Requisitos. Caracas, Venezuela. 1.997 4. GACETA OFICIAL ORDINARIA No. 38.572. Resolución 401 del Ministerio del Poder Popular para la Salud. Caracas, Venezuela. 27 de noviembre de 2006 5. NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA PARA LA PROTECCION DE LAS PERSONAS Y EL MEDIO AMBIENTE. Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad; Requisitos de Seguridad Generales, Parte 3 N° GSR Part 3, Vienna 2016. 6. IAEA SAFETY STANDARDS FOR PROTECTING PEOPLE AND THE ENVIRONMENT. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, Specific Safety Guide No. SSG-46; Vienna 2018.

Palavras-chave: Dosimetría OSL, trabajador ocupacionalmente expuesto, cardiología intervencionista, hemodinamia.

Trabalho 56**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Simulação matemática**Título:** Um novo modo de escrever arquivo contendo fantasmas de voxels para leitura no código de usuário do EGSnrc**Autor principal:** LARISSA CRISTINA SILVA DOS SANTOS**Autores:** José Wilson Vieira; Isabelle Viviane Batista de Lacerda; Arykerne Nascimento Casado da Silva; Antonio Celso Dantas Antonino; Fernando Roberto de Andrade Lima.**Instituição:** Universidade Federal de Pernambuco - UFPE**Cidade-UF:** Recife-PE

A dosimetria computacional das radiações ionizantes avalia a energia depositada em órgãos e tecidos do corpo humano usando Modelos Computacionais de Exposição (MCEs). O GDN (Grupo de Pesquisa em Dosimetria Numérica (CRCN-NE) + Grupo de Pesquisa em Dosimetria Computacional e Sistemas Embarcados (IFPE)) tem desenvolvido MCEs onde o corpo humano é representado por um fantoma de voxels, as fontes radioativas simuladas emitem fótons e/ou elétrons, e o código Monte Carlo (MC) EGSnrc (EGS = Electron Gamma Shower; nrc = National Research Council Canada) simula as demais tarefas necessárias na linha de montagem destes sistemas de avaliação. O tipo de arquivo mais primário contendo uma pilha de fantoma é o binário RAW, uma denominação genérica de formatos que armazenam apenas os dados das imagens. O tipo SGI (Simulações Gráficas Interativas) foi implementado no aplicativo in-house Digital Image Processing (DIP), adicionando ao RAW um cabeçalho de 12 bytes para armazenar as dimensões do fantoma. Para acoplar um SGI ao EGSnrc é necessária mais uma conversão, também implementada no DIP, que lê um SGI e salva um arquivo de texto com extensão DATA. Todos os fantasmas acoplados a MCEs do GDN até 2022 são arquivos DATA. Neste trabalho foi apresentado, testado e validado o novo formato Sistema de Informações Dosimétricas (SID), para arquivos destinados a armazenar fantasmas de voxels. Além de substituir o DATA nos MCEs, o SID pode ser lido ou escrito nas principais ferramentas computacionais do GDN, o que otimiza o desenvolvimento de fantasmas de voxels. Para este processo, a versão binária do fantoma MASH (Male Adult meSH) do DEN-UFPE foi convertida para o novo tipo de arquivo de texto SID, que foi acoplado ao EGSnrc. O novo MCE, denominado SID para diferenciar do antigo (DATA), foi testado com o algoritmo da fonte planar usado pelo GDN em dosimetria ambiental. Os MCEs SID e DATA foram executados e os arquivos resultantes lidos em um novo aplicativo, o MCEsDataSid, desenvolvido para organizar e exibir os dados simulados. Os resultados dosimétricos foram estatisticamente similares, houve um pequeno ganho em performance e um ganho

substancial em armazenamento dos dados. Assim, a metodologia SID foi validada e será usada em futuras publicações do GDN.

Referências bibliográficas: 1. Vieira JW, Lima FRA. A Software to Digital Image Processing to Be Used in the Voxel Phantom Development. *Cellular and Molecular Biology*. 2009; 55, 16-22. 2. Kramer R, Cassola VF, Khoury HJ, Vieira JW, Lima VJM, Brown KR. FASH and MASH: Female and Male Adult Human Phantoms Based on Polygon Mesh Surfaces: II. Dosimetric Calculations. *Phys. Med. Biol.* 2010; 55, 163-189, <https://doi.org/10.1088/0031-9155/55/1/010>. 3. Kramer R, Cassola VF, Vieira JW, Khoury HJ, Lira CABO, Brown KR. Skeletal Dosimetry Based on μ CT Images of Trabecular Bone: Update and Comparisons. *Phys. Med. Biol.* 2012; 57, 3995-4021. 4. Vieira JW, Leal Neto V, Lima Filho JM, Domingues MAO, Lima FRA. Otimização de Variáveis Radiais na Modelagem de Fontes Radioativas Planares Usando Métodos Monte Carlo Não Paramétricos. *Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics*. 2015; 3, nº 1, <https://doi.org/10.5540/03.2015.003.01.0258>. 5. ICRP 103. *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 103, Elsevier Ltd, 2007.

Palavras-chave: Modelos Computacionais de Exposição, Fantoma de Voxels, EGSnrc, Monte Carlo.

Trabalho 57**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** "El Poder de las Herramientas Digitales y los Vídeos Explicativos: Impulsando el Aprendizaje de los Profesionales Jóvenes en Física Médica y Radiaciones Ionizantes"**Autor principal:** OMAR LUIS ARIAS CURATOLO**Autores:****Instituição:** SEROFCA/ UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**Cidade-UF:** caracas. venezuela

En un mundo cada vez más digitalizado, el acceso a herramientas educativas innovadoras se vuelve fundamental para el desarrollo profesional y académico de los jóvenes estudiantes y profesionales en formación. En este contexto, los vídeos explicativos y las plataformas en línea, como el canal de YouTube Serofca, desempeñan un papel crucial al proporcionar contenido educativo de calidad y accesible. Con más de 8100 suscriptores y un total de 961,531 vistas, y más de 50.601 horas de visualización Serofca se destaca como un recurso valioso para aquellos interesados en explorar los conceptos de física médica y el uso seguro de radiaciones ionizantes en Latinoamérica y el Caribe. A través de su enfoque claro y didáctico, Serofca ofrece una amplia gama de temas relevantes para los profesionales jóvenes y en formación en estos campos especializados. Desde explicaciones detalladas sobre los principios fundamentales de la radiación ionizante hasta demostraciones prácticas de técnicas de protección radiológica, el canal proporciona una plataforma educativa rica en contenido y recursos. La capacidad de acceder a información actualizada y confiable de manera rápida y conveniente a través de vídeos explicativos se vuelve especialmente relevante para los profesionales más jóvenes, quienes buscan ampliar sus conocimientos y habilidades de forma eficaz y dinámica. Serofca, con su enfoque en la divulgación científica de calidad, se posiciona como un aliado indispensable en el proceso de aprendizaje y crecimiento profesional de esta audiencia clave. Al aprovechar las herramientas digitales y los recursos en línea, los profesionales jóvenes y en formación pueden beneficiarse enormemente al expandir su comprensión de conceptos complejos y adquirir las habilidades necesarias para enfrentar los desafíos del campo de la física médica y las radiaciones ionizantes. Así, al analizar las edades de los espectadores, las cuales se encuentran en mayor proporción entre los 18 y los 44 años nos damos cuenta que el canal se convierte en un referente para los estudiantes y para los jóvenes profesioanles, y al conectar esta información con las áreas geográficas, las ciudades con más vistas y los dispositivos desde donde se conectan, hemos llegado a conclusiones muy precisas en relación a la combinación de la tecnología y la educación especializada como motor

poderoso para el desarrollo y la excelencia en estas áreas críticas de la ciencia y la medicina. Al evaluar todos los datos demográficos, correlacionarlos con edad y dispositivos desde los cuales se conecta la mayoría de la audiencia, vimos como el enfoque de abordaje de temas estilo conversatorio, con interacción en tiempo real con la audiencia y con algunas imágenes de soporte pero SIN el uso de diapositivas, son esquemas mucho mejores de generar interacción en este tipo de temas tan específicos.

Referências bibliográficas: 1. ACUERDO DE COOPERACION REGIONAL PARA LA PROMOCION DE LA CIENCIA NUCLEAR Y TECNOLOGIA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE (ARCAL-XLIX / OIEA). Protocolo de Control de Calidad en Radiodiagnóstico (Implementación de las Normas Básicas de Seguridad en las Prácticas Médicas). 2001 2. COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN) 218-1:2000. Protección contra las Radiaciones Ionizantes Provenientes de Fuentes Externas Usadas en Medicina. Caracas, Venezuela. 2.000 3. COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN) 3299:1997. Programa de Protección Radiológica. Requisitos. Caracas, Venezuela. 1.997 4. GACETA OFICIAL ORDINARIA No. 38.572. Resolución 401 del Ministerio del Poder Popular para la Salud. Caracas, Venezuela. 27 de noviembre de 2006 5. NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA PARA LA PROTECCION DE LAS PERSONAS Y EL MEDIO AMBIENTE. Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad; Requisitos de Seguridad Generales, Parte 3 N° GSR Part 3, Vienna 2016. 6. IAEA SAFETY STANDARS FOR PROTECTING PEOPLE AND THE ENVIROMENT. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, Specific Safety Guide No. SSg-46; Vienna 2018.

Palavras-chave: divulgación científica, herramientas tecnológicas, youtube, conversatorios

Trabalho 58**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Formação de recursos humanos**Título:** Encouraging Future Scientists: The Importance of Introducing Female Scientists to Girls Aged 10 to 14**Autor principal:** JULIANA MENDES NOGUEIRA**Autores:** Camila Stramandinoli Deamatis; Maria José Fontana Gebara**Instituição:** Universidade Federal de São Carlos**Cidade-UF:** Sorocaba - SP

Promoting gender equity in the scientific universe is an advancement for science and for society as a whole, as historically, women face cultural, social, and institutional barriers in scientific fields. Despite significant advances, women still face substantial obstacles to achieving full equality in the fields of science, technology, engineering, and mathematics (STEM). Introducing female scientists to girls aims to break gender stereotypes and encourage young people to pursue scientific careers to correct these inequalities. Based on this, the "Little Scientists" project, developed by the Federal University of São Carlos (UFSCar) at the Sorocaba campus, aims to inspire and encourage young people to pursue their interests in science through specific educational and mentoring programs. This project is an example of an initiative aimed at promoting gender equity in the scientific field, offering girls aged 10 to 14 the opportunity to explore the world of science. The initiative includes lectures by female scientists, mentoring opportunities, and laboratory visits. By utilizing an active learning methodology, the project engages girls in experiments and discussions, allowing direct interaction with female scientists. This format has proven to be effective in improving participants' self-confidence and increasing their interest in scientific careers. Preliminary results show an increase in participants' interest and confidence in science, with positive feedback highlighting the impact of female role models. This initiative underscores the importance of providing young people with positive experiences and role models in STEM, contributing to greater gender equity in science. Thus, introducing female scientists to school-aged girls proves to be a fundamental strategy for encouraging the next generation of female scientists and promoting gender equity in science, thus enabling the construction of a more diverse and inclusive scientific future. Furthermore, it should be noted that the authors are structuring the project "Scientists of Tomorrow: Discovering Science From an Early Age" in partnership with the company Amazônia Azul Tecnologias de Defesa S.A - AMAZUL, because as they have seen, it is essential to invest in education scientific and demonstrate the commitment of state-owned companies to social development and education.

Referências bibliográficas: CAIRES, Luanne; BALBI, Maria Isabel; SILVA, Luis Paulo. Crescem iniciativas que dão visibilidade a mulheres cientistas e divulgadoras de ciência. Jornal da Unicamp, Campinas, (2018). Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/index.php/ju/noticias/2018/12/14/crescem-iniciativas-que-dao-visibilidade-mulheres-cientistas-e-divulgadoras> Cheryan, S., Ziegler, S. A., Montoya, A. K., & Jiang, L. (2017). Why are some STEM fields more gender balanced than others? *Psychological Bulletin, 143*(1), 1–35. Page, S. E. (2007). The Difference: How the Power of Diversity Creates Better Groups, Firms, Schools, and Societies. *Princeton University Press*. Smith, J. L., Brown, E. R., Thoman, D. B., & Deemer, E. D. (2013). Losing its expected communal value: How stereotype threat undermines women's identity as research scientists. *Social Psychology of Education, 17*, 269-287.

Palavras-chave: Gender Equity, Young Girls, Sciences, Encouragement

Trabalho 59**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** A Caracterização de Solos de Parques Recreativos em Pernambuco - Brasil: Associações entre Poluição e Doenças Causadas por Aerossóis no Ar.**Autor principal:** VIVIANNE LÚCIA BORMANN DE SOUZA**Autores:** Janice Pereira de Sá Souza, Gabriella Kalyne de Souza Braz, Luana Caroline Domingos da Silva, Waldecy Ananias da Silva**Instituição:** Centro Regional de Ciências Nucleares - Comissão Nacional de Energia Nuclear**Cidade-UF:** Recife - PE

Em 2016 foram contabilizadas 940.000 mortes de crianças em todo o mundo, 2/3 das quais em crianças menores de cinco anos. A maioria era de doenças gastrointestinais e respiratórias causadas pelo ar e pela água poluída. Crianças e idosos são os grupos mais suscetíveis a agravos à saúde, devido à influência da emissão de poluentes na atmosfera pelos veículos automotores e à formação de aerossóis contendo elementos metálicos tóxicos provenientes da atividade de revolvimento do solo em altas concentrações. A poluição também está associada a múltiplas doenças não transmissíveis (DNT) em crianças, incluindo baixo peso ao nascer, asma, câncer e problemas do neurodesenvolvimento. A lista de DNT pediátricas atribuídas à poluição irá provavelmente aumentar à medida que os efeitos dos novos poluentes químicos sobre a saúde forem melhor definidos e forem descobertas associações adicionais entre poluição e doenças. Dois grandes parques, a saber, Santana e Caiara, além do Parque da Jaqueira foram estudados. Os parques atraem os moradores vizinhos, mas seu solo contém quantidades de elementos perigosos, devido à poluição atmosférica. Este trabalho tem como objetivo caracterizar os solos de parques e praças do Recife. O equipamento utilizado nas análises do solo “in natura” após peneiramento, foi o EDXRF (Fluorescência de Raios X por Dispersão de Energia); análises de extração sequencial foram realizadas pelo método de Tessier e colaboradores (1979). O resultado encontrado em ordem decrescente dos oligoelementos no Parque Caiara foram: Si> Al> Fe> K> Ca> Ti> Sr, e no Parque Santana foram: Si> Al> Fe> K> Ti> Ca> Sr. O Alumínio apresentou os maiores teores, seguido pelo K e Ca indicando ser de origem crustal, mas o Pb pode ser considerado um contaminante. No Parque da Jaqueira os metais foram encontrados em frações menos biodisponíveis que nos demais parques.

Referências bibliográficas: ADRIANO, D. C. Trace Elements in the Terrestrial Environment. New York, Springer-Verlag, 1986. 147p. AGUIAR, J.E; MARINS, R.V.;

ALMEIDA, M. D.; Comparação de metodologias de digestão de sedimentos marinhos para caracterização da geoquímica de metais-traço na plataforma continental nordeste oriental brasileira. *Geochimica Brasiliensis*, v. 21, n. 3, p. 304 -323. 2007. ALAMGIR, M.; ISLAM, M.; HOSSAIN, N.; KIBRIA, M. G.; RAHMAN. M. M. Assessment of heavy metal contamination in urban soils of Chittagong City, Bangladesh. *International Journal of Plant Production*, vol.7, n. 6, p. 362–372. 2015. ALLEONI, L.R.F.; IGLESIAS, C.S.M.; MELLO, S.C. et al. Atributos do solo relacionados à adsorção de cádmio e cobre em solos tropicais. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.27, n.4, p.729-737, 2005. AMARAL-SOBRINHO, N. M. B.; VELOSO, A. C. X.; COSTA, L. M.; OLIVEIRA, C. Solubilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.21, p. 9-16. 1997. BEVILACQUA, J.E., 1996. Estudos sobre a Caracterização e Estabilidade de Amostras de Sedimentos do Rio Tietê, SP. Tese de Doutorado do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP. 171f. 1996. B. BELADEL, B. NEDJIMI, A. MANSOURI, M. E. A. BENAMAR. Trace elements determination in Algerian wheat by instrumental neutron activation analysis (INAA). *J Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 293, p. 497–50. DOI 10.1007/s10967-012- 1784-0. 2012. BERTONCINI, E.I.; MATTIAZZO, M.E. Mobilidade de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.737-744, 1999. BRAYNER, F.M.M. Determinação de taxas de retenção de metais-traço por sedimentos orgânicos em um viveiro de piscicultura em área estuarina e urbana. São Carlos, 1998, 103 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, 1998 CPRH-Agência estadual de meio ambiente. Instrução normativa CPRH n° 007/2014. Diário Oficial do Estado de Pernambuco – Poder Executivo. 2014. CRAUL, P.J.A. Description of urban soil and their desired characteristics. *Journal of Arboriculture*, v. 11., p. 330-339. 1985. COTTA, J. A. O.; BRANDÃO, J. F. C.; LIMA, E. N.; ARAÚJO, M. A. T. F.; TIBÚRCIO, C. S. Especificação química de metais em sedimento do rio Conceição/MG, *Research, Society and Development*, v. 12, n. 11, e70121143545, 2023 CAÑADAS, R. C.; SANCHIDRIAN, J. R.; RIVERO, V. C. Distribución de Pb, Cd, Cu y Cr entre distintas fases sólidas em algunos tipos de suelos. *Anales de Edafología y Agrobiología*, v. 45, p.613-630. 1986. CANDELARIA, L. M.; CHANG, A. C. Cadmium activities, solution speciation and solid phase distribution of Cd in cadmium nitrate in sewage sludge-treated soil system. *Soil Science*, v. 162, n. 10, p. 722-732. 1997. CHANG, A. C.; PAGE, A. L.; WARNEKE, J. E.; GRGUREVIC, E. Sequential extraction of soil heavy metals following a sludge application. *Journal of Environmental Quality*, v. 13, n.1, p. 33-38.1984. EMMERICK, W. E.; LUND, L.J.; PAGE, A. L. CHANG, H.M. Solid phases forms of heavy metals in sewage sludge-treated soils. *Journal of Environmental Quality*. v. 11, p.174-178. 1982. FABIAŃSKA, M. J.; KOZIELSKA, B.; KONIECZYŃSKI, J.; BIELACZYK, P. Occurrence of organic phosphates in particulate matter of the vehicle exhausts and outdoor environment – A case study, *Environmental Pollution*, V. 244, pp. 351-360, 2019. FONSECA, C. K. L.; MELO, B. E. S.; SOUZA, V. L. B.; BARBOSA, S. D.; SILVA, W. A. Environmental quality evaluation of soil from Pernambuco's recreation park. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, v.06, p.01 - 17, 2018. GISMERA, M. J.; LACAL, J.; SILVA, P.; GARCÍA R.; SEVILLA, M. T.; PROCOPIO, J. R. Study of metal fractionation in river sediments: a comparison between

kinetic and sequential extraction procedures. *Environ. Pollut.* v. 127, p.175 – 182. 2004. GUILHERME, L. R. Poluição do solo e qualidade ambiental. In: congresso brasileiro de ciência do solo, 26°, 1999, Brasília. Anais... Brasília: SBCS, 1999. CD-ROM. 1999. GUILHERME L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q.; CAMPOS, M. L.; MARCHI, G. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J. Tópicos de ciência do solo, v.4 Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, p.345-390. 2005. HARRISON, R. M., LAXEN, D. P. H.; WILSON, S. J. Chemical association of lead, cadmium, copper and zinc in street dust and roadside soil. *Environmental Science and Technology*, v. 15, p. 1378-1383. 1981. KOVÁCS, K.; HALÁSZ, G.; TAKÁCS, A.; HELTAI, G.; SZÉLES, É.; GYÓRI, Z.; HORVÁTH, M.; Arsenic And Trace Metals In Water And Sediment Of The Velhas River, Southeastern Iron Quadrangle Region, Minas Gerais, Brazil. *Microchemical Journal*. 2018, 136, 80. KIEKENS, L. Behavior of heavy metals in soils. In: BERGLUND, S.; DAVIS, R.D.; L'HERMITE, P. (Ed.) Utilization of sewage sludge on land: rates of application and long-term effects of metals. Dordrecht: D. Reidel Publishing, 1983. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 13528:2005 - Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. ISO. 2005. LIMA, V.L.; SOUZA, V.L.B.; NASCIMENTO, R.K.; SANTOS, P.N.C.; ALMEIDA, M.G.O.; HAZIN, C.A. Metal fractionation in sediments as a tool for assessing the availability of trace metals: The case of Apipucos Reservoir. *Radiation Physics and Chemistry* (1993), v.95, p.329 - 332, 2014. LING, YAN; ZHANG, JIXIONG; XIAO, XIN; WANG, LI. Risk Assessment of Heavy Metals in Overlapped Areas of Farmland and and Coal Resources in Xuzhou, China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2021. Doi: 10.1007/s00128-021-03337-x. LUND, L. J.; PAGE, A. L.; SPOSITO, G. Determination and prediction of chemical forms of trace metals in sewage sludges and sludge-amended soil. Technical Report of Environmental Protection Agency. 1980. PEREIRA, J. C, GUIMARÃES-Silva, A. K. Nalini Júnior, H. A.; Pacheco-Silva, E.; Lena, J. C. DISTRIBUIÇÃO, FRACIONAMENTO E MOBILIDADE DE ELEMENTOS TRAÇO EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS, *Quimica Nova*, Vol. 30, No. 5, 1249-1255, 2007. PÉREZ-MORENO, S. M.; GÁZQUEZ, M. J.; PÉREZ-LÓPEZ, R.; BOLIVAR, J. P.; Validation of the BCR sequential extraction procedure for natural radionuclides. *Chemosphere*, 198, 397.2018 PEIJNENBURG, W.J.G.M.; JAGER, T. Monitoring approaches to assess bioaccessibility and of metals: matrix issues. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.56, p.63-77, 2003. . REIS, D. A. DOS; MARQUES, L. DE S.; NASCIMENTO, L. P.; SANTIAGO, A. F. Potencial de risco dos sedimentos de fundo afetados por rejeitos de mineração oriundos da barragem de Fundão/ Brasil. *Research, Society and Development*, 9 (7), e611974041. 10.33448/rsd-v9i7.4041. 2020. SALOMONS, W.; FÖRSTENER, U. Trace metals analysis on polluted sediments, part II. Evaluation of Environmental Impact. *Environmental Technology Letters*, v. 1, p. 506-517. 1980. SHARAMEL, O.; MICHALKE, B.; KETTRUP, A. Study of the copper distribution in contaminated soils of hop fields by single and sequential extraction procedures. *Science of the Total Environment*, v. 263, p. 11-22. 2000 SILVA, D. C.; BELLATO, C. R., MARQUES-NETO, J. O.; FONTES, M. P. F. Arsênio e metais traço em águas e sedimentos do rio das Velhas, quadrilátero ferrífero sudeste, Minas

Gerais, Brasil. *Química Nova*, 41, 1011-1018. 2018. SPOSITO, G. The chemistry of soils. New York, Oxford University Press, 1989. 345p. STOVER, R. C.; SOMMERS, L.E.; SILVEIRA, P. J. Evaluation of metals in wastewater sludge. *Journal of the Pollution Control Federation*, v.48, p. 2165-2175.1976. SPOSITO, G.; LUND, L. J.; CHANG, A. C. Trace metal chemistry in arid-zone field soil amended with sewage sludge I: Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. *Soil Science Society of America Journal*. v. 46, p.260-264.1982. SOUZA, V. L. B.; HAZIN, C.A.; LIMA, R. A. Trace element dating by ²¹⁰Pb: application to an estuarine lagoon. *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res. A*. v.580, p. 690-693. 2007. SOUSA, E. E.; PAIVA, J. D. D.; FRANÇA, E. J.; ALMEIDA, M. E. S.; CANTINHA, R. S.; HAZIN, C. A. Qualidade nas análises químicas de matrizes biológicas pela fluorescência de raio-X por dispersão de energia. *International Nuclear Atlantic Conference – INAC 2013*. Recife, 2013. 1 DVD – Rom. SOUZA, V. L. B.; BARBOSA, S. D.; SILVA, L. C. D.; SILVA, W. A. Soil metals and sediments: a review. *Journal of Engineering Research*, v. 2, p. 2-6. 2022. TESSIER, A., CAMPBELL, P. G., BISSON, M., Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, v. 51, p. 844 - 851. 1979. THOMAS, R. L. A protocol for the selection of process-oriented remedial options to control in situ sediment contaminants. *Hydrobiologia*, v. 149, p. 247 –258. 1987. TIGHE, M.; LOCKWOOD, P.; WILSON, S.; LISLE, L. Comparison of Digestion Methods for ICP-OES Analysis of a Wide Range of Analytes in Heavy Metal Contaminated Soil Samples with Specific Reference to Arsenic and Antimony. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 35, n. 9 - 10, p. 1369–1385. 2004. TAYLOR, R. W.; XIU, H. MEHADI, A. A.; SHUFORD, J. W.; TADESSE, W. Fractionation of residual cadmium, copper, nickel, lead and zinc in previously sludge-amended soil. *Communications in soil science and plant analysis*. v. 26. p. 2193-2204. 1995. TESSIER, A.; CAMPBELL, P. G.; BISSON, M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, v. 51, p. 844 - 851. 1979. TESSIER, A.; CAMPBELL, P. G.. Partitioning of trace metals in sediments: relationships with bioavailability. *Hydrobiologia*, v. 149, p. 247-258. 1987. WANG, P; QU, E.; LI, Z; SHUMAN, L. M. Fractions and availability of nickel in loessial soil amended with sewage sludge. *Journal of Environmental Quality*, v. 26, p. 795 –801. 1997 XIANGDONG-LI; Coles, B.J. , Michael H. Ramsey, Iain Thornton Sequential extraction of soils for multi-element analysis by ICP-AES. *Chem. Geol.* 124, 109-123.1995. ZHAO X., GAO B., DONGYU X., GAO L., YIN S. Heavy metal pollution in sediments of the largest reservoir (Three Gorges Reservoir) in China: a review. *Environmental Contamination and Toxicology*, 24, 20844-20858. 2017.

Palavras-chave: metais-traço, poluição atmosférica, solo, parques do Recife.

Trabalho 60**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** NORM NAS INSTALAÇÕES DE ÓLEO E GÁS**Autor principal:** PEDRO HENRIQUE PREZA DA SILVEIRA COSTA**Autores:** Gustavo Fortins, Gabriel Jabarra**Instituição:** Jabarra Radioproteção**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

Introdução De acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) é o acrônimo inglês para designar o material radioativo de ocorrência natural encontrado no subsolo rochoso que, por vezes, acompanha materiais de interesse econômico, e que durante sua exploração, pode ser trazido à superfície, difundindo-se no meio ambiente. Pela possibilidade de existência de NORM nos reservatórios de óleo e gás, instalações que realizam atividades nesta indústria estão sujeitas a regulações específicas que visam a proteção radiológica dos trabalhadores e correto gerenciamento do rejeito radioativo. Material e métodos Através de visitas técnicas, monitorações das taxas de dose equivalente e pormenorização do arcabouço legislativo propõe-se contextualizar o cenário de exploração e produção de óleo e gás, descrever detalhes operacionais dos diferentes tipos de unidades que atuam neste mercado, apontar os riscos à saúde dos trabalhadores dentro do no que se refere a radioproteção, descrever o rejeito característico proveniente do processo produtivo de óleo e gás e especificar requisitos básicos de acondicionamento do rejeito radioativo. Resultados Tendo como referência as legislações do Brasil, as práticas globais de operações de unidades da indústria de óleo e gás, e vivências em campo no cenário da radioproteção e gerenciamento de rejeito radioativo foi possível perceber que o cenário de exploração e produção de óleo e gás é extremamente complexo e abrange diversos tipos de unidades e instalações voltadas para o atendimento às demandas do setor de óleo e gás, cada uma destas com sua função específica no processo. Foi possível constatar que o nível de acúmulo de NORM e os pontos de interesse onde há maior probabilidade de ocorrência de NORM podem variar substancialmente de um tipo de instalação para outro. Conclusão O material radioativo de ocorrência natural proveniente da indústria de O&G possui, historicamente, baixa concentração de elementos radioativos e conseqüentemente, baixos valores de taxa de dose equivalente. Porém, por ser gerado em grandes volumes e pelas atividades de limpeza/inspeção envolverem o possível contato direto dos colaboradores com este material, deve-se atentar para as medidas relativas à proteção radiológica e ao correto

gerenciamento deste rejeito, que devem ser específicas para cada tipo de unidade ou instalação que realiza este tipo de atividade.

Referências bibliográficas: [1] Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). NN 2.06: Limites de Dose Para Ocupacionais para Indivíduos Adultos - Diretrizes Básicas. Rio de Janeiro, 2011. [2] Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). NN 3.01: Portaria de Altos Níveis de Radiação - Requisitos Básicos. Rio de Janeiro, 2011. [3] Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). NN 3.02: Diretrizes Básicas de Radioproteção em Radiodiagnóstico Médico. Rio de Janeiro, 2011. [4] Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). NN 5.01: Licenciamento de Instalações Nucleares - Requisitos Básicos. Rio de Janeiro, 2013. [5] Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). NN 8.01: Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Rio de Janeiro, 2012. [6] Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Resolução CNEN 288: Regulamentação das Atividades de Limpeza e Acondicionamento de Rejeitos Contendo Radionuclídeos de Ocorrência Natural. Rio de Janeiro, 2021. [7] International Association of Oil & Gas Producers (IOGP). IOGP Report 520: Radiation Protection in the Oil and Gas Industry. [Inserir Local de Publicação, se aplicável]: IOGP, [2014]. [8] Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP). Norma Regulamentadora 37: Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo. Brasília: Ministério da Economia, [2022].

Palavras-chave: NORM, Óleo e Gás, Rejeito Radioativo, Proteção Radiológica, Limpeza, Acondicionamento, Armazenamento.

Trabalho 61**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Caracterização de um MOSFET comercial como detector em campos pequenos de fótons de Raio X com 6 MV e sua validação através de intercomparação.**Autor principal:** LUIZ FLÁVIO KALIL TELLES**Autores:** Luiz Antônio Pereira dos Santos; Laura Maria Soares Correia**Instituição:** Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste**Cidade-UF:** Recife-PE

Dosimetria de campos pequenos tem se mostrado muito importante para o avanço de técnicas de Radioterapia tal como Radioterapia Estereotáxica (SRT). A medida relativa do fator output, utilizado na radioterapia, quando avaliada para campos pequenos têm adicionais dificuldades em relação aos campos maiores. A média do volume do detector, a perturbação da fluência de fótons, o desequilíbrio eletrônico lateral e a resposta energética não uniforme significam que são necessárias uma seleção e avaliação cuidadosa dos detectores. O MOSFET é um detector de radiação largamente utilizado na dosimetria in-vivo de pacientes tratados na Radioterapia. O objetivo deste trabalho é caracterizar o MOSFET STQ2HNK60ZR-AP para dosimetria de campos pequenos para feixe de fótons de 6 MV. As desejáveis propriedades dos dosímetros são: precisão, linearidade e dependência da resposta com a taxa de dose, com a dose e com a energia. Os fatores de correção calculados para os detectores comerciais descritos no protocolo da IAEA, TRS 483, será calculado para o MOSFET por um modelo matemático desenvolvido a partir da solução da equação de transporte com aproximações. O resultado de fator output medido pelo MOSFET, para os campos 2 x 2 e 1 x 1 cm², foi comparado com o medido pelo diodo DIV da (Standard Image) sendo que a maior diferença encontrada foi de 2%, para o fator de output do campo 1 x 1 cm². Este resultado mostra que o MOSFET utilizado nesta pesquisa é um promissor detector em campos pequenos de radioterapia. Uma intercomparação com outros detectores comerciais, tais como detector de diamante (microDiamond-PTW) e o diodo (Razor – IBA, Edge – SUN NUCLEAR) também estão apresentados.

Referências bibliográficas: 1- Supriya Mallick, Prashanth Giridhar, Goura K. Rath; EVIDENCE BASED PRACTICE IN NEURO-ONCOLOGY; ISBN 978-981-16-2658-6 ISBN 978-981-16-2659-3 (eBook) <https://doi.org/10.1007/978-981-16-2659-3> 2021 2- TRS 483; DOSIMETRY OF SMALL STATIC FIELDS USED IN EXTERNAL BEAM RADIOTHERAPY; INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; Vienna 2017 3- CROP, F., et al., The influence of small field sizes, penumbra, spot size and measurement

depth on perturbation factors for microionization chambers, *Phys. Med. Biol.* 54 (2009) 2951–2969. 4- CHARLES, P.H., et al., The effect of very small air gaps on small field dosimetry, *Phys. Med. Biol.* 57 (2012) 6947–6960. 5- ATTIX, F.H., *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*, John Wiley & Sons, New York (1986). 6- Andrew N. McGrath, Samane Golmakani, Timothy J. William; Determination of correction factors in small MLC-defined fields for the Razor and microSilicon diode detectors and evaluation of the suitability of the IAEA TRS-483 protocol for multiple detectors; *Journal of Applied Clinical, Medical Physics*; Received: 15 December 2021 Revised: 31 March 2022 Accepted: 3 May 2022 DOI: 10.1002/acm2.13657 7- FENWICK, J.D., KUMAR, S., SCOTT, A.J., NAHUM, A.E., Using cavity theory to describe the dependence on detector density of dosimeter response in non-equilibrium small fields, *Phys. Med. Biol.* 58 (2013) 2901–2923. 8- CZARNECKI, D., ZINK, K., Monte Carlo calculated correction factors for diodes and ion chambers in small photon fields, *Phys. Med. Biol.* 58 (2013) 2431–2444. 9- CHARLES, P.H., et al., Monte Carlo-based diode design for correction-less small field dosimetry, *Phys. Med. Biol.* 58 (2013) 4501–4512. 10- Yuichi Akino, Masateru Fujiwara, Keita Okamura, Hiroya Shiomi, Hirokazu Mizuno, Fumiaki Isohashi, Osamu Suzuki, Yuji Seo, Keisuke Tamari and Kazuhiko Ogawa; Characterization of a microSilicon diode detector for small-field photon beam dosimetry; *Journal of Radiation Research*, Vol. 61, No. 3, 2020, pp. 410–418 11- KHAN, F. M., John, P. Gibbons. *Khan's the physics of radiation therapy*. Lippincott Williams & Wilkins, 2010. 12- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity Modulated Radiotherapy Therapy (IMRT), ICRU Rep. 83, ICRU Bethesda, MD (2010). 13- Verhagen, F., Seuntejns, J.; Monte Carlo modelling of external radiotherapy photon beams; 2003 *Phys. Med. Biol.* 48 R107 14- Rogers, D. W. O.; Fifty years of Monte Carlo simulations for medical physics; Citation D W O Rogers 2006 *Phys. Med. Biol.* 51 R287 DOI 10.1088/0031-9155/51/13/R17 15- SHEIKH-BAGHERI, D.; ROGERS, D. W. O. Monte Carlo calculation of nine megavoltage photon beam spectra using the BEAM code. *Medical Physics*, v. 29, n. 3, p. 391–402, 21 fev. 2002. 16- Mohan, R., Chui, C., Lidofosk, L.; Energy and angular distributions of photons from medical linear accelerators; *Med Phys* 1985 Sep-Oct; 12(5):592-7. doi: 10.1118/1.595680 17- Fogliata, A., Nicolini, G., Clivio, A.; Dosimetric Evaluation of Acuros XB Advanced Dose Calculation algorithm in heterogeneous media; *Fogliata et al. Radiation Oncology* 2011, 6:82 <https://journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-717X-6-82> 18- *Transport theory* / James J. Duderstadt, William R. Martin. Duderstadt, James J., 1942- New York : Wiley, c1979. <http://hdl.handle.net/2027/mdp.39015040316401> 19- Kim, J., Shin, D. O., Choi, S. H., Min, S.; Guideline on Acceptance Test and Commissioning of High-Precision External Radiation Therapy Equipment; *Progress in Medical Physics* 29(4), December 2018; <https://doi.org/10.14316/pmp.2018.29.4.123> eISSN 2508-4453 20- 3. Nath, R., Biggs, P. J., Bova, F. J., Ling, C. C., Purdy, J. A., Geijn, J. V.; *AAPM code of practice for radiotherapy accelerators: report of AAPM Radiation Therapy Task Group 45*; 1994. 21- Souza, L.; *PHANTOM-TELLES: SISTEMA DE MEDIDAS PONTO A PONTO PARA PROCEDIMENTOS DOSIMÉTRICOS EM RADIOTERAPIA*; Tese de Doutorado; Programa de Pós-Graduação em Física; Centro de ciencias Exatas e Tecnologia;

Universidade Federal de Sergipe (2023). 22- A. Sathish Kumar, S. D. Sharma¹, B. Paul Ravindran; Characteristics of mobile MOSFET dosimetry system for megavoltage photon beams; Department of Radiotherapy, Christian Medical College, Vellore, Tamil Nadu, 1 Radiological Physics and Advisory Division, Bhabha Atomic Research Centre, CTCRS Building, Anushaktinagar, Mumbai, India; Journal of Medical Physics, Vol. 39, No. 3, 2014 23- Laryssa Kurjewicz, Anita Berndt; Measurement of Gamma Knife® helmet factors using MOSFETs; MEDICAL PHYSICS; Março de 2007, pág. 1007 à 1012 24- Johns, H. E.; Cunningham, J. R.; The Physics of Radiology; edição IV; CHARLES C THOMAS PUBLISHER 1983

Palavras-chave: Detetores de estado sólido, MOSFET, Dosimetria, Campos Pequenos.

Trabalho 62**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** Correlação entre concentração de atividade e taxa de dose para material radioativo natural**Autor principal:** GABRIEL PESSANHA JABARRA**Autores:** Camila Gyuricza ; Yuniel Tejada**Instituição:** Jabarra Radioproteção**Cidade-UF:** Niterói-RJ

O primeiro relatório oficial sobre a identificação de Materiais Radioativos de Ocorrência Natural (NORM) na indústria de Petróleo e Gás no Brasil ocorreu em 1988, e sua relevância foi de fato considerada a partir da década de 1990, com o objetivo de garantir a proteção dos trabalhadores envolvidos no manuseio dos materiais identificados. A partir da década de 2010, ficou evidente a necessidade de regulamentar as atividades que envolvem NORMA da indústria de Petróleo e Gás, especialmente com foco na dispensa incondicional de rejeitos radioativos, regulamentada pela Norma CNEN NN 8.01 - GERENCIAMENTO DE REJEITOS RADIOATIVOS DE BAIXO E MÉDIO NÍVEL DE RADIAÇÃO, ABRIL DE 2014. Os primeiros limiares considerados para classificar esse tipo de material como rejeito radioativo foram 100,0 Bq/g para concentração de atividade de radionuclídeos na borra oleosa, posteriormente reduzidos para 10,0 Bq/g em 2005 e, finalmente, para 1,0 Bq/g pela norma supracitada. Considerando o risco do manuseio inadvertido deste material, faz-se necessário propor um método que permita a classificação em campo, mesmo que preliminar, dos rejeitos radioativos gerados a bordo das unidades marítimas de forma ágil e segura. Para tanto, propõe-se estabelecer, por meio da análise de dados reais coletados na indústria, uma correlação entre taxa de dose de materiais embalados ($\mu\text{Sv/h}$) e a atividade de radionuclídeos (MBq) determinada em laboratório radiométrico. A análise recomendada para a caracterização desses radionuclídeos é a espectrometria gama, devido às vantagens técnicas que oferece. No entanto, esses testes são comumente realizados em laboratórios especializados, seguindo normas técnicas rigorosas. Para esta análise, foram selecionadas 1440 embalagens contendo borra oleosa proveniente do processo de produção de petróleo, coletando amostras representativas de cada local de geração, as quais foram analisadas por espectrometria gama, gerando resultados para as concentrações de atividade dos radionuclídeos ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{228}Th . Ao mesmo tempo, resultados de taxa de dose foram compilados na superfície e a um metro de distância desses pacotes. Como esperado para este tipo de material, as maiores concentrações de atividade para os radionuclídeos de interesse foram obtidas para ^{226}Ra . Isso corrobora a possibilidade de se

propor uma correlação entre os resultados dessas concentrações de atividade e taxa de dose de radiação gama nas embalagens. Uma correlação linear foi obtida entre taxa de dose na superfície das embalagens e a atividade de ^{210}Pb , ^{226}Ra e ^{228}Ra até aproximadamente 1,5 MBq, após este nível a taxa de dose foi constante com o aumento da concentração de atividade dos radionuclídeos. No caso das leituras de taxa de dose a um metro de distância da embalagem, correlações lineares foram obtidas ao longo de toda a faixa de concentrações de atividade analisadas. Demonstrou-se a perspectiva de utilizar a taxa de dose para avaliar o risco do ponto de vista radiológico, o que pode estar relacionado à concentração de atividade dos radionuclídeos. No entanto, todas as amostras analisadas estavam acima do nível de depuração (1 Bq/g), tornando necessário considerar amostras abaixo deste nível em estudos futuros.

Referências bibliográficas: Norma CNEN NN 8.01 - GERENCIAMENTO DE REJEITOS RADIOATIVOS DE BAIXO E MÉDIO NÍVEL DE RADIAÇÃO, ABRIL DE 2014.

Palavras-chave: NORM, Espectrometria, resíduos, gama

Trabalho 63**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** Acúmulo de NORM em Equipamentos de Plataformas de Petróleo**Autor principal:** DIEGO CARVALHO DOS SANTOS**Autores:****Instituição:** Jabarra Radioproteção**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

Introdução A indústria de petróleo e gás é uma das principais áreas onde a presença de NORM (sigla em inglês para Naturally Occurring Radioactive Material) é uma preocupação significativa. Através desse estudo é possível verificar que NORM pode se acumular em vários equipamentos de plataformas de petróleo, incluindo principalmente trocadores de calor, hidrociclones, vasos separadores, tubulações e tanques de armazenamento. Material e métodos Através da análise dos dados de relatórios de monitoração de taxa de dose equivalente referente a algumas unidades FPSO e da realização de pesquisas sobre o funcionamento dos equipamentos de plataformas de petróleo, propõe-se identificar os principais motivos que levam tais equipamentos serem grandes acumuladores de NORM e quais medidas podem ser tomadas para manter os trabalhadores da unidade e o meio ambiente em segurança. Resultados O acúmulo de NORM é causado principalmente pela interação do petróleo bruto com os minerais do reservatório que contêm radionuclídeos naturais, principalmente ^{226}Ra e ^{228}Ra . Durante a produção, esses radionuclídeos podem se dissolver no petróleo bruto e, posteriormente, precipitar nos equipamentos devido a mudanças de temperatura e pressão. Além disso, incrustações podem ocorrer nas paredes internas de tanques e tubulações em função do carreamento desse material ao longo do sistema de produção. Conclusão A presença de NORM em plataformas de petróleo é um desafio significativo que requer uma gestão eficaz para garantir a segurança e a conformidade com as normas regulatórias. Através de uma compreensão aprofundada dos processos que levam ao acúmulo de NORM, podemos desenvolver estratégias eficazes para mitigar os riscos associados. O gerenciamento adequado de NORM é essencial para garantir a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente. Isso inclui a monitoração regular dos níveis de radiação, a implementação de medidas de controle e a disposição segura dos rejeitos radioativos.

Referências bibliográficas: INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA (IRD): NORM Guia Prático. Rio de Janeiro, 1ª Edição, 236 p (2016). Diretrizes para gerenciamento de materiais radioativos de ocorrência natural (NORM) / Instituto Brasileiro

de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. – Rio de Janeiro: IBP, 2019. “Naturally-Occurring Radioactive Materials (NORM)”, <https://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/radiation-and-health/naturally-occurring-radioactive-materials-norm.aspx> (2021) SOCCOL, O.J. Construção e avaliação de hidrociclone para pré-filtragem da água de irrigação. Piracicaba, São Paulo, 2003. SALVADOR, F.F.; SILVA, N.K.G.; BARROZO, M.A.S.; VIEIRA, L.G.M. Estudo Experimental do tipo de separação de partículas em um hidrociclone concentrador. Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química, Uberlândia, 2014. REIS, M. I. P. et al. Deposição Mineral em Superfícies: Problemas e Oportunidades na Indústria do Petróleo. Revista Virtual de Química, Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Campus do Valonguinho, 24020-150 Niterói RJ, Brasil, v. 3, n. 1, p. 1-16, 5 mar. 2011 THOMAS, J. E., organizador. Fundamentos de engenharia de petróleo. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004

Palavras-chave: NORM, Acúmulo, Radionuclídeos, Petróleo, Equipamentos, Segurança

Trabalho 64**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Segurança de fontes e gestão de rejeitos**Título:** Projeto para construção do Local de Armazenamento de Fontes Radioativas na prática de Medidores Nucleares**Autor principal:** BRUNA BIDINOTE JABARRA**Autores:** Bruna Jabarra**Instituição:** Jabarra Radioproteção**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

Introdução Para atender a um dos requisitos de Licenciamento de Instalações Radiativas, conforme estabelecido pela Norma CNEN-NN-6.02 - Licenciamento de Instalações Radiativas, é necessário obter a Autorização para Construção do Local de Armazenamento de Fontes Radioativas. Este processo inclui a submissão de um Relatório Preliminar de Análise de Segurança (RPAS), que é parte essencial do requerimento da Autorização para Construção. O RPAS deve fornecer todos os dados e informações necessários para a análise das características de segurança envolvidas, além de detalhar as especificações técnicas e os procedimentos de segurança que garantem a integridade física e radiológica das fontes radioativas no local de armazenamento. Adicionalmente, a Norma CNEN-NN-2.06 (Proteção Física de Fontes Radioativas e Instalações Radiativas Associadas) deve ser utilizada como referência. Esta norma estabelece os princípios gerais e requisitos básicos exigidos para a proteção física de fontes radioativas e das instalações radiativas associadas, assegurando que todas as medidas de segurança física sejam adequadamente implementadas. Material e métodos Este trabalho visa detalhar o projeto para a Construção de um Local de Armazenamento de Fontes Radioativas utilizadas em medidores nucleares. O processo de construção envolve a consideração de diversos aspectos cruciais. Primeiramente, é fundamental atender aos requisitos das normas CNEN-NN-6.02 e CNEN-NN-2.06, que garantem a conformidade regulatória e a segurança. A escolha dos materiais de construção deve assegurar tanto a segurança radiológica quanto a integridade estrutural do local. Para atender aos requisitos de proteção radiológica, é utilizado um método de cálculo de taxa de dose equivalente preciso. O projeto arquitetônico deve ser planejado de modo a maximizar a eficiência do espaço e a segurança dos trabalhadores envolvidos e indivíduos do público. As especificações dos radioisótopos são detalhadas para garantir o gerenciamento e armazenamento adequados das fontes radioativas. Além disso, são implementadas medidas robustas de segurança física, incluindo sinalização adequada, alarme de intrusão, equipamentos de monitoração, assim como, portões e cerca de proteção eficazes. Resultados A elaboração detalhada do Relatório Preliminar de Análise de

Segurança (RPAS) assegura que todas as especificações técnicas e procedimentos de segurança estejam em conformidade com os requisitos das normas CNEN-NN-6.02 e CNEN-NN-2.06. É por isso que o processo de obtenção da Autorização para Construção do Local de Armazenamento é de extrema importância, pois garante que as medidas de segurança e proteção radiológica sejam adequadamente planejadas e implementadas. Essa abordagem é essencial para proteger tanto os trabalhadores quanto o público, evitando assim a exposição à radiação ionizante e garantindo a segurança física e radiológica. Conclusão A construção de um local de armazenamento de fontes radioativas para medidores nucleares envolve uma consideração cuidadosa dos requisitos normativos, materiais de construção, métodos de cálculo de dose, projeto arquitetônico, especificações dos radioisótopos, segurança física e inventário de fontes. Seguindo as CNEN-NN-6.02, CNEN-NN-2.06, é possível garantir a segurança radiológica e física necessária, assegurando a proteção dos trabalhadores envolvidos, indivíduos do público e a conformidade com as normas regulatórias.

Referências bibliográficas: Normas CNEN-NN-6.02 e CNEN-NN-2.06.

Palavras-chave: segurança radiológica, CNEN-NN-6.02, CNEN-NN-2.06, fontes radioativas.

Trabalho 65**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** LIMPEZA EM TUBULAÇÃO COM INDICATIVO DE NORM NO DESCOMISSIONAMENTO DE PLATAFORMAS**Autor principal:** ERIKSEN PONTES DA SILVA MATTA**Autores:** Pedro H. Preza**Instituição:** Jabarra Serviços de Radioproteção**Cidade-UF:** Niterói - RJ

Introdução Em uma planta de produção, em períodos planejados e programados, ocorrem limpezas em determinadas tubulações e equipamentos, porém, nem sempre é suficiente para a retirada total de rejeitos/incrustações em seu interior. Devido as características do subsolo e processo de extração, estes materiais alocados no interior da tubulação, podem conter NORM (sigla em inglês para Naturally Occurring Radioactive Material). Após o descomissionamento, essas tubulações e equipamentos são retirados das Unidades e/ou do solo marinho e necessitam de outros processos de tratamento para garantir a remoção total de rejeitos radioativos, estes processos exigem atenção especial com a proteção radiológica dos trabalhadores e o correto gerenciamento do NORM conforme regulamentos específicos. Material e métodos Através da estruturação dos processos, propõe-se descrever detalhadamente as etapas da linha de produção em um cenário de descomissionamento, passando desde o recebimento até o armazenamento da tubulação após a limpeza, descrever ações na detecção de NORM nos rejeitos sólidos e/ou líquidos e especificar os requisitos básicos para o correto acondicionamento do rejeito radioativo. Resultados Tomando como referência as diversas unidades petrolíferas que necessitam/necessitaram da implementação do serviço de radioproteção e gerenciamento de rejeito nos últimos anos devido as legislações e normas regulamentadoras do Brasil, foi possível observar a demanda em que o mercado ainda tem pela frente na etapa do descomissionamento de tubulações e/ou equipamentos do leito marinho e plataformas. A probabilidade de se encontrar NORM faz com que etapas adicionais e rigorosas sejam aplicadas para o correto atendimento das leis e regulamentos específicos. Conclusão O material radioativo de ocorrência natural (NORM) proveniente da indústria de óleo e gás, possui, historicamente, baixa concentração de elementos radioativos e conseqüentemente, baixos valores de taxa de dose equivalente. Porém, por ser gerado em grandes volumes, tendem a incrustar em tubulações/equipamentos, por este motivo conclui-se que, nas atividades de limpeza destes materiais deve-se atentar para as medidas relativas à proteção radiológica e ao correto

gerenciamento do rejeito gerado pela limpeza, que deve ser específica para cada processo a ser realizado.

Referências bibliográficas: - NORMA CNEN NN - 3.01 - NORMA CNEN NE - 3.02 - NORMA CNEN NN - 8.01 - NORMA CNEN NN - 5.01 - Lei No 10.308, de 20 de Novembro de 2001 - NR-37 – Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo - IOGP - Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil and gas industry – Report 412 – March/2016 - Diretrizes para gerenciamento de materiais radioativos de ocorrência natural (NORM) / Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. – Rio de Janeiro: IBP, 2019 - Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Resolução número 288, publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 22 de dezembro de 2021. - IAEA. Safety Reports Series (SRS) No. 34 – Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil & Gas Industry. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria, 2003. - IAEA. TECDOC 1712 – Management of NORM residues. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria, 2013.

Palavras-chave: NORM, Tubulações, Limpeza, Tratamento, Rejeito Radioativo, Proteção Radiológica, Acondicionamento, Armazenamento.

Trabalho 66**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** Segurança Radiológica no Sirius: o Sistema de Rastreabilidade**Autor principal:** ANA LUÍSA DA COSTA VIEIRA**Autores:** Guilherme Toniolo Barreto, Henrique Ferreira Canova, Fernanda do Nascimento Moura**Instituição:** Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais - CNPEM**Cidade-UF:** Campinas - SP

Este artigo apresenta a solução adotada no acelerador de partículas Sirius com o objetivo de que apenas pessoas treinadas pelo Grupo de Proteção Radiológica realizem experimentos nas linhas de luz do acelerador. O Sistema de Rastreabilidade é um sistema que utiliza cartões de identificação RFID como forma de habilitar o procedimento de “Procura”, verificação inicial necessária para a liberação de radiação síncrotron em instalações experimentais. Além disso, o sistema armazena dados de quando e quem realizou o procedimento de procura em um banco de dados, que pode ser consultado pelo Grupo de Proteção Radiológica para monitoramento das atividades. Com os dados obtidos pelo sistema, foi possível verificar que cerca de 13 mil procedimentos de procura foram realizados desde junho de 2023 entre as 13 linhas de luz em operação e comissionamento do Sirius, além de mais de 200 usuários, internos e externos, atualmente habilitados para realizar o procedimento de procura. Do ponto de vista técnico, o sistema é composto por controladores lógicos programáveis da marca Siemens, já implementados para o sistema de proteção pessoal das linhas de luz, leitor de cartões e cartões RFID, gravação de dados no cartão utilizando C# e tecnologias web (html, css, Javascript, php, nodered, mariadb entre outras). Com este artigo, pretendemos elucidar as razões pelo qual o Sistema de Rastreabilidade foi implementado, sua arquitetura técnica e a análise dos registros do procedimento de procura no Sirius.

Referências bibliográficas: LIN, T. F.; WANG, J. P. The Safety Interlock System of Synchrotron Radiation Research Center. In: Proceedings Particle Accelerator Conference. IEEE, 1995. p. 2108-2110. PROJETO SIRIUS, A nova fonte de luz brasileira. Available at < <http://www.lnls.cnpem.br/wpcontent/uploads/2016/08/Livro-do-Projeto-Sirius-2014.pdf> >. Acesso em: 19th june, 2024.

Palavras-chave: rastreabilidade, segurança, acelerador, síncrotron, Sirius

Trabalho 67**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Formação de recursos humanos**Título:** Inovação em Segurança: Treinamento Online em Proteção Radiológica no Sirius**Autor principal:** ANA LUÍSA DA COSTA VIEIRA**Autores:** Fernanda do Nascimento Moura**Instituição:** Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais - CNPEM**Cidade-UF:** Campinas - SP

Este artigo apresenta uma melhoria implementada no treinamento em proteção radiológica realizado no Sirius, uma instalação radiativa de pesquisa no Brasil com acelerador de partículas do tipo síncrotron. O local, atrai pesquisadores de todas as áreas e partes do mundo. O Grupo de Proteção Radiológica atua Sirius, prioriza a segurança radiológica de todos os envolvidos, dessa forma aos pesquisadores recebem um treinamento em proteção radiológica onde é apresentado o procedimento de “Procura”, este procedimento consiste em uma inspeção sequencial da estação experimental que, ao ser finalizado, habilita a linha de luz a receber o feixe de radiação síncrotron. No artigo, será discutida a transição do treinamento presencial para um formato online, juntamente com o planejamento estratégico para essa atividade. Este planejamento considera tanto o público externo, que requer treinamento de acordo com o período da proposta de pesquisa, quanto o público interno, que passa por treinamento anual. No primeiro quadrimestre foram treinados cerca de 200 usuários externos e ao longo do ano de 2024 estão previstos em torno de 150 treinamentos para colaboradores internos. a mudança se mostrou eficaz atrelada ao planejamento das demandas de treinamento, permitindo que haja uma alternância entre presencial e online, tornando a dinâmica de treinamento ágil e assertiva.

Referências bibliográficas: PROJETO SIRIUS, A nova fonte de luz brasileira. Available at < <http://www.lns.cnpem.br/wpcontent/uploads/2016/08/Livro-do-Projeto-Sirius-2014.pdf> >. Acesso em: 20th june, 2024. DE MORAES¹, Isabela Castro et al. Análise para cálculo de blindagem de cabana óptica para linha de luz do Sirius. LIN, T. F.; WANG, J. P. The Safety Interlock System of Synchrotron Radiation Research Center. In: Proceedings Particle Accelerator Conference. IEEE, 1995. p. 2108-2110. Diamond. Health Physics: Radiation Safety Training, 2022. Available at. < https://ionactive.co.uk/training/rps-training?gclid=Cj0KCQiA-JacBhC0ARIsAIxybyN5xDGWX8dijniQ9K0IjpegdKa1s8EpkJykIfOLmmaAQRZG_QVAvcwaAqzREALw_wcB > Last accessed : 20th june, 2024. MAX IV. Safety requirements for users, 2023. Available at <

requirements-for-users/ > Last accessed : 09th july, 2023. CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN-NN-3.01, Diretrizes básicas de proteção radiológica, 2024

Palavras-chave: Treinamentos, síncrotron, radioproteção, transição para formato online

Trabalho 68**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Segurança de fontes e gestão de rejeitos**Título:** EXPORTAÇÃO DE REJEITO RADIOATIVO CONTENDO NORM**Autor principal:** EDUARDO GONÇALVES DIAZ ANDRÉ**Autores:** Gabriel Pessanha Jabarra; Clarice Pessanha Jabarra**Instituição:** Jabarra Serviços de Radioproteção LTDA**Cidade-UF:** Niterói-RJ

Introdução Durante a atividade de extração em poços de petróleo, à medida que o óleo é bombeado para a superfície, a água vai com ele. Este par (água e óleo) contém sais dissolvidos, alguns dos quais podem ser radioativos devido à presença de Ra 226 e Ra 228 e seus produtos de decaimento. Este material radioativo de ocorrência natural é chamado de NORM. O descarte de resíduos sólidos contendo NORM não é permitido em alguns países. No Brasil, nenhuma destinação final é aceita atualmente, então o NORM permanece armazenado nas unidades de produção offshore, causando prejuízos para a indústria de petróleo e gás. Para resolver este problema, um processo pioneiro de exportação de borra oleosa contendo NORM foi desenvolvido pela primeira vez no Brasil para uma empresa de petróleo e gás. O país receptor adota práticas legalmente permitidas que tratam do descarte desse material. Material e métodos No Brasil, o órgão regulador que tem competência legal para autorizar a exportação de materiais radioativos é a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). Portanto, o Plano de Exportação a ser elaborado pela empresa responsável pelos resíduos NORM deve ser submetido à análise desta Comissão e, em caso de parecer favorável, este plano também será encaminhado ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). O material contendo NORM seguiu os passos da figura abaixo. Resultados Para as taxas de dose dos tambores armazenados nas unidades de produção offshore, observou-se que na superfície de cada embalado as taxas de dose variaram de 0,1 a 25,0 $\mu\text{Sv/h}$; e a um metro dos embalados, as taxas de dose variaram de BG a 6,0 $\mu\text{Sv/h}$. Também foi possível classificar o NORM como Baixa Atividade Específica (BAE). Embora cada classificação tenha requisitos específicos, a empresa exportadora considerou todo o embarque com a classificação mais rígida (BAE-I). Conclusão Acreditando que outros países podem enfrentar o mesmo problema que o Brasil, o estudo visa descrever as etapas envolvidas no processo de exportação, além de divulgar para outros países (possíveis receptores de resíduos NORM) essa importante demanda que tende a crescer em países que ainda não definiram uma política para o descarte de NORM em definitivo. Este processo pioneiro de exportação de NORM no

Brasil foi extremamente bem sucedido e tornou-se a principal solução para a destinação deste resíduo nos dias de hoje.

Referências bibliográficas: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma ABNT NBR 10.004/2004 – Classificação de resíduos sólidos. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma ABNT NBR 16.725/2014 – Resíduo químico - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Ficha com dados de segurança de resíduos químicos (FDSR) e rotulagem. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma ABNT NBR 7.503/2016 – Transporte de produtos perigosos. Ficha de emergência e envelope para o transporte. BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações/Comissão Nacional de Energia Nuclear/Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear. PORTARIA Nº 377, DE 16 DE JULHO DE 2020, publicada em 20 de julho 2020 – Edição 137, seção 1, página 7. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear Divisão de Normas (DINOR). Glossário de Segurança Nuclear. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Guia de Licenciamento 5.1 – Formato padrão para elaboração do Plano Geral de Transporte. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Guia de Licenciamento 5.2 – Formato padrão para elaboração do Relatório de Análise de Segurança de Embalagem para Transporte de Materiais Radioativos. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Guia de Licenciamento 5.3 – Formato padrão para elaboração do Programa de Garantia da Qualidade para o Transporte de Materiais Radioativos. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Norma CNEN NE 3.02 – Serviços de Radioproteção. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Norma CNEN NN 5.01 – Regulamento para o Transporte Seguro de Materiais Radioativos (Resolução CNEN 271/21). BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Norma CNEN NN 5.04 – Rastreamento de Veículos de Transporte de Materiais Radioativos (Resolução CNEN 148/13) . BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Norma CNEN NN 3.01 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Norma CNEN NN 7.01 – Certificação da Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Norma CNEN NN 8.01 – Gerência de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Posição Regulatória 3.01/004:2011 – Restrição de dose, níveis de referência ocupacionais e classificação de áreas. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Resolução 03/65 – Fixa normas para aplicação dos dispositivos da Lei nº 4.118 (de 27 de agosto de 1962) e de seu regulamento aprovado pelo Decreto nº 51.726 (de 19 de fevereiro de 1963) no que se referem aos minerais, minérios nucleares e de interesse para a energia nuclear. Abril de 1965. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Resolução 04/69 – Define regras para o exportador e importador de minerais ou minérios que contenham elementos nucleares. Março de 1969. BRASIL. Comissão Nacional De Energia Nuclear (CNEN). Resolução 08/77 – Esclarece a regra para o exportador (na Resolução 04/69) caso não seja possível a aquisição no mercado externo. Setembro de 1977. BRASIL. Decreto Federal 4.581, de 27 de janeiro de 2003. Promulga a Emenda ao

Anexo I à Convenção de Basiléia sobre o Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 28/01/2003, p. 1. BRASIL. Decreto Federal 5.935, de 19 de outubro de 2006. Promulga a Convenção Conjunta para o Gerenciamento Seguro de Combustível Nuclear Usado e dos Rejeitos Radioativos. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 20/10/2006, p. 40. BRASIL. Lei Ordinária 10.308, de 20 de novembro de 2001. Dispõe sobre a seleção de locais, construção, licenciamento, operação, fiscalização, custos, responsabilidade civil e garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos e dá outras providências de radiação. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 21/11/2001, p. 1. BRASIL. Lei Ordinária 4.118, de 27 de agosto de 1962. Dispõe sobre a política nacional de energia nuclear, cria a Comissão Nacional de Energia Nuclear, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 19/09/1962, p. 9701. BRASIL. Lei Ordinária 6.189, de 16 de dezembro de 1974. Altera a Lei nº 4.118, de 27 de agosto de 1962, e a Lei n. 5740, de 1º de dezembro de 1971, que criaram, respectivamente, a comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN e a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear - CBTN, que passa a denominar-se Empresas Nucleares Brasileiras Sociedade Anônima - NUCLEBRÁS, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 17/12/1974, p. 14493. BRASIL. Marinha do Brasil, Diretoria de Portos e Costas. NORMAM 01/DPC: Normas da autoridade marítima para embarcações empregadas na navegação em mar aberto. BRASIL. Marinha do Brasil, Diretoria de Portos e Costas. NORMAM 29/DPC: Normas da autoridade marítima para transporte de cargas perigosas. BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. Norma Regulamentadora 4 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho. BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. Norma Regulamentadora 6 – Equipamento de Proteção Individual. BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. Norma Regulamentadora 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. Norma Regulamentadora 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres. BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. Norma Regulamentadora 34 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção, Reparação e Desmonte Naval. BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. Norma Regulamentadora 37 – Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 24, de 7 de dezembro de 1994. Exige anuência prévia da CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear, para toda importação ou exportação de material radioativo, sob qualquer forma e composição química, em qualquer quantidade. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Instrução Normativa Nº 19, de 19 de agosto de 2018, que estabelece os procedimentos para a regularização e o licenciamento ambientais a serem realizados junto ao Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA de empreendimentos e/ou atividades que procederem ao Uso ou Manuseio de Radioisótopos - UMR. BRASIL. Ministério Dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Resolução Nº 5.232, de 14 de

dezembro de 2016, que aprova as Instruções Complementares ao Regulamento Terrestre do Transporte de Produtos Perigosos, e dá Outras Providências. BRASIL. Ministério Dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Resolução Nº 2.657, de 15 de abril de 2008, que altera o Anexo à Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, que aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. BRASIL. Resolução Nº 168 - CONTRAN, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2004, que Estabelece Normas e Procedimentos para a formação de condutores de veículos automotores e elétricos, a realização dos exames, a expedição de documentos de habilitação, os cursos de formação, especializados, de reciclagem e dá outras providências. BRASIL. Resolução Nº 1765 - ANTAQ, DE 23 DE JULHO DE 2010, que aprova a Proposta de Norma de Procedimento para o Trânsito Seguro de Produtos Perigosos por Instalações Portuárias Situadas dentro ou fora da Área do Porto Organizado. BRASIL. Resolução Nº 285 - CONTRAN, DE 29 DE JULHO DE 2008, que altera e complementa o Anexo II da Resolução nº 168, de 14 de dezembro de 2004 do CONTRAN, que trata dos cursos para habilitação de condutores de veículos automotores e dá outras providências. DET NORSKE VERITAS (DNV). Standard for Certification Nº 2.7-1: Offshore containers. April 2006. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Management of NORM residues. Vienna, Austria, 2013. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil & Gas Industry. Safety Reports Series No. 34. Vienna, Austria, 2003. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Specific Safety Requirements (SSR) 6. Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material. 2018 Edition. INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code. 2018 Edition. INTERNATIONAL OIL AND GAS PRODUCERS (IOGP). Report 412 – Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the Oil and Gas Industry. Version 2, March 2016. NOTA TÉCNICA CONJUNTA IBAMA-CNEN 01/2013 – Base para a reformulação do termo de referência para o controle da atividade de transporte de materiais radioativos e operacionalização do sistema nacional de transporte de produtos perigosos. REIS, Rócio Glória dos. NORM: Guia Prático. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Primeira edição, dezembro de 2016. TAHUATA, Luiz, et al. Radioproteção e dosimetria: fundamentos. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear. 10ª revisão, Abril 2014. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). Hazardous and Solid Waste regulations, 40 CFR (Code of Federal Regulations) 261.4.b.5. Site: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2012-title40-vol27/xml/CFR-2012-title40-vol27-part261.xml#seqnum261.4> UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). Hazardous and Solid Waste regulations, 49 CFR 173.436 e 49 CFR 173.433. Site: <https://www.gpo.gov/fdsys/granule/CFR-2011-title49-vol2/CFR-2011-title49-vol2-sec173-436> UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) Regulations. Site: <https://www.epa.gov/rcra> UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION (US NRC). NUREG/BR-0216: Safety of spent fuel transportation. Revision 2. UNITED STATES. Texas Administrative Code (TAC). Site: <http://txrules.elaws.us/rule/title16>

XAVIER, Ana Maria, et al. Princípios básicos de segurança e proteção radiológica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Quarta edição, julho 2014.

Palavras-chave: Exportação, Rejeito, NORM.

Trabalho 69**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** RADIOFOBIA**Autor principal:** DIEGO JOSÉ GARCIA LIMA RODRIGUES**Autores:****Instituição:** Jabarra Serviços de Radioproteção LTDA**Cidade-UF:** Niterói-RJ

Introdução A radiofobia é o medo exagerado e irracional da radiação ionizante. Quando as pessoas desenvolvem esse medo, podem sentir ansiedade, evitando lugares ou situações relacionadas à exposição à radiação ionizante. Vamos explorar as causas desse medo e como ele afeta as pessoas. **Material e métodos** Este estudo analisa casos de acidentes radiológicos ou nucleares, como Goiânia, Chernobyl e Fukushima, para entender melhor os efeitos da radiofobia. Revisamos relatórios oficiais, estudos e pesquisas psicológicas sobre esses eventos. Utilizamos métodos como questionários e entrevistas para identificar padrões de comportamento e fatores de risco associados ao medo irracional da radiação ionizante. **Resultados** **Prevalência e Impacto Psicológico:** A radiofobia é um fenômeno psicológico relativamente comum, afetando uma parcela significativa da população. Vamos abordar como o medo irracional da radiação ionizante pode impactar negativamente a qualidade de vida das pessoas, causando ansiedade, estresse e evitação de situações que envolvem exposição à radiação. **Origens e Causas:** As possíveis causas da radiofobia, incluindo falta de compreensão sobre a radiação ionizante, acesso a informações alarmistas e experiências passadas traumáticas. **Consequências para a Saúde:** Vale salientar que o medo excessivo de radiação ionizante pode levar as pessoas a evitarem procedimentos médicos importantes, como exames de imagem (por exemplo, radiografias e tomografias). **Conclusão** Em suma, a radiofobia é um fenômeno psicológico que pode ter consequências significativas para a saúde e o bem-estar das pessoas. É vital reconhecer que o medo irracional da radiação ionizante pode levar à evitação de procedimentos médicos necessários e, conseqüentemente, a diagnósticos tardios e tratamentos inadequados. No entanto, por meio da educação pública, da conscientização sobre os riscos reais da radiação e do acesso a intervenções terapêuticas, como a terapia cognitivo-comportamental (TCC), é possível ajudar as pessoas a superar seus medos e retomar o controle sobre suas vidas.

Referências bibliográficas: TAHUATA, Luiz, et al. Radioproteção e dosimetria: fundamentos. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear. 10ª revisão, Abril 2014. XAVIER, Ana Maria, et al. Princípios básicos de

segurança e proteção radiológica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Quarta edição, julho 2014.

Palavras-chave: Radiofobia, Radiação, Medo, Acidente Nuclear, População, Saúde.

Trabalho 70**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Segurança de fontes e gestão de rejeitos**Título:** Proteção Física de Fontes Radioativas Seladas Utilizadas na Prática de Medidores Nucleares Fixos**Autor principal:** MARCELO DE ABREU TORRES FILHO**Autores:****Instituição:** JABARRA RADIOPROTEÇÃO**Cidade-UF:** NITERÓI-RJ

Proteção Física de Fontes Radioativas Seladas Utilizadas na Prática de Medidores Nucleares Fixos

Referências bibliográficas: NORMA CNEN 2.06**Palavras-chave:** Proteção Física, Plano de Proteção Física, Sabotagem, Roubo, Atos Maléficos, Remoção não Autorizada, Fontes Radioativas

Trabalho 71**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** NORM Management in Brazilian Scrap Metal**Autor principal:** LUIZA PORTUGAL MUNIZ MOCARZEL**Autores:** Clarice Pessanha Jabarra**Instituição:** Jabarra radioproteção**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) is often found in scale on steel pipes used in oil and drilling operations from O&G industry. The scale contains small amounts of Radium (Ra-226 and Ra-228), which accumulates on the inner surface of tubes and equipment. When the contaminated metal is discarded without proper care, it can end up in a steel mill and cause negative health effects, as well as economic and public acceptance problems for the steel industry. When this issue came up a few years ago, concerns were expressed by the metal recycling and production industries. Although the level of radiation in this type of material is low and not likely to cause significant damage by exposure, the existence of radiation in metallic parts is sufficient to lead to uncertainties about the generated product and to put professionals at risk. Brazil, in addition to not having an effective system to control the scrap and recycling sector, still has another problem: there is no authorized final solution for the disposal of NORM waste, that currently is accumulated in temporary deposits of facilities that produce or receive this type of radioactive material. This study aims to analyze the reality of Brazilian steel mills that receive scrap metal contaminated with NORM and do not have a pre-defined action to manage this risk. Therefore, surveys including radiometric monitoring and radiochemical analysis were performed on contaminated parts in order to evaluate the risks and to suggest procedures on management of radioactive scrap metal. The results of radiometric monitoring on 10 (ten) selected parts indicated equivalent dose rate results from 0.34 to 20.0 $\mu\text{Sv/h}$ (or 0.034 to 2.0 mR/h) and the radiochemical analysis performed in 8 (eight) samples through gamma spectrometry showed results of Ra 226 activity concentration from 73.3 to 79.7 kBq/kg. All the radiochemical analysis results are above the limit for unconditional disposal of solid waste established by CNEN (National Nuclear Energy Commission) and show the urgency to define a national procedure so that steel companies can safely deal with this situation. Additionally, a Preliminary Hazard Analysis (PHA) was performed in order to identify potential hazards arising from the facility that stores this type of radioactive material. The PHA result indicated 4 (four) risk categories classified between tolerable and moderate.

Referências bibliográficas: [1] Worldsteel Association, Recycling (2020); [2] Nuclear Safety Council. Control and Management of Radioactive Material Inadvertently Incorporated into Scrap Metal. International Conference, Spain (2011); [3] UNECE Recommendations on Monitoring and Response Procedures for Radioactive Scrap Metal. New York and Geneva, 2006; [4] HARVEY, D. S, The view of the steelmakers. Control and Management of Radioactive Material Inadvertently Incorporated into Scrap Metal (2011) 23-23; [5] NIEVES, L. A. et al., Argonne National Lab. Evaluation of Radioactive Scrap Metal Recycling (1995); [6] US Nuclear Regulatory Commission - NUREG/BR-0108 (2006); [7] CHEN, S. Y. Health physics. Managing the Disposition of Potentially Radioactive Scrap Metal, v. 91 (2006) 461-469; [8] CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Norma CNEN-NN-8.01 Gerência de Rejeitos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (2014).

Palavras-chave: NORM; Radioactive Scrap Metal; Steel Mills.

Trabalho 72**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Estruturação de um projeto com base no Growth Marketing para uma startup científica de radiação ionizante**Autor principal:** RAFAELLA MENDES DE CARVALHO**Autores:** Peixoto, J. G. P.**Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

O crescimento de startups científicas enfrenta desafios únicos devido à natureza altamente técnica e especializada de seus produtos e serviços. Este projeto propõe explorar estratégias de growth marketing aplicadas a uma startup científica focada em tecnologia de radiação ionizante. A radiação ionizante desempenha um papel crucial em diversas aplicações, desde tratamentos médicos até inspeções industriais avançadas, oferecendo um vasto potencial de mercado. O principal objetivo deste estudo é estruturar um projeto de planejamento de marketing aplicado à IRTech, uma startup científica, com base em estratégias de growth marketing tornando -a reconhecida no âmbito científico e tecnológico. Os objetivos específicos são: 1. Identificar os principais produtos já criados pela startup, quais problemas eles solucionam e o público-alvo a ser alcançado. 2. Estimar o valor a ser investido com base no tamanho do público-alvo. 3. Planejar as ações a serem tomadas em cada etapa da jornada do consumidor descrita por Philip Kotler, mais conhecida como jornada dos 5 Às. 4. Definir quais pilares serão trabalhados em cada etapa do funil de vendas. 5. Estimar a taxa de conversão em cada etapa do funil de vendas e proporção de distribuição da verba. O estudo utilizará uma abordagem mista de pesquisa, combinando métodos qualitativos e quantitativos. Inicialmente, serão conduzidas análises de mercado e competitividade para entender o cenário no qual a startup está inserida. Entrevistas estruturadas com stakeholders chave, como fundadores, investidores e potenciais clientes, serão realizadas para obter insights sobre desafios e oportunidades específicas do setor de radiação ionizante. Com base nos dados coletados, serão desenvolvidas e implementadas estratégias de growth marketing. Isso incluirá a criação de conteúdo otimizado para SEO (Search Engine Optimization), campanhas de marketing digital segmentadas e a utilização de técnicas de growth hacking para maximizar a visibilidade da startup e atrair clientes qualificados. Métricas como taxa de conversão, custo por aquisição de cliente (CAC) e tempo de vida do cliente (LTV) serão monitoradas para avaliar o sucesso das iniciativas de marketing. Espera-se que este estudo forneça insights valiosos sobre como startups científicas podem aplicar estratégias de growth marketing de maneira eficaz. Os resultados incluirão uma

análise detalhada das estratégias mais eficazes para aquisição de clientes no setor de radiação ionizante, bem como recomendações específicas para aprimorar o marketing digital e aumentar a visibilidade da startup no mercado. Academicamente, este projeto contribuirá para o campo do marketing aplicado a startups de alta tecnologia, preenchendo uma lacuna na literatura existente sobre estratégias de crescimento específicas para setores científicos. Praticamente, as recomendações resultantes beneficiarão diretamente a startup em estudo, oferecendo um guia prático para melhorar suas iniciativas de marketing e alcançar um crescimento sustentável. Em um mercado competitivo e altamente regulamentado como o de tecnologias de radiação ionizante, o uso eficaz de estratégias de growth marketing pode fazer a diferença entre o sucesso e o fracasso de uma startup. Este projeto busca não apenas entender as dinâmicas do mercado, mas também fornecer um plano acionável para alavancar o potencial de crescimento da startup através de técnicas inovadoras de marketing digital.

Referências bibliográficas: BUSHONG, S. C. CIÊNCIA RADIOLÓGICA para tecnólogos FÍSICA, BIOLOGIA E PROTEÇÃO 9a EDIÇÃO. [s.l: s.n.]. CARLOS, J.; MELO, D. E. UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA-UDESC CENTRO DE CIÊNCIAS DA ADMINISTRAÇÃO E SOCIOECONÔMICAS-ESAG CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO. [s.l: s.n.]. COELHO. B. RAQUEL. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS GRANDES EMPRESAS E STARTUPS CIENTÍFICAS: desafios e interseções na interação para integração tecnológica. [s.l: s.n.]. KOTLER PHILIP. Marketing 4.0 do tradicional ao digital. Rio de Janeiro: Sextante, 2017. MACEDO ERIC. DESENVOLVIMENTO DO DIGITAL TWIN DE LABORATÓRIOS DE CALIBRAÇÃO PARA UMA COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL EM TERMOS DE KERMA NO AR EM RADIOPROTEÇÃO PARA RADIOLOGIA DIAGNÓSTICA. 2023. PACÍFICO, L. DE C. Caracterização das qualidades de radioproteção N10 a N150 no laboratório de metrologia do Departamento de Ciências Radiológicas LABMETRO/DCR/IBRAG/UERJ. p. 106, 2020. TAUHATA, L. et al. RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA: FUNDAMENTOS INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR RIO DE JANEIRO 5a Revisão-Agosto/2003. [s.l: s.n.]. W. CHAN E RENNÉE MAUBORGNE. A ESTRATÉGIA DO OCEANO AZUL Como criar novos mercados e tornar a concorrência irrelevante. [s.l: s.n.].

Palavras-chave: radiações ionizantes, growth marketing, startup científica, tecnologia.

Trabalho 73**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Analysis of the principles of green chemistry in the radioiodination of metaiodobenzylguanidine compared to the principles already adopted for radiological protection**Autor principal:** ANTONIO PEDRO JUNIOR**Autores:** Eliene Bezerra Simão da Silva; Larissa Cunha Pinheiro; Karine Rocha Ramos da Silva; Fellipe Souza da Silva; Cíntia de Andrade Custódio; Rogério Caffin Nunes; Francisco José de Oliveira Ferreira; Luciano Moreira Lima; Adriana Marques; Luciana Carvalheira**Instituição:** Instituto de Engenharia Nuclear**Cidade-UF:** Riode Janeiro

Environmental issues have given special attention to methodological applications regarding disposal treatments, the use of less toxic reagents, and milder conditions of synthesis routes. Radioiodination metaiodobenzylguanidine is a radiopharmaceutical that plays an important role in the diagnostic scintigraphy and therapy of tumors derived from the neural crest, such as pheochromocytoma and neuroblastoma, as well as in the prognosis of sympathetic neuronal integrity after heart failure. Halogenation solutions exclude the use of toxic substances and dangerous conditions that result in essential compounds for the chemical and pharmaceutical industry. Radioiodination reactions represent a particular example of halogenation current in the synthesis of Radiopharmaceuticals, which are radioactive compounds in medicinal formulations used for the diagnosis and treatment of human diseases. The challenges from the point of view of the greatest green chemistry in the production of radioiodination metaiodobenzylguanidine are the priority in the use of harmless substances and tests to minimize their quantities. These wish to comply with nuclear, radiation protection and pharmaceutical regulations, but no concern for the green approach is considered. This work presents a quantitative study of the principles of green chemistry applied to methods for obtaining radioiodination metaiodobenzylguanidine. Furthermore, it proposes a qualitative analysis of the alignment between the principles of radiological protection and green chemistry. Green chemistry is based on 12 principles: Prevention, Atom Economy, Less Hazardous Chemical Syntheses, Designing Safer Chemicals, Safer Solvents and Auxiliaries, Design for Energy Efficiency, Renewable Feedstocks, Reduce Derivatives, Catalysis, Design for Degradation, Real-time analysis for Pollution Prevention, Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention. This approach deals with the interpretation of each green chemistry principle and the peculiarities of

metaiodobenzylguanidine radioiodination related to it. Some aspects will be refereed to radiopharmaceuticals in general. The radioactive metaiodobenzylguanidine meets all pharmaceutical requirements in its medicinal formulation. Although its production does not focus on the principles of green chemistry, around 68% of these principles are met. Radiopharmaceuticals production should pay attention to the green concerns. Time and capital can be invested to fulfill green principles for the radioiodination of metaiodobenzylguanidine. This radiopharmaceutical has recognized and established importance on its usefulness in Nuclear Medicine. The next step for production and quality control of Radiopharmaceuticals is the accomplishment of eco-friendly concepts.

Referências bibliográficas: 1. Adimurthy, S. et al. A new, environment friendly protocol for iodination of electron-rich aromatic compounds. *Tetrahedron Letters*, vol.44, p.5099-5101, 2003. 2. Anastas, P.T., Warner, J. *Green chemistry: Theory and practice*. Oxford University Press:New York, 1998. 3. Bray, M. et al. Radiolabeled antiviral drugs and antibodies as virus-specific imaging probes. *Antiviral Research*, vol.88, p.129-142, 2010. 4. Carvalheira, 2008. Colocar a dissertação – site do Minerva!!!! 5. Donovan, A.C.; Valliant, J.F. A convenient solution-phase method for the preparation of metaiodobenzylguanidine in high effective specific activity. *Nuclear Medicine and Biology*, vol.35 p.741-746, 2008. 6. Donovan, A.C., Valliant, J.F. A convenient solution-phase method for the preparation of meta-iodobenzylguanidine in high effective specific activity. *Nuclear Medicine and Biology* vol.35, p.741-746, 2008. 7. DuBois, S.G., Matthey, K.K. Radiolabeled metaiodobenzylguanidine for the treatment of neuroblastoma. *Nuclear Medicine and Biology*, vol.35, 2008. 8. Eckelman, W. Review of new clinical applications of radiometal labeled radiopharmaceuticals. *Nuclear Medicine and Biology*, doi:10.1016/j.nucmedbio.2010.12.009, 2011. 9. Eckelman, W.C., Gibson R.E. The Design of site-directed radiopharmaceuticals for use in drug discovery. In: Burns HD, Gibson R.E., Dannals R.F., Siegl P.K.S., editors. *Nuclear imaging in drug discovery, development and approval*. Boston: Birkhäuser; p.113-134, 1993. 10. Eissen, M.; Lenoir, D. Electrophilic Bromination of Alkenes: Environmental, Health and Safety Aspects of New Alternative Methods. *Chemistry: A European Journal*, vol.14, p.9830-9841, 2008. 11. Fass, L. Imaging and cancer: a review. *Molecular Oncology*, vol.2, p.115-152, 2008. 12. Goldsmith, S.J.; Vallabhajosula, S. Clinically proven radiopharmaceuticals for infection imaging: mechanisms and applications. *Seminars in Nuclear Medicine*, doi:10.1053/j.semnuclmed.2008.08.002, 2009. 13. Harari, A., Inabnet, W.B. Malignant pheochromocytoma: a review. *The American Journal of Surgery*, vol.201, p.693-701, 2011. 14. Hunter, D. H.; Zhu, X. Polymer-supported radiopharmaceuticals: [131I]MIBG and [123I]MIBG. *Journal of Labeled Compounds and Radiopharmaceuticals*, vol. 42, p.653-661, 1999. 15. Ishibashi, N. et al. Adverse allergic reaction to 131I MIBG. *Annals of Nuclear Medicine*, vol.23, p.697-699, 2009. 16. Jiang, L. et al. 123I-labeled metaiodobenzylguanidine for diagnosis of neuroendocrine tumors. *Reports in Medical Imaging*, vol.2, p.79-89, 2009. 17. Joseph, S. et al. Neuroendocrine tumors: current recommendations for diagnosis and surgical management. *Endocrinology Metabolism Clinics of North America*, vol.40, p.205-231, 2011. 18. Krzeminski, M. et al. Veterinary nuclear medicine. *Nuclear Medicine Review*, vol.7, no.2 p.177-182, 2004. 19. Lambrecht, R.M. et

al. Method of producing iodine-124 and meta-iodobenzylguanidine containing iodine-124. United States Patent n. 5,019,323; 1991. 20. Lankey, R.L.; Anastas, P.T. Life-cycle approaches for assessing green chemistry technologies. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol.41, p. 4498-4502, 2002. 21. Lista, L. et al. Mild and efficient iodination of aromatic and heterocyclic compounds with the NaClO₂/NaI/HCl system. *Tetrahedron*, vol.64, p. 234-239, 2008. 22. Mairs, R J et al. Carrier-free ¹³¹I-meta-iodobenzylguanidine: comparison of production from meta-diazobenzylguanidine and from meta-trimethylsilylbenzylguanidine. *Nuclear Medicine Communications*, vol. 15, p. 268-274, 1994. 23. McEwan, A.J., Shapiro, B., Sisson, J.C., Beierwaltes, W.H., Ackery, D.M. Radio iodobenzylguanidine for the scintigraphic location and therapy of adrenergic tumors. *Seminars in Nuclear Medicine*, vol.15, no. 2, p. 132–141, 1985. 24. Mertens, J.; Gysemans, M. Cu+1 assisted nucleophilic exchange radiohalogenation: application and mechanistic approach. *New trends in radiopharmaceutical synthesis, quality assurance and regulatory control* (Emram A. M., Ed.), p.53. Plenum press, New York, 1991. 25. Moon, M.E. et al. An expeditious and environmentally benign preparation of aryl halides from aryl amines by solvent-free grinding. *Tetrahedron Letters*, vol.51, p.6769-6771, 2010. 26. Pavlinac, J. et al. “Green” iodination of dimethoxy- and trimethoxy-substituted aromatic compounds using an iodine-hydrogen peroxide combination in water. *Synthesis*, no.15, p.2603-2607, 2006. 27. Pavlinac, J. et al. Halogenation of organic compounds in ionic liquids. *Tetrahedron*, vol.65, p.5625-5662, 2009. 28. Pavlinac, J., Zupan, M., Stavber, S. Green iodination of dimethoxy- and trimethoxy substituted aromatic compounds using an iodine-hydrogen peroxide combination in water. *Synthesis*, no.15, p.2603-2607, 2006. 29. Podgorsek, A.; Zupan, M.; Iskra, J. Oxidative halogenation with “green” oxidants: oxygen and hydrogen peroxyde. *Angewandte Chemie International*, vol.48, p.8424-8450, 2009. 30. Pourali, A.R.; Ghanei, M. Direct iodination of aromatic compounds with polyvinylpyrrolidone supported hydrogen peroxide (PVP-H₂O₂) and potassium iodide or molecular iodine. *Chinese Journal of Chemistry*, vol.24, 1077-1079, 2006. 31. Raffel, D.M., Wieland, D.M. Development of mIBG as a cardiac innervation imaging agent. *Journal of the American College of Cardiology: Cardiovascular imaging*, vol.3, no.1, 2010. 32. Reddy, K.S.K. et al. Iodination of aromatic compounds using potassium iodide and hydrogen peroxide. *Synthetic Communications*, vol.38, p.3894-3902, 2008. 33. Rossouw, D.D., Macheli, L. Large-scale synthesis of no-carrier-added [¹²³I]mIBG, using two different stannylated precursors. *Journal of Labelled Compounds and Radiopharmaceuticals*, vol.52, p.499–503, 2009. 34. SAHA, G. B.; *Fundamentals of Nuclear Pharmacy*. 6th ed. United States of America: Springer. 2010. 35. Samnick, S.; Kirsch, C.M. A simple and rapid routine preparation of no-carrier added meta-I-123- and I-131-iodobenzylguanidine (I-123-MIBG and I-131-MIBG) for clinical nuclear medicine applications. *Nuklearmedizin*, vol.38, p.292-296, 1999. 36. Schäfer, H.J. Contributions of organic electrochemistry to green chemistry. *Comptes Rendus Chimie*, doi:10.1016/j.crci.2011.01.002, 2011. 37. Silberstein, E.B. et al. Prevalence of adverse reactions in Nuclear Medicine. *Journal of Nuclear Medicine*, vol.37, p.185-192, 1996. 38. Vaidyanathan, G. et al, A tin precursor for the synthesis of no carrier added *I MIBG and ²¹¹At MABG. *Journal of labelled compounds and Radiopharmaceuticals*, vol.50, p.177-182, 2007. 39. Vaidyanathan, G. Meta-iodobenzylguanidines and analogues: chemistry and biology. *Quarterly Journal of Nuclear*

Medicine and Molecular Imaging, vol.52, p.351-368, 2008. 40. Vaidyanathan, G.; Zalutsky, M. R. No-carrier-added synthesis of meta-[¹³¹I]iodobenzylguanidine. Applied Radiation and Isotopes. vol. 44, p. 621-628, 1993. 41. Wadsak, W.; Mitterhauser, M. Basics and principles of radiopharmaceuticals for PET/CT. European Journal of Radiology, vol.73, p.461-469, 2010. 42. Wafelman, A. R. et al. Synthesis, radiolabelling and stability of radioiodinated m iodobenzylguanidine, a review. Applied Radiation and Isotopes. vol.45, p. 997-1007, 1994. 43. Westera, G. Draft guidelines for radiopharmacy. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, vol.30, p.63-72, 2003. 44. Yu, S. Review of ¹⁸F-FDG synthesis and quality control. Biomedical Imaging and Intervention Journal, doi: 10.2349/bij.2.4.e57, 2006.

Palavras-chave: Green Chemistry, Radiological protection, Radioiodination, Metaiodobenzylguanidine,

Trabalho 74**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Efeitos da radiação gama no VDMOSFET**Autor principal:** LUIZ CARLOS GONÇALVES FILHO**Autores:** L. C.; Ervedosa, E. J. P.; Cavalcanti, F. A.; Santos, L. A. P.**Instituição:** Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste / Comissão Nacional de Energia Nuclear**Cidade-UF:** Recife-PE

O dispositivo MOSFET tem sido utilizado como dosímetro, principalmente em radioterapia, há mais de 40 anos. Desde o início deste século um novo tipo de MOSFET, denominado de VDMOSFET, tem sido comercializado pela indústria eletrônica, onde o prefixo VD significa que a tecnologia de fabricação do dreno (D) é na vertical (V), ao invés da convencional pastilha semicondutora ter o dreno e o canal de condução elétrica na horizontal. O VDMOSFET apresenta certas vantagens se comparado ao MOSFET típico: alta velocidade de chaveamento elétrico, e principalmente altas corrente e tensão de operação, i.e., alta potência. Embora trabalhos recentes tenham apresentado o uso de VDMOSFET em feixes de raios-X aplicados ao radiodiagnóstico, onde o espectro fotônico tem energias efetivas variando entre 50 keV e 100 keV, o uso de VDMOSFET de potência submetido em fótons monoenergéticos acima de 600 keV consiste em inovação para a comunidade científica da área. Assim, o propósito deste trabalho é apresentar o efeito da radiação gama, como àquelas do Cs-137 e Co-60, no VDMOSFET para aplicações na indústria da transformação, engenharia eletrônica e tecnologia da informação. Os resultados mostraram que, embora um VDMOSFET submetido a feixes de raios-X aplicado ao diagnóstico médico responda de forma não linear devido ao dano de ionização no seu dielétrico, o efeito de radiações monoenergéticas no dispositivo tem um comportamento praticamente linear com a dose acumulada, mesmo levando em conta os danos de deslocamento que ocorrem no cristal de silício correspondente ao volume do dreno que é na estrutura vertical de tal dispositivo. Isto poderá permitir o uso de tais dispositivos irradiados para aplicações na indústria eletrônica

Referências bibliográficas: ALVES CAVALCANTI, F.; PEREIRA DOS SANTOS, L. A. Efeito do encapsulamento em um VDMOSFET sob feixes de raios X usados em diagnóstico médico . Scientia Plena, [S. l.], v. 18, n. 9, 2022. DOI: 10.14808/sci.plena.2022.094801. F. A. Cavalcanti and L. A. P. Santos, "A MOSFET-Based Method for Measuring Peak Kilovoltage (kVp) in Diagnostic X-Ray Beams," in IEEE

Open Journal of Instrumentation and Measurement, vol. 1, pp. 1-7, 2022, Art no. 6000107,
doi: 10.1109/OJIM.2022.3196725.

Palavras-chave: Detector, Radiação Gama, VDMOSFET

Trabalho 75**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Resposta de um detector PET em feixes de radioterapia de qualidade 6MV**Autor principal:** LUIZ ANTONIO PEREIRA DOS SANTOS**Autores:** Luiz F. K. Telles; Daniel F. Gomes; Edvane B. Silva**Instituição:** CNEN / CRCN-NE**Cidade-UF:** Recife-PE

Os procedimentos de radioterapia de tumores cancerígenos tem avançado ao longo de décadas: radioterapia estereotáxica (SRT), radioterapia modulada (IMRT), entre outras. Em particular, na IMRT tem-se que o campo de radiação ionizante é modulado por folhas de material de blindagem para conformar a área do campo com a área exata do tumor. Ou seja, a forma do tumor pode ser aleatória e a medição da dose liberada ao paciente torna-se complexa, já que os detectores têm dimensões geométricas bem definidas, como por exemplo, detectores circulares ou cilíndricos. Isto significa que há um desafio no procedimento de medição da dose em IMRT. Isto motivou desenvolver inovação tecnológica em termos de dosímetro para planejamentos de radioterapia com modulação. Trata-se de um detector que pode ser fabricado em função da geometria do próprio tumor, qualquer que seja a forma, dependendo da anatomia do paciente. Tal informação anatômica seria obtida no exame de Tomografia Computadorizada (TC). Sabe-se, contudo, que detectores são fabricados em longo prazo, e.g., tipo semiconductor de silício cristalino que pode durar alguns meses para sua construção, o que inviabilizaria adotar tal procedimento em IMRT. Neste trabalho, são apresentados resultados dosimétricos obtidos com um detector baseado em polietileno tereftalato (PET) construído numa impressora 3D, em apenas um dia. Assim, o desenho da anatomia a ser irradiada será impresso em 3D para que o detector seja construído conforme a imagem TC do tumor, e este feito vai na direção da recomendação de protocolos internacionais que determinam dosimetria personalizada para cada paciente tratado com IMRT. Os resultados mostram que o detector PET construído em apenas um dia responde aos campos de radioterapia. Uma comparação com detectores padrão é também apresentada. Além das facilidades acima descritas, o detector PET apresenta a vantagem de ser fabricado com material orgânico que tem uma densidade próxima ao tecido humano e por isso adequado para dosimetria em radioterapia.

Referências**bibliográficas:**

- 1) https://www.aapm.org/pubs/tg119/TG119_Instructions_102109.pdf
- 2) An innovative detector for X-ray beams made of polyethylene terephthalate built in a 3D printer Daniel F.

Gomes, Edvane B. Silva and Luiz A.P. Santos EPJ Web Conf., 288 (2023) 09006 DOI:
<https://doi.org/10.1051/epjconf/202328809006>

Palavras-chave: Detector, PET, Radioterapia

Trabalho 76**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Desenvolvimento de protocolos de segurança do paciente para otimização das doses de radiação ionizante em procedimentos de radiologia intervencionista**Autor principal:** FLÁVIA ADRIANA DOS REIS SILVA**Autores:** Vieira L.A., Carvalho L.A.P., Freitas, M.M., Nogueira M.S.,**Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN**Cidade-UF:** Belo Horizonte - MG

Introdução: A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), define Radiologia Intervencionista (RI) como sendo os procedimentos que compreendem intervenções terapêuticas e diagnósticas guiadas por acesso percutâneo ou outros, normalmente realizadas sob anestesia local e/ou sedação, usando a imagem fluoroscópica para localizar a lesão ou local de tratamento, monitorar o procedimento, e controlar e documentar a terapia. Embora a RI apresente várias vantagens que fomentam a sua ampla utilização, é uma das técnicas de radiodiagnóstico que apresenta as maiores doses de radiação tanto para pacientes quanto para a equipe médica [2]. O objetivo deste trabalho foi desenvolver protocolos de segurança do paciente, com diretrizes de otimização da proteção radiológica para os procedimentos de RI, que poderão ser utilizados pelos estabelecimentos de RI.

Materiais e métodos: O desenvolvimento deste trabalho foi objeto de um projeto de mestrado e possui natureza, essencialmente, bibliográfica e documental. Realizou-se uma extensa pesquisa bibliográfica utilizando bases de dados de referências nacionais e internacionais, abrangendo também os assuntos tratados em livros, artigos de revistas, eventos e teses. Da mesma forma, foram examinadas as diretrizes normativas em proteção radiológica, tanto nacionais quanto internacionais, que se relacionam com a área da radiologia intervencionista. Como resultado desta revisão integrativa, foram criados nove protocolos, no formato recomendado pelos órgãos reguladores nacionais.

Resultados: Os protocolos de otimização das doses de radiação em pacientes submetidos a procedimentos de radiologia intervencionista, foram divididos em dois eixos: (1) proteção radiológica para pacientes e (2) procedimento. No eixo 1 foram desenvolvidos quatro protocolos: (i) auditoria clínica da solicitação médica, (ii) avaliação das condições físicas e clínicas do paciente, (iii) gerenciamento do risco do uso da radiação ionizante para pacientes grávidas submetidas a procedimentos de radiologia intervencionista e (iv) informação e preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido para risco dos efeitos induzidos pela radiação ionizante em procedimentos de radiologia intervencionista [3]. No eixo procedimento foram apresentados cinco protocolos: (i) padronização da nomenclatura

dos procedimentos intervencionistas e das unidades relacionadas às grandezas, (ii) gerenciamento da dose de radiação durante o procedimento intervencionista, (iii) monitoramento dos possíveis efeitos radioinduzidos pós procedimento intervencionista, (iv) registro das exposições médicas acidentais e não intencionais e adoção de medidas para minimizar a sua ocorrência e (v) utilização dos Níveis de Referência Diagnósticos – NRD [3]. Estes protocolos poderão servir de direcionamento para a implantação do processo de otimização nos serviços de RI, considerando as doses de radiação elevadas que podem ocorrer em função dos procedimentos. Conclusão: O desenvolvimento deste trabalho visa contribuir para o progresso da otimização nas situações práticas enfrentadas pelo serviço intervencionista, através da proposição de protocolos de otimização. Busca-se estabelecer relações entre ações com aplicabilidade prática e que possam ser gradualmente incorporadas à rotina intervencionista. Considerando a intensidade da rotina intervencionista, é comum que, sem intenção, as medidas de proteção radiológica sejam negligenciadas. Este estudo pretende fomentar a adoção de uma cultura de proteção radiológica nos serviços de Radiologia Intervencionista, gerenciando o risco advindo da realização dos procedimentos.

Referências bibliográficas: 1. COUSINS, C.; MILLER, D.; BERNARDI, G.; REHANI, M.; SCHOFIELD, P.; VAÑÓ, E.; EINSTEIN, A.; GEIGER, B.; HEINTZ, P.; PADOVANI, R. et al. Icrp publication 120: radiological protection in cardiology. *Annals of the ICRP*, Elsevier, v. 42, n. 1, p. 1–125, 2013. 2. CANEVARO, L. Aspectos físicos e técnicos da radiologia intervencionista. *Revista Brasileira de Física Médica*, v. 3.1, p. 101–115, 2009. 3. SILVA, Flavia A. dos Reis. Desenvolvimento de protocolos de segurança do paciente para otimização das doses de radiação ionizante em procedimentos de radiologia intervencionista. 2023. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia das radiações, minerais e materiais) – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), Belo Horizonte, 2023.

Palavras-chave: radiologia intervencionista, segurança do paciente, proteção radiológica, otimização de dose.

Trabalho 77**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** Didactic Proposal in the Nuclear area for Higher Education**Autor principal:** CIBELE BUGNO ZAMBONI**Autores:** Larissa Augusta Santos Moura, Vivaldo Medeiros dos Santos**Instituição:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**Cidade-UF:** SP

In recent years the Radiation Spectroscopy and Spectrometry Laboratory (LEER), at IPEN-CNEN/SP, has been carrying out activities linked to the dissemination of nuclear sciences to highschool students through seminars, educational videos as well as practical courses and workshops. In 2019, the YOUNG CIENTISTA PROJECT was created with the aim of publicizing these activities, both in academia and to the public through social media YouTube (Jovem Cientista), Instagram (@jovemcientista.com.br) associated with a Facebook page Facebook (@jovemcientista.com.br), TikTok (@jovemcientista.com.br). In addition, a website was developed: www.jovemcientista.com.br. This year the proposal for practical courses were expanded to undergraduate students. Measurements of nuclear parameters (such as half-life, cross-section, activity and others) are carried out through gamma spectroscopy measurements (at LEER). This set of data from gamma spectroscopy measurements is applied as didactic proposal for undergraduate students, provides the student an experience of how a researcher works. Conceptual texts make up the teaching material, which address issues related to the constitution and stability of atomic nuclei, types of radiation, radioactivity and radiation detector, providing theoretical introduction before manipulation of experimental data. This activity was carried out at Faculdade Estácio de Carapicuíba (SP, Brasil) with 26 students from the Radiology Course. The activities were divided into theoretical (20%) and practical (80%). The proposal were carried out in three stages (covering theory, instrumentation and data analysis) for 8 hours/classes. All participants performed excellently and contributed suggestions to complement the teaching material. The results obtained reflect the desired learning (100%). The good performance of the teaching proposal motivated its continuation.

Referências bibliográficas: 1] BATISTA, W.F., Determinação de parâmetros nucleares do núcleo de ^{127}Te : uma proposta para o ensino de física nuclear. 2011, Universidade de São Paulo. <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/9949>. [2] RUIVO, J.C., C.B. ZAMBONI, AND W.F. BATISTA, Determinação da meia vida de isótopos de telúrio: uma proposta para o ensino de física nuclear, in INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC

CONFERENCE; MEETING ON NUCLEAR APPLICATIONS, 11th; MEETING ON REACTOR PHYSICS AND THERMAL HYDRAULICS, 18th; MEETING ON NUCLEAR INDUSTRY, 3rd. 2013, ABEN: São Paulo. <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/17147>. [3] JOVEM CIENTISTA. Available: Acess: 24.jun. 2024.

Palavras-chave: Nuclear Sciences Education, Gamma Spectroscopy, Practical Courses, Undergraduate Students

Trabalho 78**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Avaliação da Concentração de Radônio no Ar Atmosférico em uma Mina Desativada de Urânio**Autor principal:** CAROLINA SANTOS LAMOUNIER**Autores:** Carolina Santos Lamounier, Natália Fonseca Taveira**Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear**Cidade-UF:** Belo Horizonte - MG

Gás radioativo natural gerado pela desintegração do urânio (^{235}U e ^{238}U) e do tório (^{232}Th), o radônio (Rn) está presente no solo, nas rochas e na água, tendo como seu isótopo mais comum o ^{222}Rn , com uma meia-vida de 3,82 dias. Apesar de possuir diversas vantagens em aplicações científicas, como no tratamento de tumores malignos, na exploração mineral e em estudos hidrológicos, o ^{222}Rn , também é o segundo maior causador de câncer de pulmão, de acordo com a Organização Mundial de Saúde. Nesta pesquisa, foi realizado o estudo exploratório e de metodologias para estimar o valor máximo da concentração de radônio no ar atmosférico respirável a partir dos gases do solo da área de bota fora de uma mina de urânio desativada. As medidas da concentração da exalação de radônio do solo foram realizadas pelo detector contínuo AlphaGUARD, acoplado à RadonBOX (caixa de misturamento), seguindo o método padrão e técnica citada do instrumento. Os valores apresentados resultam da campanha realizada no segundo semestre de 2023, contemplando quatro (4) pontos de amostragem e sete (7) pontos da campanha realizada no primeiro semestre de 2024, sendo assim, duas campanhas para amostragem de solo e ar em dois períodos sazonais (estações seca e chuvosa). Os resultados variaram entre 2263,41 Bq/m³ e 22553,09 Bq/m³ na concentração máxima de radônio respirável local, sendo o menor valor apresentado durante o período de seca e o maior valor durante o período chuvoso. Os altos valores apresentados podem ajudar a compreender a influência da mineração de urânio para o aumento da concentração de radônio no ar ambiental, que potencializam a exposição dos trabalhadores, além de ser uma base de dados para contribuir com o descomissionamento realizado pela empresa gestora da mina.

Referências bibliográficas: BALL T. K., CAMERON D. G., COLMAN T. B., and ROBERTS P. D. Behavior of radon in the geological environment: a review. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. V. 24, p 169 - 182, 1991. <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1991.024.02.01> BASKARAN, Mark. Radon: A Tracer for Geological, Geophysical and Geochemical Studies. 1st ed. Detroit: Springer

Geochemistry, 2016. GENITRON. User Manual Portable Radon Monitor "AlphaGUARD", 1998. HASSAN, Nabil M et al. Radon migration process and its influence factors; Review. Japanese Journal of Health Physics, v. 44, 218-231, 2009. LIU, S., HUA, T., LIN, F., FAN, Z., XIE, R., YUAN, S., WU, J., YI, H., MO, Y., SUN, J., CHEN, L., LI, Z., ZHANG, X., YUAN, H., & TAN, Y. A new model to accurately measure the radon exhalation rate from soil using AlphaGUARD. Journal of Environmental Radioactivity, 12(3), 123-137. DOI: 10.1088/1361-6501/ac298d, 2023. PREFEITURA DE POÇOS DE CALDAS. História de Poços de Caldas. Disponível em: [<https://pocosdecaldas.mg.gov.br/a-cidade/historia/>]. Acesso em: 08 mar. 2024. PROJETO PLANALTO POÇOS DE CALDAS. Pesquisa Câncer e Radiação Natural. Vol. 1. Poços de Caldas: Instituto Nacional de Câncer (INCA), Ministério da Saúde (MS), 2004 a 2009. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/projeto-planalto-pocos-de-caldas-pesquisa-cancer-e-radiacao-natural>. Acesso em: 08 mar. 2024. SUKANYA S, NOBLE J, JOSEPH S. Factors controlling the distribution of radon (^{222}Rn) in groundwater of a tropical mountainous river basin in southwest India. Chemosphere 263:128096, 2021. SUKANYA, S.; JOSEPH, Sabu. Environmental Radon: A Tracer for Hydrological Studies. Singapore: Springer, 2023.

Palavras-chave: Radônio, Solo, Exalação.

Trabalho 79**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Mensuração da radiação secundária na tireoide e primária em cristalino em exames de tomografia computadorizada de crânio**Autor principal:** JEFFERSON ALVES DOS SANTOS**Autores:** Jefferson Alves dos Santos, Kellen Adriana Curci Daros, Antonio Carlos Zeituni**Instituição:** Instituto de Pesquisas Energias e Nucleares**Cidade-UF:** São Paulo

Por meio da dosimetria, podemos manter um melhor controle da quantidade de radiação que é emitida para os pacientes, da dose de radiação em órgãos ou tecido que são mais sensíveis à radiação, a fim de prevenir em algum ponto os possíveis efeitos nocivos da radiação ionizante. Nesta pesquisa foi quantificado a radiação que chega na região de pescoço e cristalino, através do uso de 4 dosímetros do tipo TLD (Dosímetro Termoluminescente), posicionados na região do pescoço e 4 dosímetros na região dos cristalinos, fixados na região das pálpebras, sendo alocados 2 em cada olho dos pacientes em exames de tomografia de crânio, para verificar se estão dentro dos limites considerados viáveis e recomendados pelas instituições de proteção. Realizado a coleta e dados e pesquisados uma amostra de 38 pacientes em dois aparelhos distintos, da marca Philips e Siemens, que têm tecnologias e tempo de uso diferentes. Este estudo mostrou que para a região de cristalino a média de dose de todos os pacientes foi de 13,44 mGy, que está dentro da margem segura de limites estabelecido pelos órgãos de controle e proteção. Na região de pescoço, a média de dose foi de 2,29 mGy, que está abaixo das doses preconizadas pelas instituições de proteção. Na região de pescoço o valor de ponderação é de 0,05 e 0,08 Sv para alteração em tireoide. Obteve-se um único valor máximo de 4,77 mGy em uma das medidas.

Referências bibliográficas: AAPM; The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT. AAPM Task Group 23 of the Diagnostic Imaging Council CT Committee (AAPM Report N°96). American Association of Physicists in Medicine 2008. BATISTA, B. J. B. Avaliação de dosímetros termoluminescentes para uso em radioterapia com fótons de alta energia. Biblioteca digital de teses e dissertações da USP. São Paulo, SP, 2011. Disponível em: <https://www.theses.usp.br/teses/disponiveis/43/43134/tde-26042012-152350/publico/DissertacaoBatistaBernardo.pdf>. Acesso em 15maio2022. BRAVIM, A. Avaliação de dosímetros termoluminescentes empregando objetos simuladores equivalente à água para aplicação na dosimetria de feixes clínicos de elétrons, 2010. Biblioteca digital

de teses e dissertações da USP. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-20062011-101414/publico/2011BravimAvaliacao.pdf>. Acesso: 22maio2022. CARVALHO, A. C. História DA Radiologia – História da Tomografia Computadorizada. Revista de Imagem. v. 29, n. 2, p. 61-66, 2007. COELI, C. M.; BRITO, A. S.; BARBOSA, F. S.; RIBEIRO M. G.; SIEIRO A. P. A. V.; VAISMAN, M. Epidemiologia do Câncer de Tireóide. Arq. Bras Endocrinol. Metab., 2005. v. 49, n. 4 p. 503-504, 2005. DALMOLIN, C. Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa de radiação ultravioleta e raios x, 2018. Repositório Institucional da UFSC. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/205138>. Acesso em 15maio2022. ESTRELA, C. Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa. Editora Artes Médicas, 2018. Gil, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. Ed. Atlas, 2017 ICRP 26, Recommendations of the International Commission on Radiation Protection, Annals of ICRP, vol. 1, No. 3, Pergamon Press, Oxford, 1977. ICRP 2010, International Commission on Radiological Protection (ICRP), Publication 116- Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. Volume 40, Issues 2-5 April-October, pages 1-257. JÚNIOR, E. A., H. Y.; Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética; Revista Brasileira de Psiquiatria. Associação Brasileira de Psiquiatria - ABP, v. 23, p. 2-3, 2001. Brasil. (2021). Instrução Normativa - IN N° 93 de 27 de maio de 2021. 101 ed. Brasília: Diário Oficial da União, 2021. v. 1. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-93-de-27-de-maio-de-2021-323016253>. NAVARRO, M. V. T., LEITE, H. J. D.; Controle de riscos à saúde em radiodiagnóstico: uma perspectiva histórica. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p. 1039-1047, 2008. PARENTE, D. B. O Risco da Radiação no Uso Indiscriminado da Tomografia Computadorizada. Colégio Brasileiro da Radiologia e Diagnóstico por Imagem, v. 46, n. 2, p. V-VI, 2013. PEREIRA, A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM. UNSCEAR, 2020/2021. Sources, Effects and Risks of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. v 2, p. 86, 2021. VASCONCELO, B. T.O. A evolução e o impacto da Tomografia Computadorizada na medicina uma revisão bibliográfica. Repositório Universitário da Anima (RUNA). Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/34487>. Acesso em: 06dezembro2023.

Palavras-chave: tomografia computadorizada, crânio, cristalino, tireóide, dosimetria

Trabalho 80**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Radiochromic Film EBT3 Calibration for Linear Accelerator in 10 MV**Autor principal:** CAIO FERNANDO TEIXEIRA PORTELA**Autores:** Marcela Morais Freitas; Fernanda Stephanie Santos; Arnaldo Prata Mourão; Adriana de Souza Medeiros Batista**Instituição:** UFMG**Cidade-UF:** Belo Horizonte - MG

Radiochromic film is used to applications in dosimetry have become increasingly significant for studies on radiotherapy and the radiochromic films are widely used for patient-specific dose verifications. Radiochromic films are used in radiation oncology applications for quality assurance and to verify the dose distributions with high resolution. The EBT3 film is now currently utilized with flatbed scanners, usually a red, green, and blue (RGB) color scanner, for the film read-out. They contain a sensitive continuous medium and offer very high spatial resolution. Due to sensitivity to exposure to ionizing radiation, radiochromic films are commonly used to obtain dose distribution maps and for calibration curves. The calibration curves in the radiochromic films can be use radiochromic films as a dosimetry method and then seek the generation of images with lower dose deposition and higher diagnostic quality. Ionizing radiation generates energy deposition when it interacts with matter and the absorbed dose is the result of this deposition. Thus, it is possible to measure energy deposition in tissue resulting from interaction of ionizing radiation in diagnose process, predicting the effects of treatments in radiotherapy and establishing protection rules for the use of ionizing radiation, both individually and collectively. The aim of this study is to obtain the resulting calibration curve by the irradiation of radiochromic film strips, making it possible to relate the darkening of the film with the absorbed dose, to measure doses in experiments with X-ray beam of 10 MV in LINAC. The objective of this study is to obtain the calibration curves of the radiochromic film for exposure with X-ray beam. It was used Gafchromic EBT Radiochromic Film, which shows little sensitivity to visible light and a response in the range of 0.1 to 10 Gy for X-ray beam. Keywords:

Referências bibliográficas: [1] S. C. Peet et. al., “Calibrating radiochromic film in beams of uncertain quality,” *Medical Physics*, vol. 43(10), pp. 5647-5652 (2016). [2] Kamila C. Gomez et. al, “Radiochromic film calibration for the RQT9 quality beam,” *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 140, pp. 370-372 (2017). [3] J. Eduardo Villarreal et. al,

“Energy response of EBT3 radiochromic films: implications for dosimetry in kilovoltage range,” Journal of Applied Clinical Medical Physics, vol. 15, pp. 1-12 (2013) [4] Henrique C. Büll et. al, “Calibração de Filme Radiocrômico”, XXIII Congresso Brasileiro de Física-Médica, Porto Alegre, Brasil, 5 a 8 de setembro de 2018, vol. 4, n.2, pp. 45-48 (2018).

Palavras-chave: Radiochromic Film, Radiotherapy, EBT3, Dosimetry.

Trabalho 81**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** Proposta de Equação para Estimativa da Dose Efetiva Comprometida devido à inalação de particulado proveniente de operações de instalações Mínero-Industriais**Autor principal:** VANDERLEI VILAÇA DE MOURA**Autores:** CLAUBIA PEREIRA**Instituição:** UFMG**Cidade-UF:** BELO HORIZONTE

A obtenção da dose efetiva comprometida devido à inalação de particulado pode-se tornar uma tarefa árdua envolvendo a utilização de amostras in vivo e/ou detectores de alta eficiência e custo elevado. Por outro lado, utilizando a metodologia de coleta de particulado por meio de amostradores para poeiras inaláveis, MACACINI desenvolveu trabalhos para a determinação da dose efetiva em instalações mínero-industriais. Assim, neste artigo utiliza-se uma técnica similar: propõe o uso de amostradores pessoais; contadores alfa/beta; uma equação com constantes que levam em consideração o tipo de material radioativo de ocorrência natural (NORM) e os fatores de conversão de dose. Considerando L_α e L_β como leituras das contagens alfa e beta; V_0 volume amostrado; $T_{(R)}$ a taxa de respiração; t o tempo de permanência; $e_{(ef\alpha)}$ e $e_{(ef\beta)}$ os fatores de conversão de dose por tipo de NORM por radionuclídeo tem-se a equação para determinação da dose efetiva comprometida por inalação de particulado, $E_{(efc)}$, ou seja: $E_{(efc)} = (L_\alpha/V) \cdot T_{(R)} \cdot t \cdot e_{(ef\alpha)} + (L_\beta/V) \cdot T_{(R)} \cdot t \cdot e_{(ef\beta)}$. Para o fator de conversão de dose, levou-se em consideração cada radionuclídeo das séries naturais do urânio e do tório e o tipo de NORM no qual estão presentes. Estes valores foram normalizados, uma vez que existem diversos alfa e beta emissores nas duas séries. Como a concentração de atividade de cada NORM é variável e se trata, de dados sensíveis às diversas instalações mínero-industriais, utilizou-se de relatórios técnicos da IAEA (International Atomic Energy Agency) e da CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). A coleta de particulado e sua posterior contagem em detectores fornece as leituras L_α , L_β ; e o volume amostrado (V). Os demais dados podem ser obtidos da literatura ($T_{(R)}$). A estimativa da dose efetiva comprometida é de grande relevância para as instalações mínero-industriais: como suporte à classificação de áreas; para estimar o risco radiológico; para estabelecer se a isenção se aplica ou não conforme a revisão da norma base de Radioproteção da CNEN (Resolução CNEN 323/24 - NN 3.01 Requisitos Básicos de Radioproteção e Segurança Radiológica de Fontes de Radiação); para atendimento de requisitos normativos da CNEN e legais do Ministério do Trabalho; necessidade de otimização da prática entre outros.

Referências bibliográficas: CNEN. (2011). Posição Regulatória 3.01 / 001:2011 - Critérios de exclusão, isenção e dispensa de requisitos de proteção radiológica. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. (2011). Posição Regulatória 3.01/003 2011 - Coeficientes de Dose para Indivíduos Ocupacionalmente Expostos . Rio De Janeiro: CNEN. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. (2011). Posição Regulatória 3.01/005:2011 - Critérios para Cálculo da Dose Efetiva, a partir da Monitoração Individual. Rio de Janeiro: CNEN. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. (2016). Resolução CNEN 208/16 - Norma CNEN-NN 4.01 - Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Instalações Mínero-Industriais. Rio de Janeiro: CNEN. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. (2024). Resolução CNEN 323/24: Requisitos Básicos de Radioproteção e Segurança Radiológica de Fontes de Radiação. Rio de Janeiro: CNEN. FUNDACENTRO. (2009). Norma de Higiene Ocupacional. NHO 08: Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho. São Paulo: Ministério do Trabalho e Emprego. FUNDACENTRO. (2016). Programa de Proteção Respiratória: Recomendações, seleção e uso de respiradores (4ª ed.). São Paulo: Fundacentro. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. (2015). Annals of the ICRP - ICRP Publication 130: Occupational Intakes of Radionuclides: Part 1. Nova Iorque: Sage. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. (2017). Annals of the ICRP - ICRP Publication 137: Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3. Nova Iorque: Sage. MACACINI, J. F., ROSA, R., & FERNANDES, E. A. (2007). Estimativa da dose efetiva devido a inalação de aerossol na Indústria Mineradora. In: XXII ENTMME/VII MSHMT (pp. 791-798). Ouro Preto: ENTMME/MSHMT. PUBLIC HEALTH SERVICE. (1995). 42 CFR Part 84. Washington D.C.: Department of Health and Human Services. Fonte: <https://www.ecfr.gov/current/title-42/part-84>

Palavras-chave: dose efetiva comprometida, material radioativo de ocorrência natural (NORM), instalações mínero-industriais.

Trabalho 82**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radiobiologia**Título:** Influência da concentração e do tempo de adição do Colcemid em dosimetria citogenética**Autor principal:** GIOVANNA SIQUEIRA DE LIMA**Autores:** Luciano Rodolfo Ferreira Lucena; Ianka Laryssa de Lacerda Alves; João Marcos Oliveira de Souza Silva; Simey de Souza Leão Pereira Magnata; André Maciel Netto; Ademir Amaral.**Instituição:** Universidade Federal de Pernambuco**Cidade-UF:** Recife-PE

O ensaio de dicêntricos é a técnica padrão ouro na dosimetria citogenética, que estima a dose absorvida em exposições à radiação ionizante, a partir de amostras de linfócitos do sangue periférico de indivíduos irradiados. Nesses ensaios, o Colcemid é a substância comumente adicionada ao meio de cultura celular para inibir a formação de fusos mitóticos, bloqueando a mitose na fase de metáfase e atuando como cofator na condensação dos cromossomos. As propriedades dessa substância, juntamente com sua toxicidade, fazem com que a concentração e o tempo de adição do Colcemid sejam determinantes para a qualidade e frequência das metáfases analisáveis em dosimetria citogenética. Estes aspectos são particularmente importantes em situações envolvendo altas doses ($> 5\text{Gy}$), devido a redução da sobrevivência celular e retardo mitótico. Nesse contexto, após aprovação do Comitê de Ética parecer nº 4.751.140, este estudo investigou a influência da concentração e do tempo de adição do Colcemid em culturas prolongadas de linfócitos irradiados com altas doses. Para tanto, uma amostra de sangue periférico foi coletada de uma voluntária de 21 anos, do sexo feminino, fracionada em alíquotas de 2mL, sendo uma alíquota utilizada como controle (não irradiada) e outras irradiadas com dose de 6Gy, utilizando um irradiador Gammacell com fonte de ^{60}Co (taxa de dose: $1,149\text{ kGy.h}^{-1}$). O cultivo das células linfocitárias ocorreu em meio RPMI 1640, suplementado com 20% de soro fetal bovino, 2% de fitohemaglutinina e BrdU ($30\mu\text{M}$). O Colcemid foi testado nas concentrações de $0,05\mu\text{g.mL}^{-1}$ e $0,1\mu\text{g.mL}^{-1}$ e em dois tempos de adição, 24h e 45h, após início das culturas. O material foi mantido em incubadora a 37°C e 5% CO_2 por 72h. Na sequência, uma solução de metanol e ácido acético (3:1) foi utilizada como fixador e as lâminas foram coradas pela técnica FPG. As lâminas foram analisadas, em triplicata, por microscopia óptica, sendo contabilizadas 1.000 células. O índice mitótico foi obtido pela quantidade de metáfases em primeira divisão em relação ao total de células analisadas. Avaliando-se os resultados a partir das culturas não irradiadas, constatou-se uma redução

do índice mitótico (IM) quando o Colcemid foi empregado na concentração de $0,1\mu\text{g.mL}^{-1}$, adicionado após 45h. Contudo, não foi possível observar diferenças relevantes entre os IMs das outras condições de concentração e tempo de adição do Colcemid. Por outro lado, utilizando-se o mesmo tempo de adição de 45h após início da cultura, a frequência de metáfases em primeira divisão (FM1) foi maior para a concentração de $0,05\mu\text{g.mL}^{-1}$ e menor na concentração de $0,1\mu\text{g.mL}^{-1}$. Em relação às culturas irradiadas, o IM aumentou na concentração de $0,05\mu\text{g.mL}^{-1}$, com tempo de adição de 24h. Em contrapartida, a FM1 não apresentou diferença notável entre as condições, e todas exibiram frequências acima de 80%. Os resultados preliminares deste estudo mostram que o Colcemid na concentração de $0,05\mu\text{g.mL}^{-1}$, adicionado após 24h em cultura prolongada (72h), foi a condição mais eficaz para avaliação de dicêntricos expostos a altas doses, proporcionando maior percentual do IM.

Referências bibliográficas: Ferreira-Lucena, L. R.; et al. Extending culture time to improve Mitotic Index for cytogenetic dosimetry. *International Journal of Radiation Biology*, p. 1-12, 2024. Florian, S.; Mitchison, T. J. Anti-microtubule drugs. *The Mitotic Spindle: Methods and Protocols*, p. 403-421, 2016. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Cytogenetic Dosimetry: Applications in Preparedness for and Response to Radiation Emergencies*. [S.l: s.n.], 2011. Sun, M.; et al. Scoring rings in the cell fusion-induced premature chromosome condensation (PCC) assay for high dose radiation exposure estimation after gamma-ray exposure. *International Journal of Radiation Biology*, v. 95, n. 9, p. 1259-1267, 2019.

Palavras-chave: Colcemid, dosimetria citogenética, dicêntricos, índice mitótico.

Trabalho 83**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Simulação matemática**Título:** Metodologia, baseada em ciência de dados, de análise de doses de radiação ionizante de trabalhadores ocupacionalmente expostos.**Autor principal:** BRUNO JOSÉ BORRAJO DOMINGUES**Autores:** Tadeu Augusto de Almeida Silva**Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria IRD**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

Introdução: Este projeto visa a aplicação de ciência de dados para analisar doses de trabalhadores ocupacionalmente expostos a radiações ionizantes. A criação de um software especializado permitirá investigar o perfil das exposições em diversas práticas monitoradas, em períodos específicos e em determinadas localidades geográficas. A metodologia proposta utiliza técnicas de ciência de dados para uma abordagem retrospectiva, permitindo uma análise aprofundada do perfil dos indivíduos expostos e contribuindo para o aprimoramento das práticas de radioproteção. **Materiais e métodos:** A metodologia desenvolvida possibilita a modelagem e implementação de programas computacionais para analisar extensos conjuntos de dados históricos de doses de trabalhadores, preservando suas identidades e concentrando-se em dados das práticas, instalações, idade, gênero, localidade geográfica e doses monitoradas dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOEs). O software utiliza técnicas de análise estatística e aprendizado de máquina para identificar padrões e correlações nos bancos de dados disponíveis na autoridade reguladora. Para o desenvolvimento do ambiente e tratamento dos dados, seguimos os seguintes procedimentos: criação de um ambiente virtual, importação dos dados, exploração inicial e limpeza dos dados, seleção e filtragem criteriosa, agrupamento dos dados por categorias, realização de cálculos estatísticos e, por fim, visualização e análise detalhada dos dados. A manipulação de dados é facilitada pelo uso do Pandas, uma biblioteca essencial no ecossistema Python, que oferece estruturas de dados flexíveis e ferramentas para leitura, limpeza e manipulação de dados. **Resultados:** A ciência de dados envolve a exploração, manipulação e análise de dados para descobrir padrões, realizar previsões e gerar insights. Este projeto desenvolveu um modelo de previsão orientado para antecipar eventos futuros com base em dados existentes. A metodologia aplicada permitiu a exploração, limpeza e análise eficaz dos dados de doses de trabalhadores, extraindo insights importantes sobre a segurança ocupacional em ambientes que envolvem exposição a radiações ionizantes. **Conclusão:** Este projeto propõe uma abordagem inovadora na análise de doses de trabalhadores ocupacionalmente expostos, utilizando uma metodologia baseada em ciência

de dados. A criação de um software especializado, que utiliza técnicas de análise estatística e aprendizado de máquina, possibilita a investigação do perfil das exposições em diferentes práticas, períodos e localidades geográficas. A metodologia desenvolvida permite a modelagem e implementação de programas computacionais, preservando a privacidade dos indivíduos e concentrando-se na análise de dados relevantes. A aplicação dessa metodologia ao contexto da segurança ocupacional em ambientes com exposição a radiações ionizantes permite extrair insights valiosos que contribuem para o aprimoramento das práticas de radioproteção. Este projeto não só representa uma inovação na análise de doses, mas também se configura como uma ferramenta fundamental para a promoção de ambientes de trabalho mais seguros e o aprimoramento contínuo das medidas de radioproteção ocupacional.

Referências bibliográficas: [1] Andresz S, Zéphir A, Bez J, Karst M, Danieli J. 2022. Artificial intelligence and radiation protection. A gamechanger or an update? *Radioprotection* 57(2): 157–164 [2] H.Y. Joo et al., Use of big data analysis to investigate the relationship between natural radiation dose rates and cancer incidences in Republic of Korea, *Nuclear Engineering and Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.net.2020.01.015> [3] Yong Chen, Hong Chen, Anjee Gorkhali, Yang Lu, Yiqian Ma & Ling Li (2016) Big data analytics and big data science: a survey, *Journal of Management Analytics*, 3:1,1-42, DOI: 10.1080/23270012.2016.1141332 [4] Tauhata, L. et al, Radioproteção e dosimetria: Fundamentos - 5º revisão agosto/2003 - Rio de Janeiro - IRD/CNEN 242p [5] ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. . *Fundamentals of Database Systems*. AddisonWesley. Boston, USA. 2011. [6] CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Diretrizes básicas de proteção radiológica, norma 3.01 [7] IAEA, International Atomic Energy Agency. *Fundamental Safety Principles*, NO. SF1, Safety Fundamentals. Viena, Austria. 2006. [8] HashtagProgramação, curso básico de ciência de dados , <https://youtu.be/bEs1OKnuSaA> , acesso em 01 de fevereiro de 2024.

Palavras-chave: Ciência de Dados, Exposição Ocupacional, Radioproteção, Análise Estatística.

Trabalho 84**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Tecnologia de materiais**Título:** Tecido de aramida impregnado com fluido não-newtoniano aplicado a blindagem balística e radiológica**Autor principal:** JOÃO VITOR MENDES DA SILVA**Autores:** Inayá Corrêa Barbosa Lima, Paulo Cezar Rocha Silveira, Marcos Paulo Cavaliere de Medeiros, André Ben-Hur da Silva Figueiredo, Belayne Zanini Marchi e Pedro Henrique Poubel Mendonça da Silveira.**Instituição:** Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ); Instituto Militar de Engenharia (IME)**Cidade-UF:** Rio de Janeiro (RJ)

Em busca de otimização e de materiais multifuncionais, a cada dia que passa, a ciência dos materiais se torna mais exigente visando atender a propósitos diferentes, simultaneamente. Os materiais poliméricos vêm sendo objeto de diferentes pesquisas e estudos em razão das suas diversas propriedades e ampla gama de aplicações. Um desses materiais é o tecido de aramida que é notável pelas propriedades mecânicas e de resistência ao impacto de projéteis de alta velocidade. O objetivo deste trabalho consiste na avaliação de um compósito como um material multipropósito, tanto para ser utilizado como blindagem balística quanto para ser utilizado como blindagem radiológica. O compósito é constituído de tecido de aramida impregnado com fluido não-newtoniano para quatro concentrações de Carbetto de Silício (SiC) em polietilenoglicol (PEG400), com adição de trióxido de bismuto, principalmente por sua capacidade de atenuar a radiação gama. O SiC foi caracterizado por difração de raios X (DRX) e apresentou um tamanho médio de cristalito de 55,2 μm . Para avaliação do material como blindagem balística, foi avaliada a resposta ao impacto balístico do compósito, onde os testes foram realizados em velocidade subsônica utilizando um sistema de lançamento de projétil de ar comprimido com uma pressão de 150 bar. Para avaliação do material como blindagem radiológica, foram determinados os fatores de transmissão (FT) para fótons por métodos experimentais, através de um setup para espectroscopia gama utilizando um detector cintilador de iodeto de sódio ativado com tálio e uma fonte de Césio137. Os resultados indicaram que o compósito com 63% em massa de SiC com 5% de trióxido de bismuto teve a menor profundidade de penetração em um anteparo de Medium Density Fiberboard (MDF). Quanto maior a concentração em massa de trióxido de bismuto nas amostras, menor foram os valores dos FT e, ainda, quanto maior a concentração de SiC em massa, menores são os FT. O compósito com 75% em massa de SiC com 5% de trióxido de bismuto apresentou o menor FT, sendo o melhor para ser

utilizado como blindagem radiológica. Os resultados obtidos sugeriram que uma combinação sinérgica entre os componentes SiC e trióxido de bismuto podem levar ao desenvolvimento de um material de blindagem balístico e radiológico otimizado, comprovando que uma estratégia de abordagem multipropósito, em alguns casos, é a melhor solução para atender aos diferentes requisitos de aplicações altamente exigentes.

Referências bibliográficas: [1] A. B. Chilton; J. K. Shultis; R. E. Faw, Principles of radiation shielding, Editora: Prentice-Hall, New Jersey/USA, (1984). [2] Comissão Nacional de Energia Nuclear, Norma CNEN-NN-3.01, Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, Diário Oficial da União: 11 de mar. de 2024. [3] J. V. M. Da Silva et al., Determinação dos fatores de transmissão para fótons em blindagens multilaminadas utilizando 4 materiais, Brazilian Journal of Radiation Sciences, Volume 1096, 17-06, (2019). [4] J. V. M. Da Silva et al., Determinação dos Fatores de Transmissão para fótons em blindagens multilaminadas, Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia (IME), Fevereiro/2020. [5] G. F. Knoll, Radiation detection and measurement, 4ª edição, Editora: John Wiley & Sons, New York/EUA, 2010. [6] BELGACEMI, R. et al. High Performance Dual Ballistic and Thermal Neutrons Shields From Kevlar Fibers Reinforced Epoxy/B4C Hybrid Composites. *Frontiers in Physics*, 2022. [7] BHATNAGAR, A. *Comprehensive Composite Materials II. Polymer Matrix Composites: Applications*, 2018. [8] BRAGA, F. O. Comportamento balístico de uma blindagem multicamada utilizando compósito poliéster-curauá como camada intermediária. Tese de doutorado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2015. [9] CARVALHO, D. B. Resposta ao impacto balístico de tecido de aramida impregnado com fluido não-newtoniano produzido por nanopartículas de Fe₂O₃. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Materiais, IME, Rio de Janeiro, 2018. [10] DA CRUZ, R. B. Avaliação do Comportamento Balístico de Blindagem Multicamadas com Compósitos de Epóxi Reforçados com Fibras de Bambu. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais no Instituto Militar de Engenharia. 2015. [11] DA LUZ, F. S. Avaliação do Comportamento Balístico de Blindagem Multicamada com Compósito de Epóxi Reforçado com Fibra de Juta. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais no Instituto Militar de Engenharia, 2014. [12] DE ARAÚJO, B. M. Avaliação do Comportamento Balístico de Blindagem Multicamada com Compósito de Epóxi Reforçado com Fibra de Sisal. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais no Instituto Militar de Engenharia. 2015. [13] DERRADJI, M., ZEGAOU, A., MEDJAHED, A. e LIU, W. Hybrid Phthalonitrile-based Materials with Advanced Mechanical and Nuclear Shielding Performances. *Polymer Composites*, Volume 41, p 134-141, 2019. [14] FIGUEIREDO, A. B. S. et al. Resposta a impacto balístico de tecido de aramida impregnado com um fluido não-newtoniano. *Anais do Congresso Anual da Abm*, Rio de Janeiro, Editora Blucher, p.1-8, 10/2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5151/1516-392x-30446>. [15] MONTEIRO, S. N., MILANEZI, T. L., LOURO, L. H. L., JUNIOR, E. P. L., BRAGA, F. O., GOMES, A. V. e DRELICH, J. W. Novel ballistic ramie fabric composite competing with kevlar™ fabric in multilayered armor. *Materials & Design*, Vol. 96, p. 263–269, 2016.

Palavras-chave: fluido não-newtoniano; blindagem balística; blindagem radiológica; fluidos espessantes por cisalhamentos.

Trabalho 85**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Espectrometria de nêutrons de uma fonte de $^{241}\text{AmLi}$ utilizando o Sistema de detecção de Multiesferas de Bonner**Autor principal:** VICTOR ROCHA CARVALHO**Autores:** Walsan Wagner Pereira; Ademir Xavier da Silva**Instituição:** Programa de Engenharia Nuclear/Universidade Federal do Rio de Janeiro**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO

Entre as aplicações da fonte $^{241}\text{AmLi}$ estão a espectrometria e dosimetria de nêutrons e a calibração de fluência de monitores de nêutrons. Contudo, ainda existem uma série de empecilhos para o uso dessa fonte na maioria dos laboratórios. Isso porque, as suas características físicas ainda são mal documentadas e variam entre fabricantes, além de existirem complicações na ordem de grandeza física para geração de nêutrons. Assim, este trabalho pretende obter o espectro de nêutrons e debater sobre os problemas da fonte. Utilizou-se a Espectrometria de Multiesfera de Bonner para obter a energia média, a taxa de fluência e as grandezas de radioproteção, tais como a equivalente de dose individual e a ambiente da fonte de nêutrons $^{241}\text{AmLi}$ pertencente ao Laboratório de Metrologia de Nêutrons – LN/IRD. As medições da fonte foram efetuadas com seis diferentes moderadores esféricos de polietileno em torno de um detector de nêutrons térmicos do tipo cintilador $^6\text{LiI}(\text{Eu})$. Através disto, o espectro de nêutrons foi obtido por meio do software NeuraLN, desenvolvido pelo LN, que utiliza a técnica de redes neurais. Foi obtido um resultado de energia média condizente com a literatura e assim, é admissível propor um possível padrão de energia média da fonte de $^{241}\text{AmLi}$.

Referências bibliográficas: VEGA-CARRILLO, H. R.; MARTINEZ-OVALLE, S. A. “Few groups neutron spectra, and dosimetric features, of isotopic neutron sources”. Applied Radiation and Isotopes, v. 117, p. 42–50, 2016. WEINMANN-SMITH, R.; BEDDINGFIELD, D. H.; ENQVIST, A.; SWINHOE, M. T. “Variations in AmLi source spectra and their estimation utilizing the 5 Ring Multiplicity Counter”. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, v. 856, p. 17–25, 2017. TAGZIRIA, H.; WIEGEL, B.; KLEIN, H.; KNAUF, K.; WITTSTOCK, J.; ZIMBAL, A. “Measurement and Monte Carlo modelling of the JRC $^{241}\text{Am-Li}(\alpha, n)$ source spectrum”. Radiation Protection Dosimetry, 2004. THOMAS, D.; BEDOGNI, R.; MÉNDEZ, R.; THOMPSON, A.; ZIMBAL, A. “Revision of ISO 8529 —Reference Neutron Radiations”. Radiation Protection Dosimetry, v. 180, n.

1– 4, p. 21– 24, 1 ago. 2018. BRAMBLETT, R. L.; EWING, R. I.; BONNER, T. W. “A new type of neutron spectrometer”. *Nuclear Instruments and Methods*, v. 9, n. 1, p. 1–12, 1960. LEMOS JUNIOR, R. M. Desdobramento de espectros de nêutrons utilizando o método de Monte Carlo e redes neurais. Tese de doutorado, 2009. SANTOS, J. A. L. Espectrometria de nêutrons com sistema de esferas de Bonner utilizando detectores passivos termoluminescentes. Dissertação de mestrado, 2006. MOZHAYEV, A. V.; MOORE, M. E.; MACE, E. K. “Characterization of two extraordinary AmLi neutron sources”. *Applied Radiation and Isotopes*, 2021. ISO-8529-1. Characteristics and methods of production. International Organization for Standardization, 2001.

Palavras-chave: Física Nuclear, Metrologia, Dosimetria e Nêutrons.

Trabalho 86**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** Dosimetria e verificação da distribuição de dose absorvida na Caixa**Autor principal:** MARGARETE CRISTINA GUIMARAES**Autores:** Thessa Alonso**Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear**Cidade-UF:** MG

A dosimetria desempenha um papel fundamental para garantir que a radiação aplicada em processos de esterilização atenda aos parâmetros de segurança e eficácia estabelecidos, conforme a norma ISO/ASTM 51026:2015. Este estudo apresenta um processo de calibração e verificação de dose utilizando dosímetros absolutos e secundários, com o objetivo de assegurar que a distribuição de dose dentro de uma caixa padronizada seja uniforme e adequada na irradiação de produtos para escolamento e pesquisa. A dosimetria envolve a medição e análise da dose de radiação absorvida pelos materiais, sendo essencial para verificar se a radiação aplicada está dentro dos limites especificados para a esterilização eficaz. Este estudo demonstrou a importância da verificação da dose e da dosimetria da caixa no processo por irradiação gama com Cobalto-60. Os mapeamentos dosimétricos foram fundamentais para a determinação das regiões de homogeneidade de pontos que possuam taxas de doses diferenciadas.

Referências bibliográficas: ISO/ASTM. (2015). ISO/ASTM 51026:2015 - Practice for using a Fricke reference standard for the determination of absorbed dose in gamma-ray or X-ray irradiation facilities for radiation processing at energies between 10 keV and 7 MeV. Geneva: International Organization for Standardization (ISO). ISO/ASTM. (2015). ISO/ASTM 52303:2015 - Practice for dosimetry in radiation processing. Geneva: International Organization for Standardization (ISO). Ladeira, L. C. D. Desenvolvimento de um Sistema para Automação & Controle de Irradiações de Curta Duração em Irradiadores Gama Panorâmicos com Estocagem a Seco. Tese. Doutorado em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais. Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2015.

Palavras-chave: Irradiação gama - Dosimetria - Dosímetros - Distribuição de dose

Trabalho 87**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** Irradiation of Flammable Material Above the Small Quantity Criterion**Autor principal:** THÊSSA CRISTINA ALONSO**Autores:** Ladeira, L.C.D.; Calheiro, D.S.; Guimarães, M.C.; Fonseca, L.S.; Alonso, T.C.**Instituição:** Nuclear Technology Development Center, CDTN, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil b Medical School, Federal University of Minas Gerais, UFMG, Av. Prof. Alfredo Balena, 190, 30130-100,**Cidade-UF:** Belo Horizonte

Laboratories working with the irradiation of flammable materials in Brazil must demonstrate that the operational conditions within the irradiation chamber are safe and that the concentration of alcohol vapors will not reach flammable levels, ensuring operational safety and regulatory compliance. This work aims to demonstrate the feasibility of irradiating volumes exceeding the criteria for small quantities of flammable material in the Nordion GB-127 panoramic irradiator at CDTN, by showing that the concentration of 70% ethyl alcohol vapors in the irradiation chamber will not exceed the lower flammability limit (LFL) of 3.1%. This limit is the minimum vapor concentration of a substance in the air that can ignite in the presence of an ignition source, making it crucial to keep it below this value to ensure the safety of occupants and the integrity of the facility. Characterized by a flash point of 17.8°C, specific gravity of 785.3 kg/m³ at 20°C, and vapor density relative to air of 1.59, the 70% ethyl alcohol is stored in special plastic bottles, sealed in cardboard boxes, each containing 10 one-liter bottles, certified by INMETRO to withstand drops of up to 2 meters. The irradiation of the ethyl alcohol follows laboratory standards, with the bottles placed on rotating tables that allow for the homogenization of absorbed doses. The rotation of the tables is monitored by limit switches that shut down the irradiator in case of failure. The distance of the rotating tables is adjustable in relation to the source, allowing for variations in dose rate and irradiation time, providing operational flexibility. The study also addresses the analysis of the amount and distribution of alcohol in the chamber, verification of ventilation and environmental control systems, implementation of procedures for continuous monitoring of alcohol vapor levels, as well as evaluating protective devices and safety interlocks that prevent the elevation of the source under unsafe conditions, resulting in the automatic retraction of the source in case of failure. According to the standard, the maximum amount of alcohol vapor that could be present in the irradiation chamber without reaching the lower flammability limit is 3.3% of 95m³, or 3.14 m³. The result obtained for the alcohol vapor inside the irradiator was 0.12 m³, which is much lower than the maximum

allowed volume. Thus, it can be concluded that the exhaust system flow rate keeps the concentration of ethyl alcohol vapor in the air below the flammability limit, even in the unlikely event of the postulated accident.

Referências bibliográficas: 1. GROSSI, P. A.; DA SILVA, E. P.; ALONSO, T. C. Relatório Final de Análise de Segurança. Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN, Belo Horizonte. 2024. (RFAS/LIG/SECLIG/CDTN Rev. 6). 2. QUIMESP QUÍMICA. Ficha de Dados de Segurança. Produto: Álcool Etílico 70%. Versão: 03. Data: 08 ago. 2023. 3. Novaes, Jean Carlos. Adição. Matemática Básica, 2023. Disponível em: Acesso em: 29 mar. 2024. 4. BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO. Portaria nº 460, de 18 de novembro de 2021. Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Embalagens Destinadas ao Envasilhamento de Álcool Etílico. 5. SCIENCE. Ciência Química 2023. Disponível em Acesso em: 29 mar. 2024.

Palavras-chave: Keywords: Irradiation of alcohol, Flammable material , Radiation protection, Industrial irradiator.

Trabalho 88**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** ESTIMATIVA DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE MATERIAIS RADIOATIVOS DE OCORRÊNCIA NATURAL EM INFRAESTRUTURAS DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NO BRASIL.**Autor principal:** ULRICH MICHAEL SEDJRO TITO**Autores:** Inayá Corrêa Barbosa Lima Rogério de Andrade Filgueiras**Instituição:** Programa de Engenharia Nuclear UFRJ**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

Atividades nas indústrias não-nucleares podem acarretar no acúmulo e alta exposição dos seres humanos e da biota aos radionuclídeos de origem Natural denominados NORMs (do inglês Naturally Occurring Radioactive Materials) [1]. Na indústria petrolífera, além de entrar na composição de incrustações que podem causar uma redução do fluxo nas linhas de produção, e possíveis bloqueios de válvulas de segurança e tubulações, os principais NORMs de interesse neste estudo, Ra226 e Ra228, em determinadas concentrações de atividades, podem causar danos ecológicos na biota marinha através de diferentes vias de exposição [2], [3], [4]. Porém no cenário brasileiro, por mais que existam entidades reguladoras, há ausência de legislação e normas claras e específicas ao manejo, tratamento, gestão, descarte e disposição final de resíduos contendo NORMs da indústria petrolífera. Com o intuito de estimar, usando um modelo matemático-computacional do software ERICA Tool, os impactos ambientais dos NORMs oriundos das plataformas de petróleo e gás, na biota marinha, avaliações foram realizadas em diferentes cenários nacionais principalmente nas unidades de exploração de petróleo offshore de Pampa e Pargo localizadas na Bacia de Campos. Nossos resultados preliminares, a partir de diferentes concentrações de atividades dos radionuclídeos de interesse, mostraram que Ra-226 foi o principal radionuclídeo que apresentou maiores quocientes de risco para biota marinha de referência, quociente de risco variando amplamente de 1,27 a 125 e o principal espécie afetada é o fitoplâncton. Mais estudos na biota marinha vizinha das plataformas petrolíferas serão feitos posteriormente quando considerados a distância e o tempo de exposição. Estes estudos, em comparação com os dados em outros cenários mundiais, poderão servir de comprovações científicas para sugerir e propor, às entidades reguladoras, normas e diretivas para o licenciamento ambiental no descomissionamento e para regulação, fiscalização e disposição final de resíduos contendo NORMs oriundo da produção de óleo e gás.

Referências bibliográficas: 1- KOPPEL, D. J., KHO, F., HASTINGS, A., et al. "Paper1-- Current understanding and research needs for ecological risk assessments of naturally occurring radioactive materials (NORM) in subsea oil and gas pipelines", *Journal of Environmental Radioactivity*, v. 241, p. 106774, 1 jan. 2022. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2021.106774 2- International Association of Oil & Gas Producers. *Managing Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in the oil and gas industry. Report 412*, 2016. 3- PARANHOS GAZINEU, M. H., DE ARAÚJO, A. A., BRANDÃO, Y. B., et al. "Radioactivity concentration in liquid and solid phases of scale and sludge generated in the petroleum industry", *Journal of Environmental Radioactivity*, v. 81, n. 1, p. 47–54, jan. 2005. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2004.11.003. . 4- UNSCEAR (UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION). *Sources, effects and risks of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: New York*, 2008.

Palavras-chave: NORMs , Petróleo, ERICA Tool, Descomissionamento

Trabalho 89**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Assessment of radon gas exhalation from soil and radon activity concentration in water in a Brazilian nuclear research institute**Autor principal:** ELYDIO JOSE DIAS SOARES**Autores:** SOARES, E.J.D., Varella, L.Y.Z.; Souza, H.K.S.; Silva, C.R.E; Sá, L.P.; Soares, B.L.R.;Oliveira, A.P.; Paulo, C.G.; Reis, M.M.; Paula, L.D.C., Passos, R.G.**Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear**Cidade-UF:** Belo Horizonte - MG

Given the growing interest of international and national organizations in understanding radon levels in air and water, this article aims to monitor the exhalation rate of radon at the earth's surface and the concentration of radon activity in the water of a nuclear facility. in the city of Belo Horizonte/MG. The water consumed by the population comes from the surface (rivers or lakes) or from underground. Rock sediments or soil contribute to natural radiation as they contain radionuclides of the 235U, 238U, 232Th series and also by the presence of 40K. Measuring radiation exposure with suitable devices that can detect radiation is necessary for the prevention and control of radiation exposure. Groundwater may contain natural radioactivity, particularly radon (^{222}Rn), due to the soil and rock in its course. ^{222}Rn is a naturally occurring radioactive noble gas due to ^{226}Ra decay, which belongs to the 238U decay series. Exposure to radon depends on the rate at which the gas is exhaled from the various rock formations in the environment. The physical properties of the materials, the geological formations from which they originate and the climatic conditions of the environment influence the rate at which radon is exhaled into the atmosphere and into to the groundwater. The results of the analysis of the radon exhalation rate from the soil showed a maximum exhalation rate of $1.42 \pm 0.08 \text{ Bq.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ and a minimum exhalation rate of $0.68 \pm 0.15 \text{ Bq.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$. The analysis of the radon concentration in water showed a maximum of $22,774.18 \pm 976.87 \text{ Bq.m}^{-3}$ and a minimum of $329.80 \pm 147.81 \text{ Bq.m}^{-3}$. Water samples from taps and drinking fountains from several buildings of the nuclear research facility were used. A value of $71,870.12 \pm 6,239.48 \text{ Bq.m}^{-3}$ was found in the water from an artesian well. The values determined for the radon concentration in the soil were compared with previously collected data and the concentrations in the water with radiation protection standards

Referências bibliográficas: [1] A. C. Martin, “Avaliação Da Radioatividade Natural Na Região Do Manancial Da Apa Passaúna Em Campo Largo / Rmc,” Universidade

Tecnológica Federal Do Paraná, 2019. [2] I. C. G. Spacov, “Monitoração de trabalhadores expostos à radiação natural em minas no seridó do nordeste brasileiro,” Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2016. [3] UNSCEAR, “Sources and Effects of Ionizing Radiation: Exposures from natural radiation sources,” United Nations Publication, vol. 2000, no. 1. New York, US, p. 61, Mar. 2000. doi: 10.1088/0952-4746/21/1/609. [4] ICRP, “Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon,” Annals of the ICRP 115, vol. 40, no. 1. p. 21, 2010. doi: 10.1016/0146-6453(81)90127-5. [5] National Research Council, Health Effects of Exposure to Radon-BEIR VI. Washington, DC: National Academies Press, 1999. doi: 10.17226/5499. [6] WHO, WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. Geneva: WHO press, 2009. [7] UNSCEAR, “Effects of Ionizing Radiation,” United Nations Publication, vol. 2006, no. Annex E. New York, US, p. 187, 2011. [Online]. Available: <http://rpd.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/rpd/ncp262%5Cnhttp://rpd.oxfordjournals.org/content/138/2/187.short> [8] F. Abu-Jarad, J. H. Fremlin, and R. Bull, “A study of radon emitted from building materials using plastic α -track detectors,” *Phys Med Biol*, vol. 25, no. 4, pp. 683–694, 1980, doi: 10.1088/0031-9155/25/4/007. [9] R. M. Amin, “A study of radon emitted from building materials using solid state nuclear track detectors,” *J Radiat Res Appl Sci*, vol. 8, no. 4, pp. 516–522, 2015, doi: 10.1016/j.jrras.2015.06.001. [10] T. Tene, C. Vacacela Gomez, G. Tubon Usca, B. Suquillo, and S. Bellucci, “Measurement of radon exhalation rate from building materials: The case of Highland Region of Ecuador,” *Constr Build Mater*, vol. 293, 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.123282. [11] A. Kumar, R. P. Chauhan, M. Joshi, and B. K. Sahoo, “Modeling of indoor radon concentration from radon exhalation rates of building materials and validation through measurements,” *J Environ Radioact*, vol. 127, pp. 50–55, 2014, doi: 10.1016/j.jenvrad.2013.10.004. [12] A. F. Saad, H. H. Al-Awami, and N. A. Hussein, “Radon exhalation from building materials used in Libya,” *Radiat Phys Chem*, vol. 101, pp. 15–19, 2014, doi: 10.1016/j.radphyschem.2014.03.030. [13] Y. Ishimori, K. Lange, P. Martin, Y. S. Mayya, and M. Phaneuf, “Measurement and Calculation of Radon Releases from NORM Residues,” no. 474. Viena, p. 103, 2013. doi: 978-92-0-142610-9. [14] ICRP, “Protection Against Radon-222 at Home and Work,” *Annals of the ICRP-Publication 65*, vol. 23, no. 2. Pergamon Press, oxford, p. 54, 1993. [15] M. E. Medhat, “Assessment of radiation hazards due to natural radioactivity in some building materials used in egyptian dwellings,” *Radiat Prot Dosimetry*, vol. 133, no. 3, pp. 177–185, 2009, doi: 10.1093/rpd/ncp032. [16] UNSCEAR, “Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation: Lung cancer from exposure to radon,” United Nations Publ, vol. 2019, no. ANNEX B, p. 100, 2020. [17] A. F. Saad, R. M. Abdallah, and N. A. Hussein, “Physical and geometrical parameters controlling measurements of radon emanation and exhalation from soil,” *Appl Radiat Isot*, vol. 137, no. December 2017, pp. 273–279, 2018, doi: 10.1016/j.apradiso.2018.03.022. [18] W. Dyck and I. R. Jonasson, “Chapter 11 Radon,” in *Handbook of Exploration Geochemistry, First.*, vol. 7, no. Geochemical Remote Sensing of the Sub-Surface, G. J. S. Govett, Ed. Amsterdam: Elsevier, 2000, pp. 353–394. [19] E. M. Ibrahim, I. E. El Aassy, H. A. Abdel Ghany, and S. H. Gamil, “Dependence of radon exhalation on grain size of sedimentary waste,” *Environ Earth Sci*, vol. 77, no. 14, pp. 1–10, 2018, doi: 10.1007/s12665-018-7710-1. [20] R. P. Chauhan, M. Nain, and K. Kant,

“Radon diffusion studies through some building materials: Effect of grain size,” *Radiat Meas*, vol. 43, no. SUPPL.1, 2008, doi: 10.1016/j.radmeas.2008.03.013. [21] S. Sukanya, J. Noble, and S. Joseph, “Application of radon (^{222}Rn) as an environmental tracer in hydrogeological and geological investigations: An overview,” *Chemosphere*, vol. 303, no. November 2021, 2022, doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.135141. [22] W. C. Burnett, R. Peterson, W. S. Moore, and J. de Oliveira, “Radon and radium isotopes as tracers of submarine groundwater discharge - Results from the Ubatuba, Brazil SGD assessment intercomparison,” *Estuar Coast Shelf Sci*, vol. 76, no. 3, pp. 501–511, 2008, doi: 10.1016/j.ecss.2007.07.027. [23] S. A. Paschuk et al., “Proposta de mitigação para radônio em água de poço da região do Pinheirinho em Curitiba / PR,” *Rev Geol Fed do Ceará*, vol. 26, no. 2, pp. 19–33, 2013. [24] L. Morawska and C. R. Phillips, “Criteria for Closed Chamber Measurements of Radon Emanation Rate,” *Indoor Air Pollut*, pp. 201–215, 2021, doi: 10.1201/9781003210566-17. [25] L. Morawska and C. R. Phillips, “Determination of the radon surface emanation rate from laboratory emanation data,” *Sci Total Environ*, vol. 106, no. 3, pp. 253–262, 1991, doi: 10.1016/0048-9697(91)90061-I. [26] DURRIDGE Company, “RAD 7 Electronic Radon Detector : Manual Owner.” DURRIDGE Company Inc., Billerica, US, p. 95, 2022. [27] J. Vaupotič et al., “Radon concentration in soil gas and radon exhalation rate at the Ravne Fault in NW Slovenia,” *Nat Hazards Earth Syst Sci*, vol. 10, no. 4, pp. 895–899, 2010, doi: 10.5194/nhess-10-895-2010. [28] E. G. Lara, “Radônio nos gases do solo: Distribuição e correlações com litologias e pedologias da RMBH,” Universidade Federal de Minas Gerais, 2013. [29] EPA, “Basic Information about Radon in Drinking Water,” EPA Home, 2014. [https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/basicinformation-2.html#What levels of radon in water should I be concerned about?](https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/basicinformation-2.html#What%20levels%20of%20radon%20in%20water%20should%20I%20be%20concerned%20about?) (accessed Jul. 15, 2024). [30] Ministério da Saúde, “Portaria 1469: Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrao de Potabilidade.” Brasília-DF, Brasil, p. 32 p., 2001.

Palavras-chave: Radon exhalation rate¹, Radon in water², Radon measurement³

Trabalho 90**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Novo método de voxelização de fantomas mesh através de imagens transversais**Autor principal:** RANIELE COSTA DE MATOS DOS SANTOS**Autores:** Woody Alem Wanderley Araripe Farias, José Wilson Vieira, Pedro Henrique Avelino Andrade, Alex Cristóvão de Holanda Oliveira e Fernando Roberto de Andrade Lima.**Instituição:** Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste**Cidade-UF:** Recife - PE

Modelos Computacionais de Exposição utilizam algoritmos simuladores de fontes de radiações ionizantes e códigos Monte Carlo (MC) para simular o transporte da radiação, sua interação com a matéria e avaliar a energia depositada em volumes de interesse (VOIs) representados por um fantoma. O Grupo de Pesquisa em Dosimetria Numérica (GDN) tem desenvolvido técnicas e softwares para criar fantomas antropomórficos através de modelos Boundary Representation, os quais normalmente são construídos por malhas poligonais devido à melhor representação anatômica de órgãos e tecidos. Para acoplar tais fantomas aos códigos MC, o GDN desenvolveu um método que converte malhas em voxels. Esse processo é realizado através do software in-house Digital Image Processing (DIP), que converte arquivos mesh.obj em voxels.sgi. Neste estudo, é apresentada uma nova técnica de voxelização a partir de imagens transversais geradas de um fantoma mesh utilizando o aplicativo Blender e o software in-house PHAMtons MANufacturing. Essencialmente, o método consiste em usar um objeto (plano ou paralelepípedo) para cortar transversalmente o volume que contém o fantoma, salvando a imagem de cada corte. O total de imagens geradas é ajustado para reproduzir o tamanho físico do fantoma. Para este artigo, um fantoma de 176 cm foi voxelizado visando voxels cúbicos com arestas de 0,12 cm, o que correspondeu a 1.467 imagens. As imagens produzidas representam uma coleção de VOIs segmentados com identificadores unívocos empilhada no DIP, criando um arquivo sgi. O resultado dessa voxelização será comparado com o método anterior do GDN para análises dosimétricas das radiações ionizantes.

Referências bibliográficas: [1] CABRAL, M. O. M. Desenvolvimento de um modelo computacional de exposição para uso em avaliações dosimétricas em gestantes. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. [2] EGSNRC, A. O. VOXELIZAÇÃO DE UM FANTOMA MESH PARA ACOPLAMENTO. [3] ANDRADE,

Pedro Henrique Avelino de. Construção e voxelização de um fantoma mesh masculino adulto com macro circulação e vasos linfáticos. 2018. [4] J. W. Vieira, F. R. A. Lima, A. M. Santos, V. L. Neto, V. J. M. Lima, “DIP – Um Software Para Processamento de Imagens Digitais,” II CONNEPI, João Pessoa - PB, (2007). [5] CASSOLA, Vagner Ferreira. Desenvolvimento de fantomas humanos computacionais usando malhas poligonais em função da postura, massa e altura. 2011.

Palavras-chave: Fantomas, Voxelização, Monte Carlo, Radiação Ionizante.

Trabalho 91**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Assessment of atmospheric radon levels at two altitudes and analysis of a previous characterization of atmospheric stability conditions in a nuclear facility for atmospheric dispersion analysis**Autor principal:** ELYDIO JOSE DIAS SOARES**Autores:** Soares, E. J. D, Varella, L. Y. Z., Souza, H. K. S., Silva, C. R. E., Sá, L. P., Soares, B. L. R., Oliveira, A. P., Paulo, C. G., Reis, M. M., Paula, L. D. C., Passos, R.G**Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear**Cidade-UF:** Belo Horizonte - MG

Meteorological data near the Nuclear Technology Development Center (CDTN) nuclear facility were analyzed, including wind speed, wind direction, temperature, humidity and precipitation collected by the weather station in Pampulha, as well as the frequency of atmospheric stability for the year 2015. In addition, radon levels were evaluated at two atmospheric altitudes, 1 meter and 11 meters. The aim of these studies was to qualitatively assess the risk of natural radon dispersion and the possible dispersion of other pollutants. Outdoor radon concentrations can be significantly influenced by meteorological events, which can temporarily increase radon emissions from the ground. In addition, the local geology and the type of soil are decisive factors for the amount of radon that can be released into the atmosphere. The results of the radon survey shown considerable variation in radon concentrations, with notable peaks around 29 and 54 hours of monitoring at the lowest point relative to the ground. The atmospheric variables that can influence the dispersion of radon levels in a nuclear facility in the city of Belo Horizonte-MG were the objective of the study. The atmosphere around a nuclear facility remained stable, indicating that gas dispersion is generally not favored by the upward acceleration of surface winds. Atmospheric conditions were neutral or stable 68% of the time, with extreme stability

Referências bibliográficas: OLIVEIRA, A. F. G. Estudo de dispersão atmosférica de radionuclídeos pelo Software ARTM View aplicado a instalações do setor nuclear. Tese (doutorado em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais) - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2021. ALBERTO, ALMIRANTE ÁLVARO, and A. N. G. R. A. DOS REIS-RJ. Critérios de estabilidade atmosférica para a região da Central Nuclear Angra dos Reis. Revista Brasileira de Meteorologia 25.2 (2010): 270-285. INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Climatic data of Pampulha-Belo Horizonte Weather Station (A521), periods of 2015 and 2023-2024.

Available at <https://portal.inmet.gov.br>. Accessed on 07/16/2024. Mohan, Manju, and T. A. Siddiqui. Analysis of various schemes for the estimation of atmospheric stability classification. *Atmospheric Environment* 32.21 (1998): 3775-3781. SEINFELD, John H.; PANDIS, Spyros N. *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley & Sons, 2016. Cohen, L. D., Barr, S., Krablin, R., & Newstein, H. (1972). Steady-state vertical turbulent diffusion of radon. *Journal of Geophysical Research*, 77(15), 2654-2668. Plotly Technologies Inc. Collaborative data science. Montréal, QC, 2015. <https://plot.ly>. BAUMANN, Sebastian; QUINDOS PONCELA, Luis Santiago; RABAGO, Daniel. Outdoor Radon as a Tool to Estimate Radon Priority Areas—A Literature Overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 2, p. 662, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph19020662>. Acesso em: 11 jul. 2024. CHEN, L. Y.; KWOK, W. S. Vertical dispersion of suspended particulates in urban area of Hong Kong. *Atmospheric Environment*, v. 34, n. 26, p. 4403-4412, 2000. DOI: 10.1016/S1352-2310(00)00190-3. WHITTLESTONE, S.; ZAHOROWSKI, W.; SCHERY, S. D. Radon flux variability with season and location in Tasmania, Australia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 236, p. 213-217, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00044-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00044-6). Acesso em: 11 jul. 2024. SULTANI, M.A.; BULKÓ, M.; HOLÝ, K.; et al. O uso do radônio como traçador para avaliação da qualidade do ar: um estudo de caso em Bratislava, Eslováquia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 333, p. 2515–2527, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10967-023-08969-3>. APPLETON, J. D.; ADLAM, K. A. M.; FENNING, P. J.; NOONAN, J.; SPANGLER, J. D. Radon generation and transport in the UK: The influence of geology, soil gas permeability and meteorological conditions. *Geoscientific Model Development*, v. 4, p. 209-231, 2008. DARBY, S. et al. Estimating lung cancer deaths attributable to indoor radon exposure in Europe: a combined analysis of 13 European case-control studies. *BMJ*, v. 330, n. 7485, p. 223, 2005. GRUBER, V.; SCHNEIDER, P.; SHERWOOD, J.; COLEMAN, R. The influence of geological and soil parameters on outdoor radon concentrations in Europe. *Radiation Protection Dosimetry*, v. 145, n. 2-3, p. 202-208, 2011. KELLER, G.; HUBER, B.; SCHNELL, F.; BACH, A. Seasonal variations in outdoor radon concentrations in the Alpine region. *Journal of Environmental Radioactivity*, v. 101, n. 9, p. 785-790, 2010. KREWSKI, D. et al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies. *Epidemiology*, v. 16, n. 2, p. 137-145, 2006. LUBIN, J. H. et al. Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *International Journal of Cancer*, v. 109, n. 1, p. 132-137, 2004. PEARSON, D. D.; MITCHELL, E.; FAWCETT, S. Radon in the environment: Influence of meteorological variables on radon levels in a domestic setting. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 187, n. 4, p. 179, 2015. WHO. WHO handbook on indoor radon: A public health perspective. Geneva: World Health Organization, 2009

Palavras-chave: Atmosphere characterization, Radon dispersion, Radon measurement

Trabalho 92**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** Legislação e Normas relativas ao uso de radiações ionizantes em fitoterápicos no Brasil: Uma Análise Documental.**Autor principal:** EWERTON CLEMENTINO DINIZ**Autores:** MARIO MARDONE DA SILVA, LUIZ DA SILVA MAIA NETO, ADEMIR DE JESUS AMARAL, HADASSA CLEMENTINO DE ARAÚJO, EDVANE BORGES DA SILVA, ANDRE MACIEL NETTO**Instituição:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**Cidade-UF:** RECIFE-pe

Resumo: No Brasil a discussão sobre regulamentação dos fitoterápicos iniciou-se com o Programa de Pesquisa de Plantas Medicinais da Central de Medicamentos (PPPM/Ceme). A Portaria nº 971/2006 possibilitou o uso pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e através da portaria Decreto Nº 5.813/2006, foi aprovado a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. As normas, fiscalização e controle são responsabilidade da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que através de suas Resoluções Diretoras Colegiadas (RDCs), estabeleceu normas para irradiação de alimentos (RDC nº 21/2001), ativos de medicamentos e produtos de origem vegetal (RDC nº 26/2014). O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise documental da evolução da legislação e das normas brasileiras sobre a utilização de RIs em fitoterápicos. Metodologia: Foram analisados os documentos CODEX-STAN 106-1983 (FAO/OMS); RDC. nº 21/2001; Emenda constitucional EC-Nº 49/2006; Portaria-nº 2960/2008 (PNPMF); Instrução normativa IN-Nº 4/2014 (ANVISA); RDC nº 26/2014; IN-Nº 44/2019 (ANVISA); Consolidado de normas de registro e notificação de fitoterápicos - CNRNF/2018. Discussão: As doses e os critérios estabelecidos pela FAO/OMS foram base para a utilização das RIs, sobretudo a gama, com foco na radioesterilização. A EC-Nº 49, permitiu “a comercialização e a utilização de radioisótopos para a pesquisa e usos médicos, agrícolas e industriais”, uma necessidade vigente, sobretudo, para a normatização e utilização de radiofármacos. A RDC nº 21, quando trata sobre RIs é, sobretudo, para gêneros alimentícios “com finalidades sanitária, fitossanitária e ou tecnológica”. O PNPMF não versa sobre RIs. A RDC nº 26, “define as categorias de medicamento fitoterápico e produto tradicional fitoterápico e estabelece os requisitos mínimos para o registro e renovação de registro de medicamento fitoterápico...” A IN-Nº 44, trata das boas práticas dosimétricas, de segurança radiológica e na aplicação de RIs na fabricação de medicamentos, focando na esterilização (insumos e embalagens). A CNRNF, quando cita as RIs, é para fins sanitizantes. Embora não haja uma RDC que trate

exclusivamente da irradiação de extratos vegetais, é possível ter como norte as normas que abordam a irradiação de alimentos, ativos de medicamentos e produtos de origem vegetal. Os documentos analisados citam sobretudo o uso das RIs na radioesterilização alimentar, principalmente a RDC nº 21, resolução que mais se aproxima do que poderia ser adotado como norma para fitoterápicos. Em relação às doses, as normas da ANVISA não designam um limiar, contudo, chama a atenção para que a dose mínima absorvida seja suficiente para o fim desejado e a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que causaria alterações sensoriais dos alimentos. Conclusão: Os documentos destacam, sobretudo, o uso das RIs na radioesterilização alimentar, não existindo legislação ou norma específicas regulamentando o uso em fitoterápicos. Considerando que há na literatura comprovação da eficiência das RIs, no controle microbiológico, na potencialização dos princípios ativos e outras alterações fitoquímicas. Observa-se os elementos científicos necessários para início de uma discussão visando o estabelecimento de normas e recomendações sobre as aplicações das RIs em fitoterápicos.

Referências bibliográficas: CODEX, STAN. STAN 106-1983 (Rev. 1–2003). General standard for irradiated foods. Rome: FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, 2003. BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001 . Disponível em. BRASIL. Emenda Constitucional nº 49 de 8 de fevereiro de 2006. Diário Oficial da União, 8 fev. 2006. Disponível em BRASIL. Portaria interministerial nº 2.960, de 9 de dezembro de 2008. Aprova o Programa Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos e cria o Comitê Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos. Ministério da Saúde, Brasília, 9 de dezembro de 2008. RESOLUÇÃO, R. D. C. "nº. 21, de 26 de janeiro de 2001, Brasil." Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. Diário Oficial da União, Brasília 20-E: 35. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 44, DE 21 DE AGOSTO DE 2019. Dispõe sobre as Boas Práticas de Fabricação complementares à Radiação Ionizante na fabricação de Medicamentos. Brasília: Anvisa, 2019. Disponível em < https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2019/IN_44_2019_.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2024. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Consolidado de normas de registro e notificação de fitoterápicos. Brasília: Anvisa, 2018. Disponível em < http://antigo.anvisa.gov.br/documents/33836/2501251/Consolidado_fitoterapicos_2018.pdf/a2f53581-43e5-47bb-8731-99d739114e10>. Acesso em: 15 dez. 2021.

Palavras-chave: Fitoterápicos, Radiações-ionizantes, legislação, ANVISA.

Trabalho 93**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** Análise da relação dose absorvida e seu efeito em materiais vegetais: uma revisão de literatura**Autor principal:** MARIO MARDONE DA SILVA**Autores:** ANFRE MACIEL NETTO, ADEMIR DE JESUS AMARAL, EDVANE BORGES DA SILVA, EWERTON CLEMETINO DINIZ, HADASSA CLEMENTINO DE ARAUJO, LUIZ DA SILVA MAIA NETO, SIMEY DE SOUZA LEÃO PEREIRA MAGNATA,**Instituição:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**Cidade-UF:** RECIFE-PE

Os raios gama são um tipo de radiação eletromagnética formada por fótons altamente energéticos e de alta frequência, que possuem grande capacidade de penetração. Uma das aplicações desses raios esta associada ao processo de esterilização, técnica muito utilizada em alimentos e, mais recentemente, em fitoterápicos. A irradiação de alimentos, refere-se ao processo físico de exposição do material à radiação ionizante com o objetivo de induzir a esterilização ou preservação do alimento pela destruição de microrganismos (bactérias e fungos), além de parasitas, insetos e outras pragas. No entanto, quando o material exposto é um material vegetal, vários estudos têm comprovado que pode ocorrer alterações na germinação e no crescimento, além de alterações na composição fitoquímica do material, principalmente nos metabólitos secundários, compostos que têm como principal função a proteção a estresses abióticos e bióticos, além de apresentarem ações nutricionais e possuírem propriedades farmacológicas importantes, agindo como antibióticos, antioxidantes, agentes anticancerígenos e etc., sendo estas propriedades de interesse da literatura científica. Entretanto, apesar do uso crescente de medicamentos fitoterápicos, é observado uma lacuna significativa de pesquisas sobre a ação da radiação ionizante em materiais vegetais. Diante desse cenário e da importância do uso da radiação gama em fitoterápicos e da necessidade de entender as alterações causadas por sua ação, este trabalho teve como objetivo analisar artigos disponíveis na literatura para avaliar a relação entre dose da radiação gama e efeitos em metabólitos secundários. Metodologia: Foram realizadas buscas nas bases PubMed, Scielo e BVS, considerando o período entre 2019 à 2024, sendo utilizadas as palavras chaves “secondary metabolites AND Gamma radiation”, "ionizing radiation AND secondary metabolites", "ionizing radiation AND plant materials", "plant extracts AND gamma radiation" e "plant extracts AND ionizing radiation". Foram encontrados 1.101 artigos nas três bases de dados, dos quais 32 foram

selecionados, após a exclusão por duplicidade ou por não atenderem aos objetivos da revisão. Resultados: Dos artigos usados nas análises, foi observado estudos relacionados aos alcaloides, fenóis, flavonoide e terpenos. Os materiais vegetais estudados nos trabalhos avaliados foram *Rosmarinus Officinalis* L. (Alecrim), extrato de folhas de *Onobrychis sativa* L. (Sainfoin), *Ferula gummosa* Boiss, mudas de *Celosia cristata* L., rizoma de *Zingiber officinale* Rosc (gengibre parental), Sementes de *Trigonella foenum-graecum* L. (feno-grego), *Rubia cordifolia*, *Silybum marianum* L., *Phaseolus vulgaris*, *Silybum marianum* L. e linhagens de *Triticum aestivum*. As doses de radiação gama observadas variam de 5 Gy a 2000 Gy. Os resultados indicam alterações dos metabolitos secundários após a irradiação gama, onde na maioria dos casos apontam para uma potencialização dos metabolitos secundários, não havendo um padrão claro de relação entre dose absorvida e alteração fotoquímica, sobretudo pelo fato de se tratar de diferentes espécies de vegetais. Conclusões: Apesar de haver estudos sobre a relação dose-efeito da radiação gama e materiais vegetais de forma isolada, faz-se necessário mais estudos que analisem essa relação, buscando entender padrões e a relação deles com a alteração dos metabolitos secundários.

Referências bibliográficas: Adeyemi, M. A review of secondary metabolites from plant materials for post harvest storage. *International Journal of Pure Applied Sciences Technology*, 2011, 6(2), 94– 102. Chomel, M., Guittonny-Larchevêque, M., Fernandez, C., Gallet, C., DesRochers, A., Paré, D., y Baldy, V. (2016). Plant secondary metabolites: a key driver of litter decomposition and soil nutrient cycling. *Journal of Ecology*, 104(6), 1527– 1541. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12644>. Lima, Luis Spencer. Radiação gama. Spencer Lima, L. (2014), *Revista de Ciência Elementar*, 2(04):0110.

Palavras-chave: Palavras Chaves: Fitoterápicos, Radiações ionizantes, radiação gama. Metabólitos secundários.

Trabalho 94**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** MAPRAD: mapping the radioactivity in Brazilian soils**Autor principal:** FERNANDO CARLOS ARAUJO RIBEIRO**Autores:** Eduardo Paim Viglio**Instituição:** Serviço Geológico do Brasil**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

Brazil is the fifth largest country in the world with a territorial area of 8,515,767 km². It is the largest country in South America, Latin America, and the entire Southern Hemisphere. The vast Brazilian territory presents many differences in the environmental conditions, including the type of climate, relief, altitude, vegetation, and geology. Studies of radioactivity in Brazilian soils were limited to small areas of uranium and thorium anomalies in the Southeastern and Northeastern regions. Through a cooperation agreement established in 2015, the Institute of Radioprotection and Dosimetry (IRD) of the Brazilian Nuclear Energy Commission (CNEN) and the Geological Survey of Brazil (SGB) are conducting large-scale studies of natural and artificial radioactivity in soils of Brazilian states. The objectives are to map the activity concentrations of ⁴⁰K, ²²⁶Ra, ²²⁸Ra, and ¹³⁷Cs in soils and better understand the radioactivity distribution and the terrestrial dose, correlate these data with pedological, geological, and land use characteristics, and know the exposure of Brazilian population to ionizing radiation in the environment. To achieve this, thousands of soil samples have been collected by the SGB, prepared, and analyzed by gamma-ray spectrometry with high-purity germanium detectors, coupled instrumentation, and spectra analysis software at IRD. Afterward, samples are stored in the IRD's Soil collection room and are available for other studies. Results are interpreted with free geographic information system (GIS) software and geostatistical evaluation. Maps of the radionuclides in soils of the first studied Brazilian states (Espírito Santo, Minas Gerais, Alagoas, and Pernambuco) were designed and the data have been published in scientific journals, while other states are sampled and are under study (Ceará, Sergipe, Paraíba, Roraima, Rio Grande do Norte and Goiás). An atlas of radioactivity in soils of Brazilian states is intended to be produced and published to familiarize the general public with environmental radioactivity and an online database was designed and constantly filled to provide open access information for further scientific studies. The data obtained so far show very interesting results related to radionuclide levels and behavior in soils, especially when comparing data from tropical and semiarid climate regions. Herein we present the

data, maps, and the main results obtained till now and discuss the main challenges faced in a so large survey.

Referências bibliográficas: Ahmad, N., Matiullah, A., Khatibeh, A.J.A.H., 1997. Indoor radon levels and natural radioactivity in Jordanian soils. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 71, 231–233. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a032059> Akhtar, N., Tufail, M., Ashraf., M., 2005. Natural environmental radioactivity and estimation of radiation exposure from saline soils. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 1, 279-85. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=14159> Alencar, A.S., Freitas, A.C., 2005. Reference levels of natural radioactivity for the beach sands in a Brazilian southeastern coastal region. *Radiat. Meas.* 40, 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2004.08.003> Amaral, E.C.S., 1992. Modificação da exposição à radiação natural devido a atividades agrícolas numa área de radioatividade natural elevada no Brasil. D.Sc. thesis. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Amaral, R. S., Mazzilli, B. P., 1997. Avaliação do equilíbrio entre o ^{238}U e ^{226}Ra e a relação $^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$ no capeamento (solo) de jazidas fosfáticas em Pernambuco. In: INAC 1997. Available at: https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/1997/ENAN/E03_015.PDF Anagnostakis, M.J., Hinis, E.P., Simopoulos, S.E., Agelopoulos, M.G., 1996. Natural radioactivity mapping of Greek surface soils. *Environ. Intern.* 22 (1), S3-S8. Arnedo, M.A., Rubiano, J.G., Alonso, H., Tejera, A., González, A., González, J., Gil, J.M., Rodríguez, R., Martel, P., Bolivar, J.P., 2017. Mapping natural radioactivity of soils in the eastern Canary Islands. *J. Environ. Radioact.* 166 (2), 242–258. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.07.010>. Baeza, A., Del Rio, M., Jimenez, A., Miro, C., Paniagua, J., 1995. Influence of geology and soil particle size on the surface-area/volume activity ratio for natural radionuclides. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 189 (2), 289-299. <https://doi.org/10.1007/bf02042608>. Bea, F., Montero, P., 1999. Behavior of accessory phases and redistribution of Zr, REE, Y, Th, and U during metamorphism and partial melting of metapelites in the lower crust: An example from the Kinzigite Formation of Ivrea-Verbano, NW Italy. *Geochim. Cosmochim. Acta* 63, 1133-1153. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(98\)00292-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(98)00292-0). BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Cardoso, G.V., Amaral Sobrinho, N. M. B., Wasserman, M. A. V., Mazur, N., 2009. Geoquímica de radionuclídeos naturais em solos de áreas circunvizinhas a uma unidade de mineração e atividade de urânio. *Rev. Bras. Ciência Solo* 33, 1909-1917. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000600040>. Cinelli, G., Tollefsen, T., Bossew, P., Gruber, V., Bogucarskis, K., De Felice, L., De Cort, M., 2019. Digital version of the European Atlas of natural radiation. *J. Environ. Radioact.* 196, 240-252. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.02.008>. Coelho, F.F., Giasson, E., 2010. Comparação de métodos para mapeamento digital de solos com utilização de sistema de informação geográfica. *Ciência Rural* 40 (10), 2099-2106. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000156>. CPRM, 2006. Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro. Cunha, F.G., 2010.

Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade no Brasil. X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Porto. Fatima, I., Zaidi, J., Arif, M., Daud, M., Ahmad, S.A., Tahir, S.N., 2008. Measurement of natural radioactivity and dose rate assessment of terrestrial gamma radiation in the soil of southern Punjab, Pakistan. *Radiat. Prot. Dosimetry* 128, 206–212. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncm310>. Faure, G., 1986. *Principles of Isotope Geology*. John Wiley and Sons, 2nd Ed., New York. Filgueiras, R.A., da Silva, A.X., Ribeiro, F.C.A., Lauria, D. da C., Viglio, E.P., 2020. Baseline, mapping and dose estimation of natural radioactivity in soils of the Brazilian state of Alagoas. *Radiat. Phys. and Chem.* 167, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.05.022>. Garba, N.N., Ramli, A.T., Saleh, M.A., Sanusi, M.S., Gabdo, H.T., 2015. Terrestrial gamma radiation dose rates and radiological mapping of Terengganu state, Malaysia. *J. Radioanal. and Nucl. Chem.* 303, 1785–1799. <http://dx.doi.org/10.1007/s10967-014-3818-2>. Garcêz, R.W.D., Lopes, J.M., Perez, S.S., Lauria, D. da C., Viglio, E.P., Cunha, F.G., Ribeiro, F.C.A., da Silva, A.X., 2020. Activity concentration and mapping of radionuclides in Espírito Santo State soils, Brazil. *Radiat. Phys. Chem.* 167, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.03.013>. Geological Survey of Finland, 1998. FOREGS geochemical mapping. Field manual, Guide 47. Hannan, M.A., Nguyen, N., Rivas, M., 2013. Natural radioactivity and its gamma dose rate in Mission (Texas) soils. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 295, 729-736. <https://doi.org/10.1007/s10967-012-1840-9>. Hiromoto, G., Peres, A.C., Taddei, M.H., Soares, M.R., Alleoni, L.R.F., 2007. Radioactive soil characterization of São Paulo, Brazil. In: *Proc. Annual Intern. Conf. Soils, Sediments, Water and Energy 12*, 198-200. IAEA, 2004. *Radiation, people and the environment*. International Atomic Energy Agency, Vienna. Ioannides, K. G., Mertzimekis, T.J., Papachristodoulou, C. A, Tziolla, C.E., 1997. Measurements of natural radioactivity in phosphate fertilizers. *Sci. Total Environ.* 196, 63-67. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(96\)05390-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(96)05390-9). Laubenstein, M., Plastino, W., Povinec, P. P., Fabbri, V., Aprili, P., Balata, M., Bella, F., Cardarelli, A., Deo, M., Gallese, B., 2013. Radionuclide mapping of the Molise region (Central Italy) via gamma-ray spectrometry of soil samples: relationship with geological and pedological parameters. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 298, 317–323. <https://doi.org/10.1007/s10967-012-2353-2>. Lauria, D. C., 1999. Transporte de radionuclídeos naturais e elementos das terras raras leves no sistema lagunar de Buena, RJ D.Sc. thesis. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Lauria, D.C., Ribeiro, F.C.A., Conti, C.C., Loureiro, F.A., 2009. Radium and uranium levels in vegetables grown using different farming management systems. *J. Environ. Radioact.* 100, 176–183. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2008.11.006>. Leal, A.L. do C., Lauria, D. da C., Ribeiro, F.C.A., Viglio, E.P., Franzen, M., Lima, E. de A.M., 2020. Spatial distributions of natural radionuclides in soils of the state of Pernambuco, Brazil: Influence of bedrocks, soil types and climates. *J. Environ. Radioact.* 211, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.106046>. Linsalata, P., Morse, R.S., Ford, H., Einsenbud, M., Penna Franca, E., Castro, M. B. E., Lobao, N., Sachett, I., Carlos, M., 1989. “An assessment of soil-to-plant concentration ratios for some natural analogues of the transuranic elements”. *Health Phys.* 56 (1), pp133-146. <https://doi.org/10.1097/00004032-198901000-00003>. Malanca, A., Pessina, V. , Dallara, G., 1993. Assessment of the natural radioactivity in the Brazilian state of Rio Grande do Norte. *Health Phys.* 65(3), 298-302. <https://doi.org/10.1097/00004032-199309000-00008>. Matiullah, A., Ahad, A., Rehman, S. ,

Faheem, M., 2004. Measurement of Radioactivity in the soil of Bahawalpur division, Pakistan. *Radiat. Prot. Dosimetry* 112, 443–447. <https://doi.org/10.1093/rpd/nch409>.

Mazzilli, B.P., Mádua, M.F., Campos, M.P., 2011. Radioatividade no meio ambiente e avaliação de impacto radiológico ambiental. IPEN, São Paulo, Brasil.

Mortvedt, J.J., 1994. Plant and soil relationship of uranium and thorium decay series radionuclides – a review. *J. Environ. Quality* 23, 643–650. <https://doi.org/10.2134/jeq1994.00472425002300040004x>.

McAulay, I.R., Moran, D., 1988. Natural radioactivity in soil in the Republic of Ireland. *Radiat. Prot. Dosimetry* 24, 47–49. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a080239>

Ozturk, B.C., Çam, N. F., Yaprak, G., 2013. Reference levels of natural radioactivity and ¹³⁷Cs in and around the surface soils of Kestanbol pluton in Ezine region of Çanakkale province, Turkey. *J. Environ. Sci. Health A*. 48, 1522–1532. <https://doi.org/10.1080/10934529.2013.797242>.

Pillai, G.S., Hameed, P.S., Khan, S.M.M. (2016). Natural radioactivity levels in the soils and human risk assessment in Tiruchirappalli district (Tamil Nadu, India). *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 307, 1265–1277. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1309.3605>.

Peixoto, C.M., 2013. Determinação dos valores de referência de qualidade de solo para U e Th no Estado de Minas Gerais. M.Sc. dissertation. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear.

Penna-Franca, E., 1963. Radioatividade na dieta dos habitantes das regiões brasileiras de elevada radiação natural D. Sc. thesis. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Peres, A.C., 2007. Modelo para o estabelecimento de valores orientadores para elementos radioativos no solo D. Sc. thesis, São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

Quindos, L. S., Fernandez, P. L., Soto, J., Rodenas, C., Gomez, J., 1994. Natural radioactivity in Spanish soils. *Health Phys.* 66, 194–200. <https://doi.org/10.1097/00004032-199402000-00010>.

Ribeiro, F.C.A., Lauria, D da C., Pires do Rio, M.A., Cunha, F.G., Sousa, W. de O., Lima, E.A.M., Franzen, M., 2017. Mapping soil radioactivity in the Fernando de Noronha archipelago, Brazil. *J. Radioanal. Nuc. Chem.* 311, 577–587. <https://doi.org/10.1007/s10967-016-5059-z>.

Ribeiro, F.C.A., Lauria, D. C., Silva, J.I.R., Lima, E.S.A., Amaral Sobrinho, N.M.B. do, Pérez, D.V., 2018. Baseline and Quality Reference Values for Natural Radionuclides in Soils of Rio de Janeiro State, Brazil. *Rev. Bras. Ciência do Solo* 42, 1–15. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20170146>.

Roser, F. X., Kegel, G., Cullen, T. L., 1964. Radiogeology of some high-background areas in Brazil. In: Adams, J. A. S., Lowder, W. M., editors. *The natural radiation environment*. Chicago: The University of Chicago Press, 855–872.

Saleh, I. H., Hafez, A. F., Elanany, N. H., Motaweh, H. A., Naim, M.A., 2007. Radiological study on soils, foodstuff and fertilizers in the Alexandria region, Egypt. *Turkish J. Eng. Environ. Sci.* 31, 09–17. <https://doi.org/10.3906/tar-1201-1>.

Santos Junior, J.A., Cardoso, J.J.R.F., Silva, C.M., Silveira, S.V., Amaral, R. S., 2006. Determination of radionuclides in the environment using gamma-spectrometry. *J. Radioanal. Nuc. Chem.* 269(2), 451–455. <http://dx.doi.org/10.1007/s10967-006-0417-x>.

Smith, D.B., Smith, S.M., Horton, J.D., 2013. History and evaluation of national-scale geochemical data sets for the United States. *Geosci. Front.* 4 (2), 167–183, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2012.07.002>.

Silva, L.H.C., 1997. Aspectos econômico-ambientais do uso do fosfógeno na agricultura. Dissertação (Mestrado). COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 127 p.

Silva, C.R., Viglio, E., Quintarelli, J.M., 2020. Geochemical Megaprovince of Fluorine and Endemic Fluorosis in the Middle São

Francisco River, Minas Gerais-Bahia, Brazil. *J. Geol. Surv. Braz.* 3, 211-24. <https://doi.org/10.29396/jgsb.2020.v3.n3.5>. Souza, Z.M., Souza, G.S., Junior, J.M., Pereira, G.T., 2010. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. *Scientia Agraria* 11, 73-81. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v11i1.15939> Tahir, S. N. A., Jamil, K., Zaidi, J. H., Arif, M., Ahmed, N., Ahmad, S. A., 2005. Measurements of activity concentrations of naturally occurring radionuclides in soil samples from Punjab province of Pakistan and assessment of radiological hazards. *Radiat. Prot. Dosimetry* 113, 421–427. <https://doi.org/10.1093/rpd/nch484>. Turhan, Ş., Köse, A., Varinlioğlu, A., Şahin, N. K., Arıkan, İ., Oğuz, F., Yücel, B., Özdemir, T., 2012. Distribution of terrestrial and anthropogenic radionuclides in Turkish surface soil samples. *Geoderma* 187, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.04.017>. Tzortzis, M., Tsertos, H., 2004. Determination of thorium, uranium and potassium elemental concentration in surface soils in Cyprus. *J. Environ. Radioact.* 77, 325-38. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2004.03.014>. Ugur, F.A., Turhan, S., Goren, E., Gezer, F., Yegingil, Z., Sahan, H., Sahan, M., Tel, E., Karahan, G., 2012. A survey of distribution of terrestrial radionuclides in surface soil samples in and around the Osmaniye province, Turkey. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 154(4), 483-489. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncs259>. Umisedo, N.K., 2007. Dose de radiação ionizante decorrente do uso de fertilizantes agrícolas [D. Sc. Thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo. UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation: Sources. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Wang, X., Reeder, S., Demetriads, A., Smith, D.B., 2012. The IUGS/IAGC Task Group on Global Geochemical Baselines. *Earth Sci. Frontiers*, 19, 3. China University of Geosciences. Peking University.

Palavras-chave: natural radionuclides, radiological map, Brazil, soils.

Trabalho 95**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Diagnostic imaging examinations in Brazil: current patterns and trends**Autor principal:** ANA CRISTINA MURTA DOVALES**Autores:** Carlos Eduardo Bonacossa de Almeida**Instituição:** IRD/CNEN**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

Diagnostic imaging examinations represent the main man-made source of radiation exposure for the global population. The frequency of these procedures has greatly increased worldwide in recent decades. However, there has been a decline in the usage volumes for most types of examinations during the recent COVID-19 pandemic, mainly due to the restrictive policies established to mitigate viral dissemination. Conversely, the frequency of computed tomography (CT) scans increased during this period, especially chest scans used to assess the severity and progression of the disease. The drop in diagnostic imaging procedures may have hampered the detection and treatment of several diseases over a relatively long period, causing potential adverse public health outcomes. On the other hand, the increased use of CT has raised concerns about the adverse effects potentially resulting from these relatively high-dose procedures. The number and distribution of procedures by imaging modality, examined body part, and patient age differ significantly across countries and over time. Comprehensive assessments of the frequency, distribution, and doses associated with different types of examinations are important to guide public health and radiation protection policies. In the present study, we updated data on volumes and distribution of diagnostic imaging examinations in the Brazilian public Unified Health System (SUS). We collected the monthly number of procedures between 2018 and 2023 from a database provided by SUS. Data were collected by type of procedure for different imaging modalities, both for outpatient (elective and emergency) and inpatient care locations. Patient age distribution was also assessed for CT examinations. Between 2018 and 2023 there were around 600 million diagnostic imaging examinations in SUS. General radiography was the most frequent modality in both outpatient and inpatient care locations. After a large reduction in the annual volume of almost all types of diagnostic imaging exams in SUS in 2020-2021, compared to 2018-2019, the use of most modalities returned to levels slightly higher than in the pre-pandemic period, both for outpatients and inpatients. CT use, however, increased greatly between 2018 and 2023, driven mainly by the increasing frequency of chest scans. As a result, CT surpassed ultrasonography as the second most frequent modality among inpatient examinations, remaining the third in the

outpatient setting. Magnetic resonance imaging also saw a large increase between 2018 and 2023, but this modality was still poorly used in SUS by the end of this period. Furthermore, the use of chest CT has greatly increased among young children, which do not usually develop severe COVID-19. As guidelines do not recommend chest scans for routine COVID-19 diagnosis purposes, this finding may suggest potential overuse or misuse of CT scans, highlighting the need for policies and actions to improve the justification and optimization of these exams.

Referências bibliográficas: NA

Palavras-chave: diagnostic imaging, computed tomography, SUS, Brazil

Trabalho 96**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Determinação da Concentração do Gás Radão (^{222}Rn) em Compartimentos não Habitacionais**Autor principal:** SALIMA AMADE SALIMO**Autores:****Instituição:** Universidade Eduardo Mondlane**Cidade-UF:** Maputo

A exposição ao gás radão tem sido considerado o segundo causador de morte por indução ao cancro de pulmão, perdendo apenas para o cigarro. O radão é um gás incolor, inodoro e insípido, proveniente do decaimento do Urânio. O radão acumula-se em compartimentos não habitacionais, por estes permanecerem longos períodos fechados e não haver uma boa ventilação. A aferição da concentração do gás em compartimentos não habitacionais foi realizada usando o detector de radão Rad7. Com base na teoria de Física Nuclear, escreveu-se a revisão bibliográfica, usada para análise e enquadramento dos resultados obtidos. Para a compreensão do fenómeno em estudo, escolheu-se 4 (quatro) lugares onde se realizou a medição num período de setenta e duas horas, que equivale ao período de desintegração do radão. Após a avaliação das concentrações do gás radão no Laboratório de Protecção Radiológica da Agência Nacional de Energia Atómica, Laboratório de Física Médica, Laboratório de Gemologia e na Sala do Instituto de Médio de Empreendedorismo de Moçambique obtiveram-se os seguintes resultados: 0.6 ± 0.28 a 13.3 ± 0.28 Bq/m³, 10.6 ± 0.42 a 35.7 ± 0.42 Bq/m³, 10.6 ± 0.38 a 35.6 ± 0.38 Bq/m³, 10.7 ± 0.33 a 26.8 ± 0.33 Bq/m³, respectivamente. A interpretação destes valores encontram-se detalhados na discussão dos resultados. Os resultados obtidos, ainda que não excedam os limites recomendáveis pela Organização Mundial de Saúde, cujo valor é de 100 Bq/m³, pelo menos garantem a presença deste gás nos compartimentos verificados; não se deve descartar que qualquer nível de dose absorvida pode induzir a cancros devido aos efeitos estocásticos, cuja probabilidade de ocorrerem incrementa com o aumento do nível de dose.

Referências bibliográficas: · Afonso, C.J. (2009). Elemento Químico Radónio. Química Nova Escola. 4ª edição. 32:267 – 268. · Andreucci, R. (2016). Protecção Radiológica/ Aspectos Industriais (Janeiro ed.). São Paulo, Brasil. · ATSDR (2012), —A Toxicological Profile for Radon, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. · Carlos, P. M. S. (2017). Radioatividade nas águas destinadas a consumo humano. Tese de Mestrado em Gestao

Ambiental. Instituto Politécnico de Coimbra. 94 pp. · Carvalho, L. M. A. (2017). Avaliação da Concentração do Gás radão em Moradias Graníticas no Concelho de Barcelos. Tese de Mestrado em Engenharia Civil e do Ambiente. Escola Superior de Tecnologia e Gestão – IPVC. Instituto Politécnico de Viana do Castelo. 222 pp. · Coelho, F.M.P.N. (2006). Distribuição de radão em habitações da região de Vila Real: condicionantes geológicas. Tese de Mestrado em Biologia e Geologia para o ensino. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. · Corrêa, J.N. Avaliação dos Níveis de Concentração De Radônio em Ambientes e Águas de Poços no Estado Do Paraná. Tese De Doutorado Em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 112 pp. · Decreto nº8/2017 de 21 de Julho. Boletim da República 3º Suplemento. I Série – Número 114. Estatuto dos Oficiais de Justiça e de Assistentes de Oficiais de Justiça dos Tribunais, do Conselho Constitucional e do Ministério Público. Maputo · Durrige Company Inc. (2017). Rad7 Radon Detector. In: User Manual, Billerica, MA, United States. · Ferreira, A. (2009). Radioatividade das águas subterrâneas da região do Minho. Tese de Mestrado em Ciências do Ambiente, Universidade do Minho; · Ferreira, M.J.M.M , Coelho, M.J.P. —O Radão nos Edifícios-Minimização da Perigosidade”, p. 70—91 disponível em <http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/1885/1/70-91.pdf>. Acessado aos 26 de Agosto 2019. salimasalimo03@gmail.com

28 Determinação da Concentração do Gás Radão (222 Rn) em Compartimentos não Habitacionais · Fior, L. (2008). Análise da concentração de radão proveniente dos materiais de construção. Tese de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, pp. 30-44. · Guerra, C. A. (2014). Monitorização de radão em ambientes interiores Aplicação ao SPACE4U (Fundação São João de Deus) e sede da Quercus-Guarda. Instituto Politécnico da Guarda, Portugal. · IAEA. (2007). Terminology used in Nuclear Safety and Radiation Protection. IAEA Safety Glossary. · Joaquim, A. (2016). Medição e Avaliação do Nível da Concentração do Radão em Residências do Bairro de Maxaquene. Tese de licenciatura em Física. Universiade Eduardo Mondlane. 92 pp. · Kappke, J. (2013). Medidas das Concentrações de Rádio em Águas Minerais Disponíveis á Venda no Brasil. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica e Informática. Universidade de Tecnologia Federal do Paraná. 100 pp. · Louro, A. R. C. (2013). Da Temática do Radão na região da Guarda à construção de um modelo microdosimétrico: Caso particular do Acino pulmonar humano. Tese de Doutorado em Física. Universidade da Beira Interior-Ciencias. 222 pp. · Menzel, H.G. (2016). Reports and Activities of International Commission on Radiation units and Measurements. Bethesda: ICRU. · Nuclear Regulatory Agency. (20.06.2019). Radon as natural factor of the exposure of the population. Acedido em 31 de Outubro de 2019. www.bnra.bg/en/userful/radon. · Oliveira, J. D. (1998). Determinação dos Níveis de Radioatividade Natural Presente nas Águas Utilizadas no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. 180 pp. · Ravikumar, P., Deljo Davis, S., R.K and Prakash, K. (2015). Measurement of radon activity in soil gas using RAD7 in the Environs of Chitradurga District, Karnataka, India. Elixir Earth Science, 31078-31082. · Salim, L.A (2013). Uso do Rad7 para a Caracterização do Torônio em Águas de Estâncias Hidrominerais. · Satela. R. D. (2018). Relação entre a Incidência do Cancro do Pulmão e as Concentrações de 222Rn na Cidade de Maputo. Tese

de Mestrado em Física Médica. Universidade Eduardo Mondlane. Pp 90. salimasalimo03@gmail.com 29 Determinação da Concentração do Gás Radão (222 Rn) em Compartimentos não Habitacionais · Silva, A. A. (2000). Determinação da concentração de Rn-222 e filhos em ambientes fechados com detectores plásticos. Universidade de São Paulo, São Paulo. · Silva, A. A. (2006). Estudo da Desgaseificação Difusa no Vulcão das Furnas (Ilha De S. Miguel): o caso do 222Rn. Tese de Mestrado em Vulcanologia e Riscos Geológicos. Universidade dos Açores. 192 pp. · Silva, A.S., Dinis, M.L. (2015). Avaliação da concentração de radão nas águas minerais naturais nos estabelecimentos termais Portugueses. International Journal on Working Conditions, N°13. · Soares, P. J. R. (2011). Determinação da Concentração de Radão num Estabelecimento de Ensino Público. Tese de Mestrado em Ensino de Física e Química. Universidade da Beira Interior. 77 pp. · Tauhata, et al. (2013). Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos (9ª ed.). Rio de Janeiro: IRD/CNEN. · WHO - World Health Organization. (2016). Manual da OMS sobre radônio em ambientes internos: uma perspectiva de saúde pública / editado por Hajo Zeeb e Ferid Shannoun. – São Paulo, 1ª Edição. · WHO – World Health Organization. (2009). WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. Geneva. · Wiegand, J. (2001) – A guideline for the evaluation of the soil radon potential based on geogenic and anthropogenic parameters. Environmental Geology, 40, 949-963. · Wilkening, M. (1990). Radon In The Environment: Studies In Environmental Science 40. Amsterdam: Elsevier. · UNSCEAR- United Nations Scientific Committee on the Atomic Radiation. ANNEX A —Sources and Effects Ionizing Radiation”, 1993 Report to the General Assembly with Scientific Annexes, New York, 1993. · UNSCEAR. (2017). Sources, effects and risks of ionizing radiation. In u. nations (Ed.), Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. New York. · USEPA. (1999). National Primary Drinking Water Regulations: Radon-222. Fed. Reg. 64 (211). 59245-59294 pp.

Palavras-chave: compartimentos habitacionais, radão, concentração do gás, dose.

Trabalho 97**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** Successful Skill Strategies for Nuclear Science Communication: Distinct Approaches to Different Professional Segments**Autor principal:** DENISE LEVY**Autores:** Demerval Leonidas Rodrigues e Anna Lucia C. H. Villavicencio**Instituição:** IPEN-CNEN**Cidade-UF:** São Paulo

The Nuclear and Energy Research Institute (IPEN/CNEN) is a national leader institution in the production of scientific and technological knowledge, promoting research and innovation for the benefit of the society. Moreover, the institute promotes the scientific communication to different segments of society, giving both in-person and virtual solutions according to the target audience. This article presents the authors' experience in the communication of radiation protection information to non-experts, identifying key success factors and untapped possibilities. Despite the countless benefits of nuclear technology, several professional segments are affected by prejudices and unfounded fears. Among the many relevant examples, we highlight professionals in the areas of Education, Engineering, Food and Agribusiness. Sensitive to the need to bring high-quality scientific knowledge to the population, the institute has promoted several social communication actions, including face-to-face meetings to each group, according to its needs. In June 2024 the institute promoted an event to demystify industrial radiography, among engineering students, safety engineers and occupational safety professionals, who – for lack of knowledge - avoid non-destructive testing techniques involving ionizing radiation. In August 2024 the institute promoted a nuclear science meeting for teachers of Basic School (most often unaware of the matter) providing a rich context for create new knowledge and improve critical thinking. Moreover, IPEN co-organized the STEAM Day 2024, being responsible for the theme "food and agriculture", to be presented for the general public. This activity was planned to bring together public bodies, the private sector and academia to present highly complex current problems and interdisciplinary solutions, among them, food irradiation. The audiences' feedback has been extremely positive, leading the institution to expand its actions. The success factors were identified as: a plural organization, inter-institutional partnerships and the development of original and unique program content for each audience. Moreover, each action includes a student group or committee, for the development of science communication skills, such as constructivist teaching methods, active listening, collaborative learning and planning adaptability. It is expected that these

actions will play an essential role in bridging the gap between scientific community and society, providing professional development, improving critical thinking and enhancing decision-making skills.

Referências bibliográficas: Levy, D., Khoury, H.; The Nuclear Energy Museum in Brazil: Creative Solutions to Transform Science Education into Meaningful Learning. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Educational and Pedagogical Sciences Vol:11, No:1, 2017. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/144880168.pdf> Levy, D. Nuclear Science and Society: Social Inclusion through Scientific Education. Physics Education. Vol 52 Number 6. DOI 10.1088/1361-6552/aa8383. 2017. Disponível em: <https://publications.waset.org/10010735/educating-the-educators-interdisciplinary-approaches-to-enhance-science-teaching> Levy, D. , Villavicencio, A. Educating the Educators: Interdisciplinary Approaches to Enhance Science Teaching. World Academy of Science, Engineering and Technology, Open Science Index 153, International Journal of Educational and Pedagogical Sciences, 13(9), 1204 - 1207. 2019. Levy, D., Sordi, G.M.A.A., Villavicencio, A.; Irradiação de alimentos no Brasil: revisão histórica, situação atual e desafios futuros. Brazilian Journal of Radiation Sciences, Rio de Janeiro, Brazil, v. 8, n. 3, 2020. Disponível em: <https://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/1241>. Smid, Jan Marc. Radiofobia: Como a desinformação impacta no trabalho da proteção radiológica. Newsletter SBPR - Março de 2021. Disponível em: <https://www.sbpr.org.br/conteudo.php?p=news-sbpr-2021-mar>

Palavras-chave: risk perception, professional development, communication on radiological protection

Trabalho 98**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Dose no paciente em exames de radiologia computadorizada de tórax**Autor principal:** GUSTAVO OLIVEIRA DA CONCEIÇÃO**Autores:** CESAR MARQUES SALGADO;CLAUDIO DOMINGUES ALMEIDA**Instituição:** Programa de Engenharia Nuclear COPPE/UFRJ ; Instituto de Engenharia Nuclear;Instituto de Radioproteção e Dosimetria.**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO, RJ

Resumo: O uso dos raios X para o diagnóstico desempenha um papel muito importante, sendo a principal fonte artificial de exposição no mundo (UNSCEAR 2017). Na radiologia digital, doses mais altas no paciente geralmente resultam em melhor qualidade da imagem, o que pode levar à tendência de utilizar doses mais altas do que o necessário (ICRP 93 2004 p.13). A partir deste ponto a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) formulou várias recomendações para gerenciar doses no paciente em imagens de raios X digital (Vano et al., 2007). A minimização das doses em radiologia deve ser um conceito aplicado dentro de um conjunto de ações, incluindo a escolha adequada do equipamento de raios X, a adoção de protocolos específicos, a realização regular de testes de controle de qualidade do equipamento e a formação contínua dos profissionais envolvidos nesta área (Hutton et al., 1998). Segundo a ICRP 93 (2004), a radiografia de tórax representa aproximadamente 30-40% de todos os exames de raios X realizados. Objetivo: Avaliar a dose utilizada em pacientes submetidos a exames de radiografia de tórax em um sistema de radiografia computadorizada. Materiais e Métodos: O estudo foi realizado em um hospital público no Rio de Janeiro, utilizando um aparelho de Raios X marca VMI, modelo Pulsar Plus 500, com imagens digitalizadas no sistema de radiografia computadorizada da marca DIGIRAY, modelo FIRE CR SPARK, e cassetes de 35 cm x 43 cm da marca DIGIRAY. O Kerma no ar de entrada foi determinado utilizando um detector de estado sólido modelo Piranha Black da marca RTI. A amostra selecionada para o estudo foi de 150 pacientes com peso variando de 60 a 75 kg e estatura de 160 a 175 cm. Foram coletados dados relativos do paciente como: sexo, idade, peso, altura e espessura da região de estudo e da técnica radiográfica utilizada no exame. Resultados: Observou-se que 77,3% dos pacientes examinados tinham espessura torácica entre 23 e 25 cm. Em toda amostra o produto corrente-tempo variou de 5 a 37 mAs, logo, em 57,3% da amostra a técnica variou de 5 a 10 mAs. Em 43,3% dos pacientes examinados, a tensão aplicada mais frequente foi de 85 a 95 kV e em 42,0% dos exames foi aplicada tensão na faixa de 100 a 117 kV. Como consequência, foram calculadas as doses de entrada na pele (DEP) dos pacientes

submetidos ao exame que variaram de 0,11 mGy a 0,72 mGy, com uma média de $0,28 \pm 0,12$ mGy. Observou-se que 45,3% dos pacientes receberam DEP menores que 0,25 mGy, enquanto 13,3% dos pacientes da amostra receberam doses entre 0,41 a 0,72 mGy. Conclusões: Conclui-se que para o uso da tecnologia de radiografia digital, apesar de todas as vantagens em relação ao método convencional, ainda são observadas doses acima do necessário. É importante implementar programas de educação e treinamento para os profissionais, visando a otimização da técnica radiográfica e a redução da dose administrada no paciente, sem comprometer a qualidade diagnóstica na imagem.

Referências bibliográficas: UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION et al. UNSCEAR 2016 Report—Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. International Commission on Radiological Protection. Managing patient dose in digital radiology: a report of the International Commission on Radiological Protection. Ann ICRP 2004; 34:1–73. VANO et al. Transition from Screen-Film to Digital Radiography: Evolution of Patient Radiation Doses at Projection, Radiology, May 2007, Radiological Society of North America (RSNA), DOI: 10.1148/radiol.2432050930 HUFTON A, Doyle S, Carty H. Digital Radiography in Paediatrics: Radiation dose considerations and magnitude of possible dose reduction. The British Journal of Radiology, 71, 1998. 186-199

Palavras-chave: Radiologia digital, dose no paciente, raios X de tórax, otimização

Trabalho 99**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** O uso de Redes Neurais Convolucionais para reduzir diagnósticos falso-positivo: Estudo de Revisão**Autor principal:** GUSTAVO OLIVEIRA DA CONCEIÇÃO**Autores:** CESAR MARQUES SALGADO;ROBERTO SCHIRRU**Instituição:** Programa de Engenharia Nuclear COPPE/UFRJ ; Instituto de Engenharia Nuclear CNEN/IEN**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO, RJ

Resumo: O câncer de mama é uma doença letal, um tipo de tumor que continua atingindo grande parte de mulheres no Brasil e no mundo, caso não seja diagnosticado precocemente. Esta doença é normalmente diagnosticada através da análise de imagens de mamografia. No Brasil, o rastreamento de tumores benignos ou malignos na mama é realizado através do exame de mamografia, entre mulheres de 50 a 69 anos a cada dois anos, sendo essa maneira mais precisa de diagnóstico. No entanto, vários fatores podem influenciar neste diagnóstico, como a falta de experiência do médico e o cansaço devido à alta demanda de imagens para análise. Esses fatores podem levar a erros de interpretação dos diagnósticos, resultando em tratamentos desnecessários (falso positivo) e na falta de tratamento para pacientes com tumores (falso negativo). Com o avanço tecnológico na área da medicina, o uso de inteligência artificial (IA) tornou-se a ser uma ferramenta valiosa para auxiliar no diagnóstico de exames de mamografia. A inteligência artificial pode reduzir os erros de interpretação e aumentar a precisão dos diagnósticos, proporcionando um tratamento mais adequado para os pacientes. Objetivo: Revisar estudos sobre o uso da inteligência artificial em exames de mamografia digital. Materiais e Métodos: Este estudo é uma revisão da literatura. A seleção dos artigos científicos foi realizada no banco de dados PUBMED em 31/07/2024 utilizando os descritores “Artificial Intelligence”, “Computer-aided diagnosis”, and “Mammography”. Resultados: Os artigos publicados indicam que o uso da IA com aprendizado profundo em exames de mamografia digital apresenta alta precisão na detecção e diagnóstico de lesões mamárias, comparável ao desempenho dos médicos. A IA melhora a precisão do diagnóstico e economiza tempo (Sun Y et al., 2021). Além disso, o sistema de IA pode identificar corretamente uma proporção significativa de uma população de triagem como livre de câncer e reduzir falsos positivos (Lang K et al. 2021), que são resultados anormais não confirmados como câncer. Esses falsos positivos podem levar à necessidade de exames adicionais, como novas imagens e biópsias, causando danos psicológicos aos pacientes, incluindo ansiedade e estresse, além de danos físicos

decorrentes de exames invasivos (Tsuruda et al., 2021). Mayo et al. (2019) desenvolveram um software de detecção auxiliada por computador (CAD) baseado em IA que reduziu significativamente os falsos positivos por imagem (FPPI) em mamografias, em comparação a um CAD convencional aprovado pela FDA (Food and Drug Administration Regulation), com uma redução de 69% no FPPI que resultou em uma redução de 17% no tempo de leitura do radiologista por caso, demonstrando maior eficiência de tempo de leitura do CAD convencional. Conclusões A utilização de rede neural artificial para auxiliar na detecção de falsos positivos é de suma importância no desenvolvimento de sistemas de diagnóstico por IA, ampliando a eficiência de rastreamento. Além disso, oferece uma ferramenta acadêmica didática que fomenta diversos formatos de treinamento em interpretação de imagens para todo os profissionais envolvidos.

Referências bibliográficas: Sun Y, Qu Y, Wang D, Li Y, Ye L, Du J, Xu B, Li B, Li X, Zhang K, Shi Y, Sun R, Wang Y, Long R, Chen D, Li H, Wang L, Cao M. Deep learning model improves radiologists' performance in detection and classification of breast lesions. *Chin J Cancer Res.* 2021 Dec 31;33(6):682-693. doi: 10.21147/j.issn.1000-9604.2021.06.05. PMID: 35125812; PMCID: PMC8742176. Lång K, Dustler M, Dahlblom V, Åkesson A, Andersson I, Zackrisson S. Identifying normal mammograms in a large screening population using artificial intelligence. *Eur Radiol.* 2021 Mar;31(3):1687-1692. doi: 10.1007/s00330-020-07165-1. Epub 2020 Sep 2. PMID: 32876835; PMCID: PMC7880910. Tsuruda KM, Larsen M, Román M, Hofvind S. Cumulative risk of a false-positive screening result: a retrospective cohort study using empirical data from 10 biennial screening rounds in Breast Screen Norway. *Cancer* 2021; 128:1373-807. Mayo RC, Kent D, Sen LC, Kapoor M, Leung JWT, Watanabe AT. Reduction of False-Positive Markings on Mammograms: a Retrospective Comparison Study Using an Artificial Intelligence-Based CAD. *J Digit Imaging.* 2019 Aug;32(4):618-624. doi: 10.1007/s10278-018-0168-6. PMID: 30963339; PMCID: PMC6646646.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Mamografia, Câncer de Mama

Trabalho 100**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Simulação matemática**Título:** Uso de Imagens de Linfocintilografia em Medicina Nuclear para Obter a Distribuição de Fótons de Tc-99m em Modelos Computacionais de Exposição**Autor principal:** JORGE ALEXANDRE GOMES LINS**Autores:** Vieira, J.W.; Lima, F.R.A.; Farias, W.A.W.A; Silva, V.H.F.F.; Silva, J.M.; Filho, F.J.L.**Instituição:** UFPE**Cidade-UF:** Recife-PE

Este estudo tem como objetivo preparar um Modelo Computacional de Exposição (MCE) para exames de Linfocintilografia de Membros Inferiores em Medicina Nuclear. Utilizando o software DIP (Digital Image Processing) do Grupo de Dosimetria Numérica (GDN), as imagens médicas AP e PA de pacientes adultos foram ajustadas a seção frontal do fantoma antropomórfico MASH-SUP (Male Adult meSH em posição supina). A seguir foram feitas contagens de tons de cinza por linha nas duas imagens, gerando uma função de distribuição acumulada (FDA). Os pares (fatia, FDA) foram associados a dois órgãos fontes no MASH-SUP: Linfonodos e Fígado. Por fim, utilizado o software MonteCarlo também do GDN, as informações foram convertidas no arquivo de texto MSUPLCFonte_PAC_X_X.txt que contém linhas com as seguintes informações: o número da fatia, a área da fatia onde estão contidos os pontos de fonte e o valor da FDA associado à fatia. Com estas informações a fonte interna padrão dos MCE do GDN será modificada para simulações detalhadas do exame de Linfocintilografia. Na sequência deste trabalho será produzido um catálogo baseado em diversas imagens em clínica local de Medicina Nuclear para usos em diversos tipos de fantoma com variações de gênero e idade a depender do tipo de exame. Simulações dessa natureza são importantes principalmente para avaliar distribuição do radiofármaco nos órgãos fontes em função do tempo.

Referências bibliográficas: ANDRADE, P. H. A. Construção e voxelização de um fantoma mesh masculino adulto com macro circulação e vasos linfáticos. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Departamento de energia nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.**Palavras-chave:** Modelo Computacional de Exposição, Medicina Nuclear, Linfocintilografia.

Trabalho 101**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Medicina Nuclear**Título:** Mapa de calor bidimensional do nível de radiação ambiental em um serviço de medicina nuclear**Autor principal:** TATIANE SABRIELA CAGOL CAMOZZATO**Autores:** Maria Eduarda Santos; Lucas Falconi Camargo**Instituição:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**Cidade-UF:** Florianópolis-Santa Catarina

O levantamento radiométrico realizado quinzenalmente com a câmara de ionização Geiger Muller gera uma vasta quantidade de dados complexos, resultando em um banco de dados abrangente que informa os níveis de exposição em diversas áreas de um serviço de medicina nuclear (SMN). Estes dados, por sua própria natureza, são bastante intrincados, o que pode tornar sua interpretação um desafio. No entanto, a utilização de mapas de calor representa uma solução eficaz para simplificar a análise dessas informações. A principal vantagem dos mapas de calor é sua capacidade de transformar dados complexos em visualizações intuitivas e de fácil compreensão, facilitando a identificação de padrões e anomalias nos níveis de exposição radiométrica. O objetivo central deste trabalho foi desenvolver um mapa de calor bidimensional com o intuito de representar visualmente o nível de exposição em cada área de um serviço de medicina nuclear, onde em regiões de maior risco de exposição são indicadas com cores quentes (vermelho), enquanto regiões de menor exposição são representadas por cores mais frias (azul). A abordagem adotada foi de natureza documental, retrospectiva e descritiva, combinando princípios metodológicos quantitativos e qualitativos. O estudo foi conduzido em várias etapas, começando pelo acesso à base de dados existente, seguido pela visita ao serviço para uma interpretação detalhada dos dados. Posteriormente, foi realizada uma análise estatística abrangente e, finalmente, o desenvolvimento do mapa de calor. Os dados radiométricos analisados foram coletados de 40 pontos distintos dentro de um SMN localizado na Grande Florianópolis, Santa Catarina, ao longo de um período de dois anos, especificamente de outubro de 2021 a outubro de 2023. A coleta de dados foi feita quinzenalmente utilizando um detector Geiger Muller, totalizando 2000 amostras. Esses dados foram submetidos a análises estatísticas detalhadas, que incluíram o cálculo de médias, medianas, desvios padrão e intervalos de confiança. Com base nas análises estatísticas, o mapa de calor foi gerado utilizando o software Excel, enquanto as coordenadas para a construção do mapa foram obtidas através do software Paint, utilizando a planta baixa do setor como referência. O resultado final permitiu destacar claramente as áreas com as maiores taxas de exposição, bem como

evidenciar variações significativas em comparação com outras áreas. O mapa de calor desenvolvido não apenas facilitou a visualização das áreas de maior exposição, mas também demonstrou a eficácia dessa ferramenta como um instrumento valioso para orientar medidas de proteção radiológica. Este estudo contribuiu de forma significativa para a compreensão da dinâmica de exposição em um serviço de medicina nuclear, possibilitando um monitoramento mais eficaz e um controle aprimorado das áreas.

Referências bibliográficas: CAMOZZATO, Tatiane Sabriela Cagol et al. Medicina nuclear na prática. Florianópolis: Publicações do Ifsc, 2020. 237 p. Disponível em: <https://ifsc.edu.br/documents/30701/523474/Medicina+Nuclear+na+Pr%C3%A1tica/affd6204-e5f3-4e10-9040-7025ea465944>. Acesso em: 08 ago. 2023. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN NN 3.01: DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA. 3.01 ed. Brasil: Cnen, 2014. 22 p. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/normas/grupo-3/grupo3-nrm301.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2024. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN NN 3.05: REQUISITOS DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA PARA SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR. 159 ed. [S.L.], 2013. 26 p. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm305.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2023. DIAS, Vinicius Fonseca. Heatmap: aplicação colaborativa baseada em mapas de calor para partilha da cidade. 2020. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Novos Media e Práticas Web, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2020. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/111912>. Acesso em: 28 ago. 2023. LOPES, Pedro H. Silvestre; BARROS, Frieda Saicla. Mapa espacial de dose em serviço de medicina nuclear. In: SIMPÓSIO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA, 8., 2015, Uberlândia. Anais [...] . Uberlândia: Issn 2358-3568, 2015. p. 48-52. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Adriano-Andrade-5/publication/313344126_Anais_do_VIII_Simposio_de_Engenharia_Biomedica/links/58963a99a6fdcc32dbd9930a/Anais-do-VIII-Simposio-de-Engenharia-Biomedica.pdf#page=48. Acesso em: 17 abr. 2024. MACHADO, Marcos A. D. et al. Revisão: radioproteção aplicada à Medicina Nuclear. Revista Brasileira de Física Médica, [S.L.], v. 4, n. 3, p. 47-52, abr. 2011. Disponível em: <https://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/97/v4n3p47>. Acesso em: 08 ago. 2023. VILLA, Stéfani de Almeida. GUIA PARA LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO EM SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR. 2021. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/235359/001137152.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 set. 2023.

Palavras-chave: Medicina Nuclear, exposição radiológica, proteção radiológica, levantamento radiométrico, mapa de calor.

Trabalho 102**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Emergência radiológica e nuclear**Título:** Diretrizes para preparação de um Plano Nacional de Resposta à Emergência Radiológica para Moçambique**Autor principal:** ZEFANIAS JUSTINO CHILAULE**Autores:****Instituição:** Agencia Nacional de Energia Atomica (ANEA)**Cidade-UF:** Cidade de Maputo

Ao longo de décadas, diversos acidentes e emergências nucleares ou radiológicas têm ocorrido em todo o mundo, a despeito do aprimoramento contínuo de equipamentos e instalações que utilizam materiais radioativos no seu dia a dia. E para o caso de Moçambique, devido ao elevado número de operadores que usam fontes radioativas em diferentes áreas de atuação, cresce cada dia que passa a necessidade de garantir a segurança das mesmas, conseqüentemente a proteção das pessoas e do meio ambiente contra os efeitos nocivos da radiação. A preparação prévia para respondê-los é determinante para alcançar os objetivos práticos de resposta, dos quais: Retornar o controlo da situação e mitigar as conseqüências; Salvar vidas; Evitar ou minimizar efeitos determinísticos severos; Prestar primeiros socorros; Fornecer tratamento médico crítico e gerenciar o tratamento de lesões por radiação; Reduzir o risco de efeitos estocásticos; Manter o público informado e manter a confiança do público; Mitigar na medida do possível a propriedade e meio ambiente; e Preparar-se na medida do possível para a retomada da vida social normal. O objetivo de preparação para emergência é assegurar que uma capacidade adequada esteja presente nas organizações, operadores e nos níveis local, regional e nacional para uma resposta efetiva a qualquer evento de natureza nuclear ou radiológica que afete o país. O documento GSR Parte 7 da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), estabelece uma série de requisitos sobre o tema. Para a implementação prática desses requisitos, a AIEA desenvolveu uma série de documentos auxiliares, conhecidos como "Série EPR", ou seja, Preparação e Resposta para Emergência. Dentre esses documentos destaca-se o EPR - Method, "Método para o Desenvolvimento de Arranjos para a Resposta a uma Emergência Nuclear ou Radiológica". O documento sugere a utilização de uma metodologia para que um País alcance os requisitos de Preparação e Resposta a Emergências. A metodologia usada é baseada nos 10 passos estabelecidos pelo EPR-Method para criação de um Plano Nacional de Resposta à Emergências Radiológicas. O Plano Nacional de Resposta a Emergências Radiológicas permitirá que Moçambique esteja capacitado para responder a eventuais situações de emergências que podem vir a ser ocasionadas pelas fontes

radioativas, quer de forma acidental assim como de forma propositada. Palavras-chaves: fontes radioativas, diretrizes, plano nacional de resposta às emergências radiológicas

Referências bibliográficas: 1. IAEA, EPR, Lessons Learned from the Response to Radiation Emergencies, IAEA, Vienna, 2012. 2. IAEA, GSR Part. 7, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA, Vienna, 2015. 3. IAEA, EPR – METHOD, Método para elaborar disposiciones de respuesta a emergencias nucleares o radiológicas, IAEA, Vienna, 2003.

Palavras-chave: Fontes radioativas, diretrizes, plano nacional de resposta às emergências radiológicas

Trabalho 103**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** Radioproteção Ocupacional em Inspeções de Contêineres: Avaliação da Segurança dos Motoristas em Sistemas de Varredura de Alta Energia**Autor principal:** SAMUEL QUEIROZ PELEGRINELI**Autores:** Ana Paula de M. Andrade, Fábio de O. Neves, Jefferson V. dos Santos**Instituição:** EBCO**Cidade-UF:** SP

Este estudo investiga a radioproteção de motoristas durante inspeções de contêineres, destacando a exposição à radiação ionizante em sistemas de varredura de alta energia. Utilizando o sistema HCVP (Heimann Cargo Vision Portal), foram obtidos dados dosimétricos detalhados, demonstrando que o procedimento de varredura pode ser repetido com segurança, mantendo os níveis de exposição abaixo dos limites aceitáveis para a saúde ocupacional. Cada valor apresentado na análise dos 125 registros de dose equivalente ambiente integrada, realizados ao longo de seis meses, reflete uma média de cinco medidas. A metodologia incorporou análises quantitativas e qualitativas, revelando uma dose integrada de aproximadamente $0,0125 \mu\text{Sv}$ por varredura, indicando a segurança das práticas de inspeção. A comparação de cenários hipotéticos evidenciou que mesmo em situações extremas, como múltiplas varreduras diárias, as doses permaneceram consistentemente abaixo dos limites estabelecidos para o público em geral e para Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs). A segurança operacional do sistema foi ressaltada, mostrando que as práticas de inspeção de cargas são eficazes e seguras, garantindo um ambiente protegido para os motoristas. Este estudo contribui para a compreensão da importância da radioproteção ocupacional e da utilização responsável de tecnologias radiológicas em atividades de inspeção de cargas, promovendo a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos.

Referências bibliográficas: Choy L (2014) The Strengths and Weaknesses of Research Methodology: Comparison and Complimentary between Qualitative and Quantitative Approaches. IOSR Journal of Humanities and Social Science 19: 99-104. Gomes RS, Gomes JDARL, Costa MLL, et al. (2013) Dose to drivers during drive-through cargo scanning using GEANT4 Monte Carlo simulation. INAC 2013: international nuclear atlantic conference. Brazil. ICRP (2007) The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP 37(2-4): 1-332. Pelegrineli SQ, et al. (2021) Evaluation of the radiological risk in cargo scanning by

comparison with known biological consequences. Radioprotection. DOI: 10.1051/radiopro/2021036. Pelegrineli SQ, et al. (2022) Fast radiological safety evaluation applied to maintenance in cargo and container inspection facilities. Toxicology and Industrial Health 2022. OLIVER HUPE, ULRIKE ANKERHOLD, 2007, X-ray security scanners for personnel and vehicle control: Dose quantities and dose values, European Journal of Radiology 63 (2007) 237–241 X. ONONOGBO, C. P., G. O. AVWIRI, AND E. T. KOMOLAFE. External Ionizing Radiation Exposure during Cargo / Vehicle Radiographic Inspection of Nigerian Ports Authority, Onne, Rivers State, Nigeria. Journal of Environment and Earth Science 5.11: 1-9, 2015. ICRU report 95 – Operational quantities for external radiation exposure. Radiation Protection and Environment 44: 116, 2020.

Palavras-chave: Radioproteção, Motoristas, Exposição à Radiação, Varredura de Alta Energia, Dose Equivalente Ambiente Integrada.

Trabalho 104**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Desenvolvimento de phantoms para dosimetria do indivíduo ocupacionalmente exposto que manipulou o ^{131}I em um serviço de Medicina Nuclear**Autor principal:** TATIANE SABRIELA CAGOL CAMOZZATO**Autores:** Maria Eduarda Fidelis; Katiéli Olegário; Matheus Savi, Tatiane Sabriela Camozzato; Jaqueline Costa; Marco Bertoncini**Instituição:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**Cidade-UF:** Florianópolis-SC

A medicina nuclear utiliza fontes radioativas não encapsuladas para tratamento e diagnóstico. A radioiodoterapia é uma modalidade terapêutica, na qual se utiliza o ^{131}I para tratar câncer na tireoide. No relatório do Instituto Nacional de Câncer (INCA) de 2023, é previsto que o Brasil enfrente aproximadamente 16.660 novos casos de câncer de tireoide anualmente, durante o período de 2023 a 2025. Esse número equivale a um risco estimado de 7,68 casos por 100 mil habitantes. O indivíduo ocupacionalmente exposto é o profissional responsável por armazenar, preparar, fracionar e garantir a segurança dos pacientes durante o período de permanência após a administração do radiofármaco. Considerando que esses profissionais têm contato direto com materiais radioativos, existe um risco potencial de contaminação e exposição. Os dosímetros individuais medem a dose absorvida, não a dose equivalente, portanto, é importante avaliar a dosimetria do indivíduo ocupacionalmente exposto para determinar a dose equivalente por cada órgão e tecido. Foi escolhida a região anatômica da cabeça e pescoço para reprodução em impressão tridimensional. Para realizar uma dosimetria interna precisa e confiável, é essencial que o material utilizado na confecção dos dispositivos seja coerente com a densidade e a interação com a radiação. O Instituto Federal de Santa Catarina campus Florianópolis disponibilizou um phantom CIRS 711 ATOM MAX como modelo base para a confecção de três phantoms. Para a impressão da casca dos phantoms, foram utilizados os materiais: ácido polilático, acrilonitrila-butadieno-estireno e resina. Para o tecido ósseo, foram empregados os materiais XCT-A e XCT-0. Para a tireoide, foi utilizada a resina, devido à sua qualidade de estanqueidade, essencial para a introdução do ^{131}I , garantindo que não ocorra extravasamento e, conseqüentemente, contaminação radioativa. Foram criadas gavetas para possibilitar a inserção das diferentes glândulas tireoides com atividades de ^{131}I distintas. A impressão dos phantoms em ácido polilático, acrilonitrila-butadieno-estireno e das peças com XCT-A e XCT-O foram feitas no software Simplify 3D, enquanto a impressão do phantom e da glândula tireoide em resina foram planejadas no software

Chitubox. O tempo total de impressão dos três phantoms foi de 109 horas. A etapa de finalização incluiu: remover os suportes, lixar, colar as peças, acoplar os inserts nas tampas. Após serem preenchidos com água para simular a densidade da água na tomografia, os phantoms e a tireoide apresentaram uma boa estanqueidade. O valor da Unidade Hounsfield na tomografia para avaliar a semelhança com os tecidos humanos, obtiveram-se os seguintes resultados: o phantom de Ácido polilático apresenta valores de 82,5 HU na casca, 1.285,2 HU para osso cortical e 452,5 HU para osso trabecular; o Phantom de Acrilonitrila-butadieno-estireno tem -42,6 HU na casca, 1.645,7 HU para osso cortical e 991,7 HU para osso trabecular; e o phantom de resina 142,2 HU na casca, 961 HU para osso cortical e 596,6 HU para osso trabecular. Conclui-se que os phantoms apresentam a unidade Hounsfield e anatomia semelhantes aos dos tecidos humanos e estão, portanto, aptos para medir a dosimetria do indivíduo ocupacionalmente exposto que manipulou o ^{131}I .

Referências bibliográficas: CAMOZZATO, Tatiane Sabriela Cagol; EJIDIKE, Adaobi Bianca; TORRES, Andreia Alexandre, et al.. Terapias em Medicina Nuclear. Florianópolis: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (Ifsc), 2022. 125 p. Disponível em: <https://www.ifsc.edu.br/documents/30701/523474/Terapias+em+Medicina+Nuclear+V3.pdf/d36faff7-0a39-4286-9112-b90ccbcd539c>. Acesso em: 9 mai. 2023. CAMOZZATO, Tatiane Sabriela Cagol; FERNANDES, Manoela; ROMÃO, Camila Rodrigues. DETERMINAÇÃO DA MEIA-VIDA EFETIVA DO IODO-131 NO TRATAMENTO DO CARCINOMA DIFERENCIADO DE TIREOIDE PELO MÉTODO DE EXPOSIÇÃO. Radiologia Brasileira. Curitiba, p. 167-167. 15 set. 2013. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/22518150>. Acesso em: 30 nov. 2023. CAMOZZATO, Tatiane Sabriela Cagol; et al. Medicina nuclear na prática. Florianópolis: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (Ifsc), 2020. 237 p. Disponível em: <https://www.ifsc.edu.br/documents/30701/523474/Medicina+Nuclear+na+Pr%C3%A1tica/affd6204-e5f3-4e10-9040-7025ea465944>. Acesso em: 15 ago. 2023. CERQUEIRA, Rafaela Andrade Dantas et al. Desenvolvimento de objetos simuladores antropomórficos de pescoço para testes de imagem em exames com iodo. São Francisco: Cidade Universitária "Prof. José Aloísio de Campos", 2014. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/5268/1/RAFAELA_ANDRADE_DANTAS_CERQUEIRA.pdf. Acesso em: 15 nov 23. CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Norma CNEN NN 3.01. Rio de Janeiro: 2014. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>. Acesso em: 17 set. 2023; CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. REQUISITOS DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA PARA SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR. Norma CNEN NN 3.05. Rio de Janeiro: 2013. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm305.pdf>. Acesso em : 17 set. 2023. FARIAS, W. A.; VIEIRA, J. W.; DE SANTANA, I. E.; DA SILVA, V. H.; LINS, J. G.; ANDRADE, P. A.; LIMA, F. A. Adaptação de um fantoma antropomórfico para representar um IOE no momento da administração de radiofármacos em medicina nuclear. Brazilian Journal of Radiation Sciences, [S. l.], v. 8, n. 1A (Suppl.), 2020. DOI: 10.15392/bjrs.v8i1A.1031. Disponível em:

<https://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/1031>. Acesso em: 17 nov. 2023. FERREIRA, Rodrigo. Quais as diferenças entre fontes radioativas seladas e não seladas?. Radioproteção na prática, 2020. Disponível em: <https://radioprotecaonapratica.com.br/fontes-seladas-e-nao-seladas/>. Acesso em: 8 jun. 2023. FORTIN, Francis. Hounsfield scale (diagram). 2020. Disponível em: <https://radiopaedia.org/cases/hounsfield-scale-diagram>. Acesso em: 31 jul. 2024. ICRP, 1975. Report of the Task Group on Reference Man. ICRP Publication 23. Pergamon Press, Oxford. Disponível em: https://journals.sagepub.com/pb-assets/cmscontent/ANI/P_023_1975_Report_on_the_Task_Group_on_Reference_Man_rev0.pdf. Acesso em: 15 out. 2023. ICRP, 1977. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 26. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_1_3. Acesso em: 17 nov. 2023. ICRP, 2002. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection Reference Values. ICRP Publication 89. Ann. ICRP 32 (3-4). Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_32_3-4. Acesso em: 15 out. 2023. ICRP, 2007. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publicação 103. Disponível em: [https://www.icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37\(2-4\)-Free_extract.pdf](https://www.icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37(2-4)-Free_extract.pdf). Acesso em: 17 nov. 2023. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). Câncer de tireoide. Rio de Janeiro: Inca, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tipos/tireoide>. Acesso em: 30 nov. 2023. SAVI, Matheus et al. Commercial filament testing for use in 3D printed phantoms. Radiation Physics And Chemistry, [S.L.], v. 174, p. 108906, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.108906>. Disponível em: <https://repositorio-api.ipen.br/server/api/core/bitstreams/84fecc9d-80fb-4d94-a231-790ed4a456c6/content>. Acesso em: 19 jun. 2024. SAVI, M. B. M. B. Estudo de materiais e desenvolvimento de um simulador antropomórfico de cabeça e pescoço por meio de impressão 3D. 2022. 124 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-04082022-143618/publico/2022SaviEstudo.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023. VILLANI, D. Desenvolvimento de um simulador antropomórfico de pescoço-tireoide tecido-equivalente impresso em 3D para aplicações multidisciplinares. 2021. 103 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-16062021-143936/publico/2021VillaniDesenvolvimento.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 88020-300, Florianópolis, SC,

Palavras-chave: ^{131}I , Tireoide, Dosimetria do indivíduo ocupacionalmente exposto, Phantom

Trabalho 105**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Formação de recursos humanos**Título:** TECNOLOGIAS NUCLEARES NA SAÚDE: CONTRIBUIÇÕES À ESTRATÉGIA BRASILEIRA PARA O SETOR NUCLEAR**Autor principal:** SILVIA MARIA VELASQUES DE OLIVEIRA**Autores:****Instituição:** COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR; SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOCÊNCIAS NUCLEARES**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO

Apresentada durante a V Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, realizada em Brasília em 2024, a publicação “Subsídios à estratégia brasileira para o setor nuclear” (CNEN, 2024) recomenda um plano de expansão para a medicina nuclear, ampliação da oferta de cursos de formação e capacitação técnicas para aumentar o número de profissionais que atuam na área e estratégias para fortalecer a aceitação pública da energia nuclear. Este trabalho analisou indicadores para colaborar com a “estratégia”, e evidencia as desigualdades regionais do Brasil em oferta de residências médicas e residências multiprofissionais, distribuição de serviços e equipamentos de medicina nuclear e radioterapia e dificuldades de acesso de pacientes a esses serviços nas regiões Norte e Nordeste. Também avaliou exigências da CNEN e ANVISA para composição de equipes profissionais. Residências médicas e respectivas vagas para radioterapia, medicina e física médica, tem predominância da região Sudeste e ausência nas regiões Centro Oeste e Norte. As regiões Sul e Sudeste concentram 70% dos serviços de medicina nuclear e radioterapia, setores que atuam, respectivamente, 80% no setor privado e 70% no setor público e filantrópico. Embora a escassez de diagnóstico implique em falta de acesso do paciente ao tratamento, os pacientes não são, necessariamente, idênticos. A Sociedade Brasileira de Radioterapia (SBRT, 2020) publicou projeções para demanda por equipamentos de teleterapia até 2030, considerando substituição de equipamentos em operação e novos equipamentos. Foi projetada a necessidade de novos profissionais, a qual dependerá do acesso de pacientes ao tratamento pois, se o acesso de pacientes não aumentar, a demanda de profissionais não aumentará. A ANVISA aceita o sistema de registro de profissionais e a certificação da qualificação de supervisores de proteção radiológica emitidos pela CNEN. Entretanto, a CNEN não aceita integralmente os parâmetros da ANVISA. O planejamento da expansão dos serviços deve ser precedido da revisão de exigências conflitantes na regulação, evitando-se insegurança jurídica. O sistema normativo das diferentes agências reguladoras ou dentro de uma mesma agência, quando não é atualizado simultaneamente,

produz exigências conflitantes. A criação de residências médicas e de física médica nas regiões Norte e Nordeste poderia colaborar com a expansão de serviços diagnósticos e terapêuticos nessas regiões, bem como a oferta de bolsas com patrocínio público e privado para a fixação de profissionais recém-formados em regiões com deficiências na oferta dos serviços. Formar e treinar os profissionais em saúde é um desafio que requer um esforço integrado do sistema público, da saúde suplementar e do setor privado para o planejamento, coordenação e investimento em educação a nível nacional (SBRT, 2020). Em relação à divulgação científica, considerando-se cerca de três mil profissionais registrados e supervisores de proteção radiológica certificados e de dois mil e quinhentos membros titulares das sociedades científicas da área da saúde (ABFM, SBBN, SBMN, SBPR, SBRT), mesmo que estes possuam mais de uma certificação e/ou sejam associados a mais de uma sociedade, existem centenas de profissionais potencialmente capazes de contribuir com um consistente programa de comunicação desde que criados, pelo MCTI, editais específicos para essa finalidade.

Referências bibliográficas: 1. SOCIEDADE BRASILEIRA DE RADIOTERAPIA. Plano de desenvolvimento da radioterapia para a próxima década, Relatório 20-20. SBRT, 2020. 2. BRASIL. Lei 6.932 de 7/7/1981. Dispõe sobre as atividades do médico residente e dá outras providências. 3. CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA. Demografia médica no Brasil, CFM, 2020. 4. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Secretaria de Educação Superior. Comissão Nacional de Residência Multiprofissional. Resolução No 5/2014. Brasília, 2014. 5. MINISTÉRIO DA SAÚDE. ANVISA. RESOLUÇÃO-RDC Nº 20, 2/02/2006. Estabelece o Regulamento Técnico para o funcionamento de serviços de radioterapia, visando a defesa da saúde dos pacientes, dos profissionais envolvidos e do público em geral. 6. MINISTÉRIO DA SAÚDE. ANVISA. RESOLUÇÃO Nº 38, 4/06/2008. Dispõe sobre a instalação e o funcionamento de Serviços de Medicina Nuclear "in vivo". 7. MINISTÉRIO DA SAÚDE/SAES. PORTARIA SAES/MS Nº 1399, 17/12/2019. Redefine critérios e parâmetros referenciais para habilitação de estabelecimentos de saúde na alta complexidade em oncologia no âmbito do SUS. 8. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Requisitos para o registro de pessoas físicas para o preparo, uso e manuseio de fontes radioativas. Norma CNEN NN 6.01, Rio de Janeiro, 1999. 9. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Requisitos de radioproteção e segurança para serviços de medicina nuclear. CNEN NN 6.05, Rio de Janeiro, 2013. 10. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Certificação da qualificação de supervisores de proteção radiológica. Norma CNEN NN 7.01, Rio de Janeiro, 2020. 11. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Requisitos de segurança e proteção radiológica para instalações produtoras de radioisótopos com aceleradores cíclotrons. Norma NN-6.11, Rio de Janeiro, 2020. 12. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Requisitos de radioproteção e segurança para serviços de radioterapia. Norma CNEN NN 6.10, Rio de Janeiro, 2021. 13. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia. Norma NN-6.10, Rio de Janeiro, 2021. 14. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Norma CNEN NN 6.13. Requisitos de segurança e proteção radiológica em instalações de radiofarmácias centralizadas e industriais. Resolução CNEN 299/22, Rio de

Janeiro, 2022. 15. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Subsídios para estratégia brasileira para o setor nuclear. CNEN, Rio de Janeiro, 2024. 16. ABDAN. A medicina nuclear no Brasil, Projeto Tempo é saúde, acesso para todos. Rio de Janeiro, 2023. 17. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria/SAS/Nº 055/1999. Dispõe sobre a rotina do Tratamento Fora do Domicílio no Sistema Único de Saúde – SUS , com inclusão dos procedimentos específicos na tabela de procedimentos do Sistema de Informações Ambulatoriais do SIA / SUS e dá outras providências.

Palavras-chave: nuclear medicine, radiotherapy, education, regulation

Trabalho 106**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** INVESTIGATING THE APPLICATION OF A COMMERCIAL P-CHANNEL MOSFET POWER TRANSISTOR AS A RADFET MONITOR FOR X-RAYS**Autor principal:** EDUARDO GOMES MENDONÇA**Autores:** Odair Lelis Goncalvez**Instituição:** Instituto Tecnológico de Aeronáutica**Cidade-UF:** São José dos Campos SP

O objetivo geral do trabalho é contribuir para uma investigação teórica e experimental sobre a utilização de transistores comerciais (COTS) de baixo custo e de fácil obtenção para serem usados como monitores de dose RADFET em tempo real em testes de radiografia industrial e outros processos de irradiação com raios X. O objetivo específico é apresentar uma metodologia aplicada para determinar a resposta do transistor de potência pMOSFET IRF4905PBF da International Rectifier usado como monitor RADFET para raios-X em campo de equipamentos de radiografia industrial em tensão de trabalho variando de 50 a 200 kV. As curvas de resposta apresentaram comportamento linear até a dose acumulada de aproximadamente 10 krad, de modo que a sensibilidade do dosímetro seja o coeficiente angular da reta ajustada aos dados experimentais. A sensibilidade tem pequena diminuição logarítmica em função da energia efetiva do espectro de raios X e não apresentam dependência da taxa de dose na faixa de 1 a 21,6 krad/h. A reprodutibilidade permaneceu na faixa de $\pm 7\%$ para todos os testes. Assim, o IRF4905PBF utilizado como RADFET apresentou propriedades dosimétricas favoráveis ao seu uso como dosímetro em campos de radiação direcional e colimada. O uso de pequenos dosímetros permite dosimetria mais precisa em testes de irradiação de objetos volumosos de formatos diferentes, pois podem ser distribuídos em diferentes posições dentro e fora do irradiado objeto, para melhor conhecimento da distribuição da dose

Referências bibliográficas: HOLMES-SIEDLE, A. The Space-Charge Dosimeter: general principles of a new method of radiation detection. Nucl. Inst. and Meth., vol. 121, pp. 169-179, 1974. HOLMES-SIEDLE, A.; ADAMS, L. RADFET: A review of the use of metal-oxide-silicon devices of integrating dosimeters. Radiat. Phys. Chem. Vol.28, No. 2, pp. 235-244, 1986. MENDONÇA, E. G.; GONÇALEZ, O. L. A simple model of the accumulation of trapped ionization charges for radfet dosimeters. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 4, p. 28753-28759, 2022. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-391>. Available at: < <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/46805>

>. Last accessed: 29 Sept. 2022. MENDONÇA, E. G. et al. Experimental method for determining the supply current of a PMOS power transistor for use as a RADFET dosimeter. *Braz. J. Rad. Sci.*, n. 11, vol. esp. 1-A, p. 1-12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.15392/2319-0612.2023.2117>. Disponível em < <https://bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/2117> >. Acesso em 27 mar 2024. MONTEIRO, A. M. Estudo de um transistor de efeito de campo sensível à radiação – RADFET, como elemento sensor para medição de radiação gama. 2017. 107f. Dissertação de mestrado em Física e Matemática Aplicada – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2017.

Palavras-chave: RadFet, power transistor, X-ray, monitor.

Trabalho 107**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Tecnologia de materiais**Título:** Aplicabilidade das Nanotecnologias no Setor Nuclear**Autor principal:** MARCUS VINICIUS ARAUJO VIEIRA**Autores:** Lopes, T.J.; Araujo-Moreira, Fernando M.**Instituição:** Instituto Militar de Engenharia**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

As nanotecnologias têm sido objeto de vários estudos com o objetivo de melhorar e até mesmo criar novos materiais. Uma dessas nanotecnologias é o grafeno. O grafeno é um material que tem sido alvo de muitas investigações devido às suas propriedades únicas, como a elevada condutividade e leveza, que o tornam um material promissor para aplicações em dispositivos nucleares. Atualmente, existem várias formas de encontrar grafeno e, no contexto da indústria nuclear, este material tem sido aplicado em transístores, dosímetros e nanocompósitos, com especial incidência na blindagem. Para além do grafeno, as nanotecnologias incluem os chamados pontos quânticos, que são os componentes mais pequenos deste campo científico. Os pontos quânticos também podem ser utilizados numa variedade de aplicações, demonstrando que esta tecnologia tem um grande potencial de crescimento, bem como a possibilidade de ser combinada com outras nanotecnologias. Tendo isso em vista, este artigo tem como objetivo correlacionar essas duas nanotecnologias (grafeno e pontos quânticos) por meio de um sensor voltado para a área nuclear. Para a produção deste artigo, foi necessário realizar buscas em revistas, jornais e sites especializados na área nuclear, a fim de certificar a pesquisa. Observou-se também que há uma necessidade contínua de mais pesquisas e estudos para otimizar a aplicação do grafeno na área nuclear. É de salientar que este tema é relevante, uma vez que se trata de duas áreas da nanotecnologia com grande potencial de crescimento e melhoria, pretendendo-se contribuir para o avanço e desenvolvimento deste tema na área nuclear.

Referências bibliográficas: [1] Camargos, J. et al., “ Características e aplicações do grafeno e do óxido de grafeno e as principais rotas para síntese”, The journal of Sidney Nicodemos da Silva, v.3, pp. 1118- 1130 (2017). [2] DAVIES, P. et al. Summary of Graphene (and Related Compounds) Chemical and Physical Properties. [s.l: s.n.]. Available at: . [3] SANTOS, C. et al. SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE PONTOS QUÂNTICOS AMBIENTALMENTE AMIGÁVEIS, UM MEIO SIMPLES DE EXEMPLIFICAR E EXPLORAR ASPECTOS DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA EM CURSOS DE GRADUAÇÃO. Química Nova, 2020. [4]

ALVES, G. Abordagem ctsa no ensino de Física nuclear: reflexões iniciais sobre uma intervenção didática na desmistificação do uso das radiações.

Palavras-chave: grafeno, pontos quânticos de grafeno, sensor, sonda

Trabalho 108**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Desenvolvimento de radiofármacos**Título:** Produção e Aplicação de ^{177}Lu -PSMA e ^{225}Ac -PSMA no Modelo de Inovação Sustentável por Meio do Balanced Scorecard (BSC)**Autor principal:** KATIA CRISTINA IUNES MINASIAN SANTOS**Autores:** WILSON APERECIDO PAREJO CALVO**Instituição:** IPEN-DPD/CNEN**Cidade-UF:** SÃO PAULO - SP

Os ^{177}Lu -PSMA e ^{225}Ac -PSMA aparecem no conceito teranóstico, com resultados surpreendentes em pacientes com câncer de próstata, que não responderam às terapias convencionais. Na Europa, esses tratamentos são usados com sucesso. No entanto, no Brasil, 30% dos pacientes não respondem bem aos novos radiofármacos, necessitando de estudos mais amplos. O Programa multicêntrico utilizando radioligantes PSMA para diagnóstico e terapia de pacientes com câncer de próstata", no qual se insere este projeto de pesquisa, em parceria entre o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN), empresa privada e instituições associadas, visa ampliar as alternativas terapêuticas para pacientes com câncer não responsivos aos tratamentos disponíveis na rede pública de saúde do Estado de São Paulo. O IPEN/CNEN produzirá os radiofármacos que serão distribuídos aos Hospitais Públicos responsáveis pela seleção, tratamento e acompanhamento de pacientes com câncer de próstata metastático resistente à castração (mCPRC) e pela caracterização genética e molecular de pacientes não responsivos ao tratamento. A presente pesquisa estudará a viabilidade técnica e econômica na produção e aplicação desses radiofármacos, com estudos clínicos em pacientes com CPRCm, aplicando a ferramenta de gestão Balanced Scorecard (BSC), mensurando seu desempenho por indicadores visando uma gestão estratégica e eficiente, com a possibilidade de sua comercialização.

Referências bibliográficas: [1] SNNMI, PSMA PET imaging of theranostic for advanced prostate cancer. Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, 2018. [2] Journal of Nuclear Medicine (2016) 57(12): 1941-1944. [3] Balanced Scorecard: <https://online.visualparadigm.com/knowledge/strategy-map/what-is-balanced-scorecard/>

Palavras-chave: Radioligantes PSMA; Teranóstico; Radiofármacos; Paciente

Trabalho 109**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** A importância do desenvolvimento de tecnologias e metodologias em proteção radiológica**Autor principal:** DANIEL CORREA DE SOUZA**Autores:** Florencia Agustina Perez Gutierrez - - Orientador: Alexandre Agostini Zottis - - Prof^ª Daiane Cristini Barbosa de Souza - - Prof^º Matheus Brum Marques Bianchi Savi - - Prof^ª Karen Borges Waltrick**Instituição:** Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Câmpus Florianópolis**Cidade-UF:** Florianópolis - SC

A proteção radiológica (PR) no serviço de radiologia é essencial, principalmente pelo fato de que a maioria dos exames realizados na área da radiologia utilizam radiação ionizante (RI) para a aquisição da imagem. Os indivíduos ocupacionalmente expostos (IOEs) e a equipe multidisciplinar do setor de radiologia estão expostos a esse tipo de radiação, o uso de equipamentos de proteção individual (EPI) por parte dos IOEs e dos pacientes é essencial para garantir a segurança e evitar a exposição inadequada à RI. O uso de dosímetros por parte dos IOEs é obrigatório e faz parte da normativa vigente RDC 611/2022 que deve ser cumprida pelos hospitais e clínicas. Além disso, com a atualização das normas, alguns serviços de diagnóstico por imagem têm dificuldades em se adequar à legislação vigente. Desse modo é necessário promover a conscientização sobre a relevância da proteção radiológica e incentivar o desenvolvimento e a inserção de novas tecnologias dentro do setor de diagnóstico por imagem, bem como na implementação de métodos que auxiliem a equipe multidisciplinar e os gestores da área, por meio da aplicação de programas de capacitação promovendo a cultura da radioproteção e no desenvolvimento de softwares específicos para controle de dose e gestão. Este estudo se caracteriza como sendo uma revisão integrativa por se propor a selecionar e analisar artigos com foco em desenvolvimento de tecnologias e métodos em proteção radiológica, bem como outros aspectos relacionados. Com base nas pesquisas realizadas, é possível concluir que existem diversos métodos que podem ser utilizados para disseminar a cultura da radioproteção, como a aplicação de treinamentos, palestras, desenvolvimento de POPs e Teatralização. Contudo, pesquisas na área de proteção radiológica são essenciais para a atualização sobre as diversas metodologias desenvolvidas e tecnologias voltadas para proteção radiológica, bem como suas aplicações.

Referências bibliográficas: Batista VMD, Bernardo MO, Morgado F, Almeida FA. Proteção Radiological protection in the perspective of health professionals exposed to radiation. Rev Bras Enferm [Internet]. 2019;72(Suppl 1):9-16. [Thematic Issue: Work and Management in Nursing]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0545>] Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30942339/> HUHN, Andréa et al. SISPRAD: SOFTWARE PARA GESTÃO DA PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM AMBIENTE HOSPITALAR. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tce/a/wbDgkW9vZmSQzJStdPHpThz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 mar. 2024. HUHN, Andrea et al. IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA: OLHAR DA EQUIPE DE SAÚDE ATUANTE EM UM SERVIÇO DE RADIOLOGIA. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tce/a/bYYgG3VnHscgjpSVZLjZHRJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2024. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7, IAEA, Vienna (2018) Moura, R., & Bacchim Neto, F. A.. (2015). Proteção radiológica aplicada à radiologia intervencionista. *Jornal Vascular Brasileiro*, 14(3), 197–199. <https://doi.org/10.1590/1677-5449.1403> SOUZA, Daiane Cristini Barbosa de et al. Proteção radiológica nas exposições médicas: aspectos legais e históricos. 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26736>. Acesso em: 21 mar. 2024. MEDEIROS, Caroline de et al. Análise do conhecimento sobre radiações ionizantes e qualidade do equipamento de proteção individual em um hospital público. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/cmbio/article/view/11658/10831>. Acesso em: 25 mar. 2024.

Palavras-chave: Radiologia, Proteção Radiológica, Equipamentos de Proteção Individual, Tecnologia Radiológica

Trabalho 110**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Medicina Nuclear**Título:** Desenvolvimento de um sistema de administração de dose líquida de Iodo-131 com auxílio de impressão 3D**Autor principal:** TATIANE SABRIELA CAGOL CAMOZZATO**Autores:** Andrade, M.A; Dalcin, R.C; Guimarães, O.J.X; Savi, Matheus**Instituição:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**Cidade-UF:** Florianópolis-Santa Catarina

A Radioterapia com a administração de Iodo 131 com finalidade terapêutica, para tratamento de carcinoma de tireoide, com o propósito de eliminar tecidos remanescentes e de evitar metástases, é amplamente usado na Medicina Nuclear, isso faz com que os profissionais que atuam nesta área, sejam indivíduos ocupacionalmente expostos, com elevado risco de contaminação radioativa com a utilização do Iodo 131, tanto na administração do radioiodo, como na manipulação dos rejeitos provenientes desta administração. O presente trabalho visa desenvolver e testar a eficiência de um Sistema de Administração de Iodo 131 na forma líquida, com o objetivo de reduzir possíveis rejeitos radioativos, exposição ocupacional e contaminações radioativas. Trata-se de um estudo experimental no qual foram testados 08 materiais distintos para compor a tampa customizada do Sistema de Administração. No desenvolvimento da tampa buscou-se uma vedação adequada, de forma a manter pressão negativa e positiva compatíveis com a administração do Iodo 131. Foram construídos 08 protótipos de tampa, variando-se materiais e alterações mínimas no formato. Nas tampas produzidas, 07 delas foram utilizadas materiais de base borrachoide, materiais com base termoplástica, e materiais de resina poliéster, mas todos estes não se mostraram satisfatórios. As tampas produzidas com materiais de base borrachoide deformavam-se sob pressão, as produzidas com materiais termoplásticos e com resina poliéster ficaram rígidas, não se moldando a superfície interna do gargalo, não permitindo uma completa vedação. Por fim, desenvolveu-se tampas por meio de impressão 3D, utilizando um material com o custo mais elevado do que os anteriores, a resina 405 nm flexível, as dimensões da tampa foram inseridas no software de modelagem tridimensional e impressas na tecnologia estereografia e posteriormente foi realizada a modelagem dimensional das peças, depois através de um programa de computador específico obteve-se um modelo gráfico com camadas dispostas em direção específica, o modelo gerado foi enviado para a estação de prototipagem para a fabricação real. A tampa encaixou perfeitamente no frasco e após a adição de roscas em sua superfície externa de contato resultou em uma vedação consistente, mostrando-se eficiente para ser

utilizado na administração de I-131 por vedar adequadamente o frasco contendo as doses líquidas.

Referências bibliográficas: CAMOZZATO, Tatiane Sabriela Cagol et al. Medicina nuclear na prática. Florianópolis: Publicações do Ifsc, 2020. 237 p. Disponível em: <https://ifsc.edu.br/documents/30701/523474/Medicina+Nuclear+na+Pr%C3%A1tica/affd6204-e5f3-4e10-9040-7025ea465944>. MATOZINHOS, I. P.; MADUREIRA, A. A. C.; SILVA, G. F.; MADEIRA, G. C. C.; OLIVEIRA, I. F. A.; ORREA, C. R. Impressão 3D: Inovações no campo da medicina. Revista Interdisciplinar Ciências Médicas, MG, v. 1, n. 1, p. 143-162, 2017. Disponível em: <http://revista.fcmmg.br/ojs/index.php/ricm/article/view/14>. MELO, A. R.; SANTOS, H. C. Gerenciamento de rejeitos radioativos da iodoterapia. Brazilian Journal Of Radiation Sciences, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 1-7, 2015. DOI: <http://doi.org/10.15392/bjrs.v3i2.109>. RISSATO, M. L.; RIBEIRO, M. L.; CASTRO, N. R. P. S.; CASTRO, M. C. A. A.; OLIVEIRA, L. C. Iodoterapia: avaliação crítica de procedimentos de precaução e manuseio dos rejeitos radioativos. Revista do Instituto Adolfo Lutz, Araraquara, v. 68, n. 2, p. 245-253, 2008. DOI: <https://doi.org/10.53393/rial.2009.v68.32724>. THOMPSON, M.A., Radiation Safety Precautions in the Management of the Hospitalized 131I Therapy Patient. Journal of Nuclear Medicine Technology, v. 29, n.2, 2001.

Palavras-chave: Medicina Nuclear, Iodo 131, Exposição ocupacional, Radioiodoterapia.

Trabalho 111**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Medicina Nuclear**Título:** Buscando melhoria da qualidade na prática da Radioiodoterapia: Aplicação de uma ferramenta online baseada metodologia QUANUM**Autor principal:** TATIANE SABRIELA CAGOL CAMOZZATO**Autores:** Caroline Scalabrin de Oliveria Alves**Instituição:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**Cidade-UF:** Florianópolis-Santa Catarina

A Medicina Nuclear é uma especialidade médica que utiliza fontes radioativas não seladas, para fins diagnósticos e terapêuticos, como base para tais procedimentos, que são administradas no paciente. Esta especialidade médica é um dos ramos da medicina que requer mais atenção quando tratamos de monitoramento dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos, esse cuidado se dá pela utilização de fontes de radiação não seladas, sendo que estes processos envolvem uma equipe multidisciplinar, portanto é preciso garantir a qualidade e Proteção Radiológica no atendimento à população para aplicações diagnósticas e terapêuticas, de forma a manter o alto nível de atendimento do serviço prestado pelos profissionais, satisfazendo seus clientes e melhorando o profissionalismo na especialidade, e seguindo as legislações pertinentes. Para atingir estes objetivos, a Agência Internacional de Energia Atômica desenvolveu o QUANUM, uma ferramenta de gestão da qualidade para auditorias em MN. A ferramenta apresenta limitações que afetam as práticas de auditorias nos SMN. Tendo em mente essas dificuldades, Ferreira e Seixas (2022) construíram uma ferramenta online chamada AUDINUM para resolver as principais limitações da planilha eletrônica disponibilizada pelo programa QUANUM. Trata-se de um estudo com abordagem qualitativa e exploratória e sua fundamentação baseia-se em pesquisa bibliográfica e análise documental. Foram aplicadas as listas de verificação 9 e 10 da auditoria QUANUM 3.0 em dois Serviços de Medicina Nuclear (SMN), com foco na radioiodoterapia, e utilizada a ferramenta AUDINUM desenvolvida anteriormente. Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa e aprovada, tendo como número do parecer: 6.687.178. Os SMN foram identificados como SI e SII para garantir sigilo e anonimato. As equipes de auditores se inscreveram na AUDINUM e na sequência, se iniciou o preenchimento das listas de verificação. Foram avaliados 26 itens na lista de verificação 9 e 31 na lista de verificação 10. Após a aplicação da auditoria, foi sugerido ao SI, que construa um POP detalhado e disponibilizado para a equipe, relacionado a prevenção ou controle da administração incorreta (incompatibilidade do paciente/radiofármaco) e/ou má administração (extravasamento) de radiofármacos

terapêuticos, devido ao item 9.24 estar a maior parte implementada. Para o SII, sugeriu-se a organização da documentação dos POPs e instruções aos pacientes, para aumentar a eficiência da equipe ao precisar localizar o documento, e criação de um setor direcionado a garantia de qualidade, para atender às demandas relacionadas tanto à documentação citada acima, como também, a capacitação e preparo dos colaboradores, e participar ativamente na aplicação de medidas de qualidade em proteção radiológica conforme necessário ao serviço. Os resultados desta pesquisa permitiram que a ferramenta seja utilizada como um facilitador na aplicação do programa de auditorias internas do QUANUM 3.0 e também sugerir melhorias na aplicação da radioiodoterapia.

Referências bibliográficas: CAMOZZATO, Tatiane Sabriela Cagol et al. Medicina nuclear na prática. Florianópolis: Publicações do Ifsc, 2020. 237 p. Disponível em: <https://ifsc.edu.br/documents/30701/523474/Medicina+Nuclear+na+Pr%C3%A1tica/affd6204-e5f3-4e10-9040-7025ea465944>. FERREIRA, J.S.; SEIXAS, L.F. AUDINUM: uma aplicação web como ferramenta alternativa nas práticas de auditoria do programa QUANUM. 39f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) - Universidade Federal Fluminense, UFF, 2022.

Palavras-chave: Medicina Nuclear. Administração em saúde. Gestão da Qualidade Total. Proteção Radiológica.

Trabalho 112**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Medicina Nuclear**Título:** Revisão sistemática da análise do uso do ^{99m}Tc no rastreamento de tumores não captantes de ^{131}I em pacientes diagnosticados com carcinoma diferenciado da tireoide**Autor principal:** TATIANE SABRIELA CAGOL CAMOZZATO**Autores:** Souza, Júlia Ana; Emilli, Viana**Instituição:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**Cidade-UF:** Florianópolis-Santa Catarina

A incidência de câncer de tireoide (CT) tem aumentado globalmente, com previsões de mais de 16.660 novos casos no Brasil entre 2023 e 2025, sendo o terceiro tumor mais comum entre mulheres no Sudeste e Nordeste (Santos et al., 2023). O carcinoma diferenciado da tireoide (CDT) representa mais de 90% dos casos, com bom prognóstico, mas recidivas e metástases ocorrem em 25% a 35% dos pacientes (Prete et al., 2020). Métodos de diagnóstico por imagem, como ultrassonografia, ressonância magnética, tomografia computadorizada e exames de medicina nuclear, incluindo PET-Scan e cintilografia, são essenciais para identificar CDT e suas metástases (AMERICAN CANCER SOCIETY, 2020). A medicina nuclear, usando radiofármacos como o ^{131}I , é amplamente utilizada no rastreamento de CDT. No entanto, o ^{99m}Tc também se mostra eficaz, fornecendo imagens de alta qualidade com menor atividade radioativa, sendo uma alternativa viável para avaliar tumores que não captam ^{131}I (Camozzato et al., 2020). Este estudo realizou uma revisão sistemática para analisar o uso do ^{99m}Tc no rastreamento de tumores não captantes de ^{131}I em pacientes com CDT. A pesquisa, conduzida seguindo o checklist PRISMA-P, envolveu buscas em bases como SCOPUS, BVS e Web of Science, utilizando descritores em inglês e português. Foram incluídos oito artigos após uma rigorosa seleção baseada em critérios de inclusão e exclusão. A discussão destacou a importância de alternativas ao ^{131}I , devido à perda de avidéz ao radioiodo em cerca de 30% dos casos de CDT. Métodos alternativos, como ^{99m}Tc -MIBI e ^{99m}Tc -depreotida, foram explorados por sua eficácia na detecção de metástases não visíveis com ^{131}I e no acompanhamento de pacientes diagnosticados com a patologia. Apesar das vantagens, esses métodos apresentam limitações, como menor sensibilidade em alguns casos, e não substituem o ^{131}I de maneira geral, mas funcionam como complementos diagnósticos importantes, especialmente em casos de CDT refratário ao radioiodo. Concluiu-se que o ^{99m}Tc é eficaz na detecção de metástases, mas menos eficiente para identificar remanescentes tireoidianos. É recomendado por sua viabilidade, ampla disponibilidade e menor exposição à radiação em comparação ao ^{131}I . No entanto, o estudo reconheceu

obstáculos devido ao número reduzido de artigos científicos disponíveis, ressaltando a necessidade de futuras pesquisas para aprofundar o tema.

Referências bibliográficas: AMERICAN CANCER SOCIETY. Tests for Thyroid Cancer. 2020. Disponível em: <https://www.cancer.org/cancer/types/thyroid-cancer/detection-diagnosis-staging/how-diagnosed.html>. Acesso em: 20 ago. 2023 CAMOZZATO, Tatiane Sabriela Cagol et al. Medicina nuclear na prática. Florianópolis: Publicações do Ifsc, 2020. 237 p. Disponível em: <https://ifsc.edu.br/documents/30701/523474/Medicina+Nuclear+na+Pr%C3%A1tica/affd6204-e5f3-4e10-9040-7025ea465944>. Acesso em: 08 ago. 2023. PRETE, A. et al. Update on fundamental mechanisms of thyroid cancer. *Frontiers in endocrinology*, v. 11, 2020. SANTOS, M. de O.; et al. Estimativa de Incidência de Câncer no Brasil, 2023-2025. *Revista Brasileira de Cancerologia*, [S. l.], v. 69, n. 1, p. e-213700, 2023. DOI: 10.32635/2176-9745.RBC.2023v69n1.3700. Disponível em: <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/3700>. Acesso em: 3 jul. 2024.

Palavras-chave: Medicina nuclear, Glândula tireoide, Tecnécio 99m, Câncer de tireoide e Metástase

Trabalho 113**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Medicina Nuclear**Título:** Proposta de protocolos de orientações em proteção radiológica aplicado a radioiodoterapia**Autor principal:** TATIANE SABRIELA CAGOL CAMOZZATO**Autores:** Camargo, Lucas; Costa, Tamara; Soares, Carina**Instituição:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**Cidade-UF:** Florianópolis-Santa Catarina

A otimização dos processos relativos à proteção radiológica é um importante parâmetro, pois permite uma melhor gestão dos procedimentos e recursos de um Serviço de Medicina Nuclear. Além de disseminar o conhecimento, garante a facilidade de acesso à população atendida sobre os cuidados em relação à proteção radiológica aplicada na radioiodoterapia. Considerando a importância ao paciente que realiza uma terapia com radionuclídeos e aos profissionais que participam desse processo, surge a necessidade de propor um protocolo de orientação individualizado pós radioiodoterapia. Assim, surgiu a necessidade de desenvolver um protocolo individualizado de orientação após alta dos pacientes que se submetem à radioiodoterapia. O objetivo deste trabalho foi implementar um protocolo de orientação de proteção radiológica individualizado para pacientes submetidos a radioiodoterapia, criando informações personalizadas e disponibilizando em uma cartilha. O estudo foi desenvolvido de maneira prospectiva, com abordagem qualitativa e exploratória. Para utilização e coleta dos dados o trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa. Os dados foram coletados em um Serviço de Medicina Nuclear do sul do Brasil. Foram incluídos dados como Taxa de Dose, emitida pelos pacientes submetidos a radioiodoterapia, volume de líquido ingerido pelos mesmos durante seu período de internação, além de outras variáveis como idade, sexo, o uso ou não de TSH recombinante, dose administrada, entre outros que poderiam ser relevantes ao cálculo do algoritmo proposto. O resultado deste estudo foi o desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo, utilizando um modelo de regressão linear múltipla que permitiu uma modelagem de diversas variáveis. Este cálculo se fez necessário para definir a personalização das orientações de acordo com o resultado final. A ferramenta de cálculo, bem como a cartilha automatizada, será disponibilizada via Website, permitindo que o Serviço de Medicina Nuclear possa personalizar e simplificar as orientações de proteção radiológica pós radioiodoterapia.

Referências bibliográficas: A. C. CAMARGO. Tireoide. accamargo, 2021. Disponível em: <https://www.accamargo.org.br/sobre-o-cancer/tipos-de-cancer/tireoide#:~:text=Como%20os%20carcinomas%20papel%20de%20feros%20podem,%20remover%20toda%20a%20tiroide.> Acesso em: 24 jun. 2022. BARROS, Pietro P. D. et al. Analysis of the radiometry performed in patients undergoing radioactive iodine therapy. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, p. 24, 2020. CAMPOS, RAFAEL F. Avaliação da contribuição da contaminação de superfícies do quarto terapêutico na medida da taxa de exposição de pacientes de radioiodoterapia. IRD/IAEA, 2015. CAMPOS, RAFAEL F. Avaliação da contribuição da contaminação de superfícies do quarto terapêutico na medida da taxa de exposição de pacientes de radioiodoterapia. IRD/IAEA, 2015. CHERRY, Simon; SORENSON, James; PHELPS, Michael. *Physics in Nuclear Medicine*. 6. ed. [S.l.]: Elsevier, 2012. CHO, SANG G.; KIM, JAHAE; SON, HO C. Radiation Safety in Nuclear Medicine Procedures. *Nuclear Medicine Molecular Imaging*, v. 51, p. 11-16, mar. 2017. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear*, 2013. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Instalações Autorizadas*, 2015. Disponível em: <http://antigo.cnen.gov.br/index.php/instalacoes-autorizadas-2>. Acesso em: 29 jul. 2022. IAEA. International Atomic Energy. *Agency Release of patients after radionuclide therapy / with contributions from the International Commission on Radiological Protection*, 2009. OLIVEIRA, CAIO V. Caracterização de protocolo de dosimetria interna para planejamento individualizado de iodoterapia. Dissertação (Mestrado em Proteção Radiológica) - Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Proteção Radiológica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2020. Acesso em: 10 jun 2022. SAPIENZA, Marcelo T. et al. Tratamento do carcinoma diferenciado da tireóide com iodo-131: intervenções para aumentar a dose absorvida de radiação. *Arq Bras Endocrinol Metab*, São Paulo, v. 49, n. 3, Junho 2005. SBMN. SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA NUCLEAR. *Guidelines e Orientações*, 2020. Acesso em: 28 out. 2020. STOKKE, Caroline et al. Dosimetry-based treatment planning for molecular radiotherapy: a summary of the 2017 report from the Internal Dosimetry Task Force. *EJNMMI Phys*, Nov 2017.

Palavras-chave: Medicina Nuclear; Proteção radiológica; Radioisótopos do iodo; Dieta; Pacientes internados

Trabalho 114**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Segmentação e Voxelização do Simulador Antropomórfico Alderson Rando para Posterior Avaliação Comparativa das Doses de um Tratamento de Radioterapia, Através do Sistema de Planejamento e Modelagem Computacional.**Autor principal:** JONATHAN OLIVEIRA DOS SANTOS**Autores:** Jardel Lemos Thalhoffer, Alphonse Kelecom, Ademir Xavier da Silva.**Instituição:** Universidade Federal Fluminense**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

A Neoplasia Maligna, conhecida popularmente como câncer, é uma doença oncológica na qual as células crescem e/ou se propagam de forma desordenada, comprometendo o comportamento da sociedade multicelular. Estudos apontam que a taxa de incidência de câncer no contexto global é uma das mais altas que vem acometendo adultos com idade inferior a 70 anos, sendo considerada um dos principais problemas de saúde pública no panorama mundial. A Radioterapia é uma modalidade de tratamento de Câncer que consiste na aplicação programada de radiação ionizante nas células tumorais, visando a redução dos danos nocivos causados às células vizinhas, devido a exposição das mesmas ao feixe terapêutico. O presente trabalho evidencia que a Radioterapia tem sido uma importante ferramenta no tratamento de neoplasias no sistema de saúde público brasileiro. Assim, para um tratamento mais eficaz é necessário um estudo que vise minimizar a imprecisão da dose administrada no paciente. Uma vez que experimentações in vivo são inviáveis, os simuladores antropomórficos aliados da simulação computacional viabilizam o mapeamento da dose administrada durante o tratamento. O objetivo desta pesquisa é apresentar a Segmentação e Voxelização do Simulador Antropomórfico Alderson Rando Versão Feminina, para que a partir das imagens de Tomografia Computadorizada geradas, torne-se possível a realização de uma simulação computacional de radioterapia, através do código de Monte Carlo N-Particle Transport (MCNP), para posterior comparação dos resultados obtidos com dados de pacientes reais do sistema de planejamento do Instituto Nacional do Câncer (INCA).

Referências bibliográficas: [1] ALBERTS B.; JOHNSON A.; LEWIS J.; ROBERTS K.; WALTER, P.; “Biologia Molecular da Célula” Artmed, 2004. [2] CHEN,W.; CHIANG W.L.; DAWSON, L.A.; “Efficacy and safety of Radiotherapy for primaty live cancer”. [3] DE LIMA, B. C.; LOPRETO, C. A. R.; JUNIOR, L. C. L.; “Modalidades da radioterapia: teleterapia, braquiterapia e radiocirurgia”. [4] ESTIMATIVA, I. “Incidência de câncer no

Brasil”, Rio de Janeiro: INCA, 2014. [5] ESTIMATIVA, I. “Incidência de câncer no Brasil”, Rio de Janeiro: INCA, 2018. [6] ESTIMATIVA, I. “Incidência de câncer no Brasil”, Rio de Janeiro: INCA, 2020. [7] INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2018, “GLOBOCAN 2018: Estimated cancer incidence, mortality and prevalence worldwide in 2018”, IARC, Lyon, France, Disponível em: Acesso em> 27/11/2023. [8] INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2020, “GLOBOCAN 2018: Estimated cancer incidence, mortality and prevalence worldwide in 2020”, IARC, Lyon, France, Disponível em: Acesso em> 27/11/2023. [9] MEDEIROS, M.P. C. Modelagem computacional de um acelerador linear e da sala de radioterapia para cálculo da dose efetiva em pacientes submetidos a tratamento de câncer de próstata. 2018. 211f. Tese (Doutorado). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. [10] REBELLO, W.F., SILVA, A.X., FACURE, A., 2008, “Multileaf shielding design against neutrons produced by medical linear accelerators” [11] SANT’ANNA, A. Segmentação e Voxelização do Simulador Antropomórfico Alderson Rando para estimativa de doses em radioterapia utilizando o código MCNP. 2020. 47f. Dissertação (Mestrado). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. [12] SIEBERT, B.R.L., THOMAS R.H., 1997, “Computational dosimetry”, In: Radiation protection dosimetry. v. 70. [13] THALHOFER, J. L. Modelagem computacional para avaliação de doses de radiação em órgãos sadios de pacientes submetidos ao tratamento de câncer de pulmão. 2016. 109f. Tese (Doutorado). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

Palavras-chave: Radioterapia, Segmentação, Simulador Antropomórfico Alderson Rando Feminino.

Trabalho 115**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Importância das análises de radiação na água, e implementação de metodologia para atendimento as legislações do Brasil**Autor principal:** CHRISTINA DE ALBUQUERQUE FERREIRA**Autores:** Felipe J. Dias; Bruna L. Sá; Mariana R. Monteiro; Edson F. S. Ladeira; Hamilton P. B. Mendes; Richard S. Guimarães; Ronaldo L. Guimarães; Jardel L. Thalhoffer; Ademir X. Silva.**Instituição:** Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)**Cidade-UF:** RJ

A água é uma via de transferência de radionuclídeos para o homem, sendo as principais frações de doses internas, derivadas do ^{226}Ra e seus produtos de decaimento. Os radionuclídeos ao serem inalados ou ingeridos podem causar danos graves as células de órgãos ou tecidos. Os átomos, moléculas e até as substâncias que compõe os cromossomos, são afetados pela radiação, sendo atacados por radicais livres, íons e agentes oxidantes. Os radionuclídeos mais prováveis de se encontrar em águas para consumo humano são o rádio e o urânio, sendo mais abundantes na água os derivados da série do ^{238}U e do ^{232}Th . As legislações que fazem referência ao monitoramento de radionuclídeos da água, no Brasil, são a portaria nº 888:2021, do Ministério da Saúde (MS) e a resolução nº 393:2007, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). A portaria GM/MG nº 888 determina parâmetros, através de análises laboratoriais para a garantia e a segurança da água destinada ao consumo humano. Quanto a potabilidade os padrões radiológicos determinam que os limites relativos a concentração da 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. A CNEN poderá avaliar a potabilidade conforme a Posição regulatória 3.01/012:2020. A resolução CONAMA nº 393, determina parâmetros a serem monitorados, quanto a água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás (água produzida). Na água produzida a ser descartada das plataformas, as operadoras devem monitorar semestralmente a concentração dos radioisótopos ^{226}Ra e ^{228}Ra . Para atender as portarias ambientais do Brasil, o laboratório Centro de Biologia Experimental Oceanus, localizado no Rio de Janeiro, implementou metodologia para as análises de alfa total, beta total, ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{210}Pb , em água. O equipamento utilizado foi o contador proporcional de fluxo gasoso, após determinação de platôs de operação alfa/beta, eficiências de contagem alfa/beta e fator de atenuação alfa. Para as análises de

^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{210}Pb foram necessárias etapas de separação radioquímica, para contagem alfa/beta, após equilíbrio secular do ^{222}Rn e ^{210}Bi ; além da determinação da eficiência beta do ^{228}Ra ; eficiência beta do ^{210}Pb ; e da determinação dos fatores de atenuação alfa do ^{226}Ra : K e η_{abs} . O platô de voltagem determinado para contagem alfa foi 690V, o platô de voltagem determinado para contagem beta foi 1440V. A eficiência alfa foi 37% e a eficiência beta foi 47%. O fator de atenuação alfa foi calculado a partir de curva com variação de massa. A eficiência do ^{228}Ra foi 46% e a eficiência do ^{210}Pb foi 59%. O fator K obtido da curva de ^{226}Ra foi 3,60 e o η_{abs} foi 0,7. O laboratório validou suas contagens alfa/beta participando do Programa Nacional de Intercomparação – PNI, do Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD; e através da solicitação de acreditação na Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio – RBLE, pela norma ABNT ISO/IEC 17025; para realizar ensaios de radiação

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] CNEN NN 3.01. Resolução CNEN 323/24. Requisitos fundamentos de radioproteção e segurança radiológica de fontes de radiação. 2024. [4] CONAMA 393:2007 - Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências. [5] 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. [6] 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. [7] 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. [8] Determinação de atividades alfa e beta total em água para consumo humano por LSC. IX Congresso Regional Latino-Americano da IRPA sobre proteção e segurança radiológica - IRPA 2013. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 15 a 19 de abril de 2013. Sociedade brasileira de proteção radiológica - SBPR. 2013. [9] 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. [10] Eisenbud M.; Gesell, T. Radioatividade ambiental de fontes naturais, industriais e militares. 4ª edição. Califórnia, EUA: imprensa acadêmica, 1997. [11] Glenn F. Knoll. Radiation Detection and Measurement. Third edition. Nuclear Engineering and Radiological Sciences University of Michigan Ann Arbor, Michigan. 1989. [12] Godoy, J.M.; Schuttelkopf, H. Considerations about the ^{226}Ra gross alpha counting determination. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, v.111, p.329-335, 1987. Instituto de Radioproteção de [13] ISO 10704. Qualidade da água — atividade alfa bruta e beta bruta — método de teste usando depósito de fonte fina. 2019. [14] 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. [15] 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. [16] 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. [17] 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. [18] Xavier, MVS; Quadros, HC; Silva, MSS Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa. 2022.

Palavras-chave: radiação, água, potabilidade, água produzida.

Trabalho 116**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Assessment of Air Kerma and Backscatter in Mammography: The Impact of Attenuating Materials on Dosimetry**Autor principal:** KELLY PINTO DE OLIVEIRA**Autores:** MATHEUS RABELLO DO NASCIMENTO; LEONARDO DE CASTRO PACÍFICO; JOSÉ GUILHERME PEREIRA PEIXOTO**Instituição:** Institute of Radiation Protection and Dosimetry**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

In this Template, the author will find formatting guidelines for submitting the Abstract. Please read it carefully..This Scientific Initiation project was conducted at the Radiological Sciences Laboratory (LCR) of the State University of Rio de Janeiro (UERJ) and aimed to investigate the behavior of air Kerma in mammography procedures, focusing on the influence of attenuating materials, such as a water-filled bladder that simulates breast tissue. The study sought to evaluate how the presence of different materials can impact radiation dose measurements during mammographic exams, using a mammography-specific ionization chamber. The experiment utilized an ionization chamber positioned 60 cm from the X-ray source, and measurements were taken at voltages of 28 kV, 30 kV, and 35 kV, with a current of 6.5 mA and an exposure time of 6 seconds. For each configuration, five measurements were performed both with and without the water bladder positioned behind the ionization chamber, allowing for a comparison of the results. Additionally, a spectrometer, an XR-100-CdTe X-ray detector, and a digital thermo-hygrometer were used to ensure the accuracy and reliability of the measurements. The study's results highlighted the importance of regular calibration of mammography equipment, as the presence of the water bladder significantly altered the measured radiation doses due to the backscatter phenomenon. The research concluded that to ensure the safety and accuracy of mammographic exams, the influence of attenuating materials must be considered during equipment calibration. The project also explored the complexity of the physical phenomena involved in mammography, such as the absorption, transmission, and scattering of X-rays, especially regarding backscatter, which occurs when radiation interacts with breast tissue and is partially reflected back toward the emitting source. Based on these findings, the study proposed continuing research with new devices, such as thermoluminescent dosimeters (TLD), dosimetric ink, and gel dosimeters, to further understand variations in mammography dosimetry.

Referências bibliográficas: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **View of Use of a mammography chamber in the characterization of radioprotection qualities N15 to N120**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: . **RADIOPROTEÇÃO e dosimetria: fundamentos.** 10. ed. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2014. BUSHONG, S. C. **Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção.** 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. AGUILLAR, Vera Lucia Nunes; BAUAB, Selma de Pace; MARANHÃO, Norma Medicis. **Mama: diagnóstico por imagem: mamografia, ultra-sonografia, ressonância magnética.** Rio de Janeiro: Revinter, 2009.

Palavras-chave: Mammography, Air kerma, Backscatter, Dosimetry, Calibration

Trabalho 117**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Background radiation in Africa: an integrative review**Autor principal:** ALEXANDRE D'AGOSTINI ZOTTIS**Autores:** Apolinario Botelho, Yasmim Santos Maria, Karen Borges Waltrick**Instituição:** Instituto Federal de Santa Catarina**Cidade-UF:** Florianópolis

Natural radiation, originating from particles and electromagnetic waves generated in space or on Earth itself, constitutes approximately 80% of public exposure to radiation. This phenomenon arises from various sources such as radon, thorium, ^{226}Ra , ^{232}Th , and ^{40}K , in addition to cosmic radiation, food, and water. The primordial radionuclides, ^{226}Ra , ^{232}Th , and ^{40}K , distribute unevenly in rocks and soil, playing a significant role in external exposure and necessitating detailed health risk assessments. A recent study conducted by the Master's Program in Radiological Protection at the Federal Institute of Santa Catarina adopted an integrative approach to synthesize information and generate new insights on the subject. Initiated in March 2024 and utilizing the Scopus database, the study focused on articles published between 2020 and 2024, available in English and Portuguese with full-text accessibility. Following a detailed review, out of 23 initially identified articles, 12 were excluded based on abstracts, resulting in 11 selected articles for full-text reading. Among these, five specific studies on the radionuclides Radium, Thorium, and Potassium, conducted in Africa, were chosen for deeper analysis. Comparative results revealed varying levels of activity for the radioisotopes ^{226}Ra , ^{232}Th , and ^{40}K . Notably, ^{40}K did not exceed established limits when present in solid media and was deemed insignificant in liquid media. ^{232}Th exhibited the highest detected activity, particularly in surface samples. These findings underscore the critical importance of conducting radiometric surveys prior to geological material extraction, given their widespread application in construction and other industries. Furthermore, the analysis of studies showed an increase in measured activity of ^{226}Ra and ^{232}Th in various regions studied, highlighting the relevance of these findings for radiological protection and public health. Prolonged exposure to these radionuclides can pose significant risks to workers and local populations, emphasizing the need for continuous monitoring and appropriate mitigation measures. This research not only contributes to understanding natural radiation levels in different geographical contexts but also emphasizes the importance of international cooperation and standardization of measurement methodologies to ensure comparable and reliable results. Dissemination of these findings can inform public health policies and environmental regulations, helping to

protect vulnerable communities and promote safe and sustainable industrial practices. Therefore, the study conducted by the Federal Institute of Santa Catarina not only advances our knowledge of the effects of natural radiation but also highlights the ongoing need for research and surveillance in this crucial field of radiological protection.

Referências bibliográficas: Adewoyin, O O et al. “Estimation of activity concentrations of radionuclides and their hazard indices in coastal plain sand region of Ogun state.” Scientific reports vol. 12,1 2108. 8 Feb. 2022, doi:10.1038/s41598-022-06064-3 Ofomola, O M et al. “Environmental risk assessment of background radiation, natural radioactivity and toxic elements in rocks and soils of Nkalagu quarry, Southeastern Nigeria”. Journal of Hazardous Materials Advances, Volume 10, 2023, 100288, ISSN 2772-4166, doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100288. Odongo, W O G et al. “Determination of Activity Concentration of Natural Radionuclides and Radiation Hazards' Assessment of Building Materials in High Background Radiation Areas of Homa and Ruri, Kenya.” TheScientificWorldJournal vol. 2021 9978619. 14 Dec. 2021, doi:10.1155/2021/9978619 Aberikae, E. A. et al. Baseline assessment of naturally occurring radionuclides in borehole water of Asikam-gold mining community in Ghana. Scientific African, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 1-8, jul. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01730>. Okoro, E. E., et al. (2020). Assessment of naturally occurring radiation in lithofacies of oil field in Niger Delta region and its possible health implications. Journal of environmental management, 264, 110498. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110498> UNSCEAR, Relatório do Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica. Quinquagésima sétima sessão, inclui Relatório Científico: resumo dos efeitos da radiação em baixas doses na saúde. Nações Unidas, Nova Iorque (2010). BUSHONG, Stewart C. Ciência Radiológica para Tecnólogos: Física, Biologia e Proteção.1 ed., Elsevier, 2010. 35 p. TOWETT, Erick K.; et al. Total elemental composition of soils in Sub-Saharan Africa and relationship with soil forming factors. Geoderma Regional, [S.L.], v. 5, p. 157-168, ago. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geodrs.2015.06.002>. PAPA, Fabrice; CRÉTAUX, et al. Water Resources in Africa under Global Change: monitoring surface waters from space. Surveys In Geophysics, [S.L.], v. 44, n. 1, p. 43-93, 20 abr. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10712-022-09700-9>. EBODÉ, Valentin Brice; et al. Availability of the current and future water resources in Equatorial Central Africa: case of the nyong forest catchment in cameroon. Environmental Monitoring And Assessment, [S.L.], v. 196, n. 3, p. 1-22, 24 fev. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-024-12471-y>. SHERIF, Mahmoud I.; STURCHIO, Neil C.. Radionuclide geochemistry of groundwater in the Eastern Desert, Egypt. Applied Geochemistry, [S.L.], v. 93, p. 69-80, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.04.004>.

Palavras-chave: Background radiation; Natural; Exposure; Africa.

Trabalho 118**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Study of soft tissue filler in anthropomorphic mouse phantom**Autor principal:** KAROLINE FEITOZA SUZART**Autores:** Paulo Victor Tavares, Orlando Rodrigues Júnior, Maria da Penha Albuquerque Potiens**Instituição:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**Cidade-UF:** São Paulo-SP

Simulators objects an essential role in improving the quality and safety of imaging processes and pre-clinical investigations, by offering a reliable tool for validating and optimizing technologies and methodologies. Anthropomorphic phantoms have long been employed in clinical practice to evaluate both the planning and delivery of radiotherapy treatments and the quality of image guidance systems. These models are beneficial because they can identify problems that are not detected by simple geometric phantoms, providing a more detailed and realistic analysis of the techniques and equipment used. The present work aims to develop an anthropomorphic mouse simulator model, using 3D printing technology and varying the fill percentage for soft tissue simulation. The methodology adopted involves the manufacture of a small model with precise anatomical representation through 3D printing. Printing was carried out with a double-nozzle 3D printer, using 63% XCT-A for the bone structure. Soft tissue filling was performed with acrylonitrile butadiene styrene (ABS), varying the infill percentage between 50% and 100%. Assessment of attenuation properties was conducted using a Co-60 irradiator. Hounsfield units for tissue density measurements were determined using computed tomography images. The developed anthropomorphic simulators are applicable for the evaluation of all aspects of preclinical radiotherapy research, including planning, image guidance, and treatment administration.

Referências bibliográficas: ASHRAF, M. Ramish et al. Multi-Institutional Audit of FLASH and Conventional Dosimetry With a 3D Printed Anatomically Realistic Mouse Phantom. *International Journal of Radiation OncologyBiologyPhysics*, v. 120, n. 1, p. 287-300, 2024. ISSN 0360-3016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2024.03.017>. Price, G., Biglin, E. R., Collins, S., Aitkinhead, A., Subiel, A., Chadwick, A. L., Cullen, D. M., Kirkby, K. J., Schettino, G., Tipping, J., & Robinson, A. (2020). An open source heterogeneous 3D printed mouse phantom utilising a novel bone representative

thermoplastic. *Physics in Medicine and Biology*, 65(10). <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ab8078>

Palavras-chave: simulators objects, anthropomorphic objects, 3D printing.

Trabalho 119**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Formação de recursos humanos**Título:** Uma Proposta de Treinamento para Radiologistas utilizando Realidade Virtual**Autor principal:** FERNANDO BARCELLOS RAZUCK**Autores:** BRUNO KAWANO; RICARDO NALAMURA; GABRIEL GONÇALVES**Instituição:** UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**Cidade-UF:** SÃO PAULO = SP

A realização de exames radiológicos envolve riscos à saúde relacionados à radiação ionizante. Desta forma, o treinamento para a realização destes exames pode ser custoso, além de apresentar limitações práticas. Adicionalmente, o comportamento da radiação ionizante no espaço, tal como a sua propagação e limitação frente a barreiras materiais, é de difícil compreensão. O trabalho aqui descrito corresponde ao desenvolvimento e validação de um simulador de exames radiológicos utilizando-se de tecnologia de realidade virtual imersiva, para utilização em treinamento de profissionais da área da saúde. O projeto foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar, com especialistas em engenharia de computação e em radioproteção. Foram adotadas práticas de engenharia de software por meio de processos interativos. A implementação do sistema envolve a aplicação do motor de jogos Unity 3D, que tem sido adotado em projetos similares. A validação do sistema de simulação foi realizada por especialistas, por meio da coleta e análise de dados qualitativos e de entrevistas semi-estruturadas. Também há planos de se realizar avaliação por usuários do público-alvo, com o instrumento validado conhecido por System Usability Score. No atual ciclo de projeto está sendo abordado o exame de Raio X e, com base nos resultados obtidos, o sistema poderá ser ampliado para contemplar outros tipos de exames. Tomando-se por base a literatura e conhecimento de especialistas, foram estabelecidos diferentes cenários para o simulador, incluindo para pacientes gestantes e pessoas com deficiência. Também está previsto um cenário de livre exploração do ambiente de simulação, permitindo a criação de diferentes configurações do espaço e equipamentos e visualização da propagação da radiação ionizante. No momento, protótipos do sistema estão sendo implementados de acordo com a primeira validação por especialistas, para que se possa seguir com nova avaliação por especialistas e a avaliação por usuários. Espera-se com este trabalho auxiliar no treinamento dos operadores de equipamentos médicos-hospitalares que aplicam a radiação ionizante, visando a segurança dos pacientes.

Referências bibliográficas: IRD 2017 Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Disponível at: < <http://www.ird.gov.br/index.php/o-ird>. Last accessed: 14 jun 2018 Google Scholar

[2]Tauhata L, Salati I P A, Di Prinzio R and Di Prinzio M A R R 2014 Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos v 10 Rio de Janeiro IRD/CNEN 344 Google Scholar [3]Kirner C and Siscoutto R 2007 Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações IX Symposium on Virtual and Augmented Reality Google Scholar [4]Olmedo H 2013 Virtuality Continuums State of the Art International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education Google Scholar [5]Kirner C, Pinho M S, Cardoso A, Kirner C, Jr E L and Kelner J 1996 Introdução a Realidade Virtual JAI/SBC Recife PE 2007 Tecnologias e Ferramentas para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada UFPE Google Scholar

Palavras-chave: radioproteção, educação e treinamento, realidade virtual, simuladores.

Trabalho 120**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Segurança de fontes e gestão de rejeitos**Título:** Aspectos Normativos sobre NORM em Rejeitos de Petróleo**Autor principal:** FERNANDO BARCELLOS RAZUCK**Autores:** RODRIGO SIMAS**Instituição:** Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

Um dos grandes problemas do Brasil com relação aos rejeitos gerados na produção de petróleo com presença de radionuclídeos é a escassez de legislação que indique a classificação e o destino destes materiais. O material radioativo derivado das práticas nas instalações de petróleo é definido como NORM (Occurring Radioactive Material), e se caracteriza pelo aumento das concentrações dos radionuclídeos como resultado das práticas humanas (TENORM). Uma estrutura regulatória se faz necessária para avaliação de cada instalação geradora de NORM. Assim, devem ser determinados os critérios de isenção (exemption) e dispensa (clearance). O armazenamento definitivo como rejeito deve ser feito sob condições supervisionadas tanto no repositório como no transporte da plataforma até o mesmo. A formação de incrustações e borras com conteúdo radioativo em instalações de produção de petróleo tornou-se objeto de estudo devido à falta de uma legislação específica sobre o seu controle e pelo grande volume de rejeitos gerados. O urânio e o tório presentes nas rochas reservatórios de petróleo são praticamente insolúveis e são pouco carregados pelo petróleo e pela água de formação, que são bombeados em conjuntos para a superfície. No entanto, os seus filhos, ^{226}Ra e ^{228}Ra são mais solúveis e sob certas condições físicas e químicas são carregados da rocha reservatório para a superfície. A Comissão Brasileira de Energia Nuclear (CNEN) é responsável por a destinação final dos rejeitos radioativos produzidos em território nacional. A Lei Federal 10.308/2001 estabelece normas para a destinação final dos rejeitos radioativos fornecendo informações à instalação e operação de instalações de armazenamento e descarte. O licenciado é responsável pelas instalações de armazenamento, enquanto a CNEN é responsável pelo projeto, construção e instalação das instalações de disposição final, podendo delegar tais atividades a terceiros, desde que preservada sua total responsabilidade. A Resolução da CNEN sobre licenciamento de depósitos de rejeitos radioativos, classifica os rejeitos gerados pelo setor de petróleo de E&P e indústrias de gás e sugere dois métodos de descarte para elas, repositórios próximos à superfície e em profundidade, a serem definidos por análise de segurança, mas nenhum critério formal para descarte está realmente estabelecido. Entende-se assim que o descomissionamento de estruturas de produção offshore representa um desafio ao país,

sendo necessária melhor regulamentação, tecnologias e planejamento financeiro para esta etapa da produção de petróleo e gás. Considerando o grande volume de NORM gerado pelas atividades de E&P petrolífera e do gás e a crescente demanda de produção com a exploração das jazidas de petróleo do pré-sal no Brasil, este trabalho tem como objetivo discutir o desenvolvimento de diretrizes para a destinação dessa classe de resíduos a longo prazo.

Referências bibliográficas: [1] ALMEIDA, E. et al. Regulação do Descomissionamento e seus Impactos para a Competitividade do Upstream no Brasil. Texto para Discussão GEE-IBP, Rio de Janeiro, setembro 2017. [2] MARTINS, C. F. O descomissionamento de estruturas de produção offshore no Brasil. Monografia-Curso de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2015. [3] RUIVO, F. M. Descomissionamento de sistemas de produção offshore. Dissertação de mestrado, Ciências e Engenharia de Petróleo - UNICAMP: Campinas, 2001. [4] BRASIL. 1997. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente no 237 de 19 de dezembro de 1997. Ministério do Meio Ambiente. [5] ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2023. Resolução ANP. [6] CONAMA. Resolução CONAMA, 2023.

Palavras-chave: NORM, legislação, rejeitos, petróleo

Trabalho 121**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Secondary Standardization of Neutron Fluence Fields at the Argonaut Reactor - IEN: Assessment of Calibration and Irradiation Metrological Capacity for Samples and Instruments**Autor principal:** FELLIPE SOUZA DA SILVA**Autores:** Ferreira, F. J. O. and Pereira, W.W.**Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

This article evaluates the secondary standardization of neutron fluence fields at the Argonaut Reactor of the Nuclear Engineering Institute (IEN). The study focused on the utilization of the Bonner Sphere Spectrometer (BSS) to determine the neutron spectrum at different positions of the lateral channel (plug 1) of the reactor, essential for characterizing radiation fields in complex environments. Measurements were conducted at varying distances (100 cm to 250 cm). The decrease in counts with increasing diameter indicated a higher presence of neutrons in the absorption energy range (0.1 eV to 2 MeV) for the 2", 3", and 5" spheres, but the 3" sphere exhibited different behavior, suggesting a greater presence of neutrons between 0.1 eV and 700 keV. The reduction in counts as the BSS was moved away from the neutron source was expected. However, for the 8", 10", and 12" spheres, the analysis revealed a convergence of curves to a union of values between 0.1 eV and 6 MeV. These findings highlight the importance of precise neutron fluence characterization for dosimetric calibration. The data also serve as a basis for validating computational models in neutron metrology, contributing to the enhancement of nuclear research infrastructure. Future studies will integrate the Precision Long Counter (PLC) to complement BSS measurements, further advancing neutron detection capabilities.

Referências bibliográficas: [1] IEN - Relatório Final de Análise de Segurança do Reator Argonauta, 2023 [2] M. Luszik-Bhadra et.al., "New PTB Thermal Neutron Calibration Facility: First Results" Radiation Protection Dosimetry, pp. 1–5 (2014). [3] Zbořil, M., et. al., "Characterisation of the PTB Thermal Neutron Calibration Facility with the Bonner Sphere Spectrometer NEMUS" Radiation Protection Dosimetry, Vol. 180, No. 1– 4, pp. 98– 101 (2018). [4] Konno, C., et. al., "Validation of Neutron Spectrum Unfolding Using Bonner Sphere Spectrometers" Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 38, No. 12, pp. 1050-1056 (2001). [5] Mihaila, B., et. al., "Neutron Field Characterization in Reactor Experiments Using Bonner Sphere Spectrometer" Annals of Nuclear Energy, Vol.

65, pp. 200-210 (2014). [6] Kimura, Y., et. al., “Application of Bonner Sphere Spectrometer in Neutron Dosimetry for Reactor Environments” *Progress in Nuclear Energy*, Vol. 90, pp. 205-212 (2016). [7] ICRP, “Neutron Fluence-to-Dose Equivalent Conversion Coefficients” ICRP Publication 74, *Annals of the ICRP*, Vol. 26, No. 3-4, pp. 1-206 (1996). [8] Bartlett, D. T., “A Review of Neutron Spectrometry for Radiation Protection Dosimetry” *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 110, No. 4, pp. 367-374 (2004). [9] Alevra, A. V., et al., “Neutron Metrology Using Bonner Spheres: An Overview” *Metrologia*, Vol. 37, No. 6, pp. 565-578 (2000). [10] Tavlet, M., et. al., “The Importance of Standardization in Neutron Field Measurements” *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, Vol. 476, No. 1-2, pp. 236-244 (2002). [11] Dumitru, I., et. al., “Validation of Computational Neutron Transport Models with Bonner Sphere Spectrometer Data” *Radiation Measurements*, Vol. 45, No. 10, pp. 1186-1192 (2010).

Palavras-chave: Neutron Fluence, Bonner Sphere Spectrometer, Secondary Standardization, Dosimetry

Trabalho 122**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** A relevância e credibilidade da Medicina Nuclear como fatores de aceitação pública da energia nuclear**Autor principal:** VALÉRIA DA FONSECA E SILVA PASTURA**Autores:** Carla Viola, Luana Sales, Antonio Carlos de A. Mol e Ana Paula Legey**Instituição:** Instituto de Engenharia Nuclear**Cidade-UF:** Rio de Janeiro, RJ

A Medicina Nuclear (MN) é uma especialidade médica que utiliza substâncias radioativas, chamadas radiofármacos, para diagnosticar e tratar doenças. Ela desempenha um papel crucial na área da saúde, oferecendo informações precisas e detalhadas sobre o funcionamento de órgãos e sistemas do corpo humano. Sua relevância se deve ao diagnóstico precoce, à alta especificidade, à avaliação funcional e à menor invasividade. Além de que, a MN é uma especialidade médica reconhecida mundialmente e com sólida base científica. Sua credibilidade se deve à base científica sólida; à regulamentação rigorosa e às evidências científicas. A eficácia e segurança dos procedimentos são comprovadas por inúmeros estudos científicos. A Medicina Nuclear (MN) é vastamente conhecida pela população, não só pela divulgação de veículos de mídia televisiva e digital, mas porque parte da população ou já passou por procedimentos e diagnósticos ou porque tem um parente ou conhecido que se beneficiou desta especialidade. Em certos casos, há aceitação da MN por este lado “afetivo”, fato já constatado em debates com o público na participação de eventos científicos. Segundo a Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear/SBMN “a medicina nuclear é uma especialidade médica que, utilizando métodos seguros, praticamente indolores e não invasivos, emprega materiais radioativos com finalidade diagnóstica e terapêutica. Usa quantidades mínimas de substâncias radioativas (radiofármacos), como ferramenta para acessar o funcionamento dos órgãos e tecidos vivos, realizando imagens, diagnósticos e, também, tratamentos”. O presente trabalho tem a intenção de mostrar como a relevância e a credibilidade da Medicina Nuclear podem influenciar na aceitação pública da energia nuclear. Para atingir o objetivo proposto, a metodologia se baseou em uma investigação quantitativa, como uma forma de coletar dados, informações e opiniões de um grupo de indivíduos, através da pesquisa de levantamento com survey. O questionário foi aplicado na 75ª Reunião Anual da SBPC, evento de Ciência, Tecnologia e Educação, ocorrido em julho de 2023 na cidade de Curitiba. A primeira parte, consta de cinco perguntas, referentes ao perfil do respondente e a segunda parte, uma pergunta descritiva: “Você aceita a Medicina Nuclear como um

benefício para a sociedade? E as usinas nucleares para geração de energia elétrica para os lares? E a irradiação de alimentos como uma vantagem sanitária? Explique sua visão sobre essas aplicações”. O questionário foi respondido por expositores de 23 instituições que pertencem ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), para avaliar se, por estarem envolvidos com ciência, tecnologia e inovação, qual a visão que têm da energia nuclear. Foram respondidos cinquenta questionários, sendo que 36 respondentes disseram que aceitam as aplicações da energia nuclear citadas na pergunta; 10 não responderam e 04 não têm conhecimento sobre o tema para opinar. Ao sintetizar as visões dos respondentes, na avaliação das respostas positivas, foi possível verificar o grau de aceitação pública à MN e o porquê de haver distinção, ou não, com outras aplicações benéficas da energia nuclear, com a finalidade de criar um mecanismo de divulgação científica mais atuante, difundindo mais conhecimento sobre esta forma de energia limpa.

Referências bibliográficas: SARACEVIC, Tefko. Relevance: A review of the literature and a framework for thinking on the notion in information science. Part II: nature and manifestations of relevance. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 58, n. 3, p. 1915-1933, 2007. SARACEVIC, Tefko. Relevance Reconsidered. In: *Information science: Integration in Perspectives. Proceedings of The Second Conference on Conceptions of Library and Information Science (COLIS 2)*, p. 201-208, October, 1996. SARACEVIC, Tefko. Ciência da informação: origem, evolução e relações. *Perspec. Ci. Inf.*, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 41-62, 1996
<https://www.versatilis.com.br/o-que-e-medicina-nuclear/#:~:text=A%20Medicina%20Nuclear%20teve%20seu,de%20procedimentos%20que%20conhecemos%20hoje>
https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=38&campo=12323
<https://alpha.ien.gov.br/index.php/producao-de-radiofarmacos.html>
<https://www.gov.br/cdtn/pt-br/assuntos/noticias/cdtn-inicia-producao-do-novo-radiofarmaco-radiopros-#:~:text=O%20produto%20C3%A9%20usado%20como,de%20pr%C3%B3stata%20em%20homens%20adultos.> <https://appasp2019.cnen.gov.br//seguranca/cons-ent-prof/entidades-aut-cert.asp> <https://sbmn.org.br/comunicacao/conheca-a-medicina-nuclear/>
<https://sbmn.org.br/medicina-nuclear-desenvolvimento-e-perspectivas-de-crescimento-no-brasil/>

Palavras-chave: energia nuclear, medicina nuclear, relevância, credibilidade, aceitação pública

Trabalho 123**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Avaliação da Dose e da Qualidade da Imagem em Tomografia Computorizada no Hospital Central de Maputo**Autor principal:** FRANCISCO TOMÉ FIDELIX**Autores:** ALEXANDRE MARIA MAPHOSSA; RAIMUNDO DIONISIO SATELA**Instituição:** UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**Cidade-UF:** MAPUTO

A tomografia computadorizada desempenha um papel fundamental na prática médica contemporânea, permitindo a obtenção de imagens detalhadas do corpo humano para diagnóstico e tratamento de diversas doenças. No entanto, o uso desse método suscita preocupações quanto à exposição à radiação e à qualidade das imagens. No Hospital Central de Maputo, assim como em muitas instituições de saúde ao redor do mundo, a avaliação da dose de radiação e da qualidade da imagem em exames de tomografia computadorizada é de extrema importância. Esta pesquisa teve como objectivo avaliar a dose de radiação aplicada em exames de tomografia computadorizada no Serviço de Radiologia do Hospital Central de Maputo, bem como a qualidade das imagens resultantes, determinando até que ponto essas imagens apresentam qualidade diagnóstica aceitável com a menor dose possível submetida aos pacientes. A avaliação da dose de radiação e a análise da qualidade das imagens em exames de tomografia computadorizada no Serviço de Radiologia do Hospital Central de Maputo foram realizadas seguindo um método baseado em recomendações da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). Os resultados da dose de radiação obtidos na pesquisa, com carga elétrica de 400 mAs e tensão elétrica de 120 kVp, foram os seguintes: $56 \pm 0,07$ mGy do índice de dose ponderado em tomografia computadorizada (comparado com o nível de referência europeia); $53,6 \pm 0,004$ mGy do índice de dose volumétrico (comparado com o índice de dose volumétrico mostrado na tela da consola do operador); $134,9 \pm 0,003$ mGy·cm de produto-dose-comprimento (comparado com o produto-dose-comprimento mostrado na tela da consola do operador) e 0,3 mSv da dose efetiva comparada com os padrões fornecidos pela Associação Americana de Física na Medicina. Os resultados revelaram que a dose de radiação aplicada em exames de tomografia computadorizada e a qualidade das imagens produzidas nesta unidade sanitária estão em conformidade com os padrões internacionais de segurança, alinhando-se com o Regulamento de Protecção Radiológica (Decreto nº 49/2018 de 21 de Agosto).

Referências bibliográficas: Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (2005). Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de Equipamentos e Segurança. Ministério da Saúde, Brasília, Brasil. Obtido de https://www.saude.gov.br/images/imagens_migradas/upload/arquivos/2013-08/manual_radiodiagnostico.pdf Alonso , T. C. (11 de Novembro de 2016). Dosimetria em tomografia computadorizada e avaliação das doses nos órgãos em varreduras de tronco. (U. F. Gerais, Ed.) Repositorio institucional da UFMG, 140. Obtido em Julho de 2022, de <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-AHNMEW> Andisco, D., Blanco, S., & Buzi, A. E. (2014). Dosimetria em tomografia computada. Revista argentina de Radiología, 78, 154-160. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.rard.2014.07.004> Asl, M. N., & Sadremomtaz, A. (2013). Analytical image reconstruction methods in emission. Journal Biomedical Science and Engineering, 6, 8. doi:<http://dx.doi.org/10.4236/jbise.2013.61013> Barcelos, G. R., Gontijo, R. M., & Alonso, T. C. (2018). Avaliação da Qualidade da Imagem em Tomografia Computadorizada Utilizando o Simulador Catphan. Obtido de https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/50/061/50061031.pdf Biasoli, A. (2016). Técnicas Radiográficas: princípios físicos, anatomia básica, posicionamento, radiologia digital, tomografia computadorizada (2 ed.). Rio de Janeiro, Brasil: Rubio. Bongartz, G., Golding, S. J., Jurik, A. G., Leonardi, M., Meerten, E., Geleijns, J., . . . Tosi, G. (2000). European guidelines on quality criteria for computed tomography. European Commission. Obtido em Março de 2022, de <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d229c9e1-a967-49de-b169-59ee68605f1a> Boone, J. M., & Seibert, J. A. (2005). X-Ray Imaging Physics for Nuclear Medicine Technologists. Part 2: X-Ray Interactions and Image Formation. Journal of Nuclear Medicine Technology, 33(1), 3-18. Obtido de <https://tech.snmjournals.org/content/33/1/3.short> Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., & Boone, J. M. (2002). The essential Physics of Medical Imaging . Calzado, A., & Geleijns, J. (Dezembro de 2010). Tomografia computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones. Revista de Física Médica, 11(3), 163-180. Obtido em 23 de Julho de 2022, de <https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/115> Cária, J. D. (2010). Projecto e construção de câmaras de ionização tipo lápis para dosimetria em Tomografia Tomputadorizada. Tese de Mestrado em Ciências das Radiações, 65. Obtido em Setembro de 2023, de <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp147470.pdf> Chillarón, M., Quintana-Ortí, G., Vidal, V., & Verdú, C. (2020). Computed tomography medical image reconstruction on affordable equipment by using Out-Of-Core techniques. Computer Methods and Programs in Biomedicine,, 193, 11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105488> Coutinho, A. M. (2018). Dose e qualidade da imagem em tomografia computadorizada. Doctoral dissertation, Instituto Politécnico de Lisboa, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, 147. Obtido de <http://hdl.handle.net/10400.21/11458> Dance, D., Christofides, S., Maidment, A., McLean, I., & Ng, K. (2014). Diagnostic Radiology Physics. International Atomic Energy Agency, Viena. Obtido em 14 de Dezembro de 2022, de <https://www.iaea.org/publications/8841/diagnostic-radiology-physics> Deming, W. E. (1989). Calidad, Productividad y Competitividad: La Salida de la Crisis. (J. Nicolau, Trad.) Madrid, MA, Estados Unidos da América: Ediciones Díaz de Santos, S. A. Obtido de https://www.academia.edu/37495998/Fuera_de_crisis_deming dos Santos Junior, J. A.,

JansonNey, M. S., & de Souza Fonseca, G. V. (2020). Dose efetiva de radiação nos exames de tomografia computadorizada: um estudo retrospectivo e descritivo. *Diagnóstico e Tratamento*, 25(2), 46-51. Obtido de <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1115997>

Ferreira, A. F. (2009). *Proteção radiológica do serviço de radiologia do Hospital de Faro EPE*. Doctoral dissertation, 149. Obtido de [https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/593/1/Tese_Mestrado%20Imagiologia%20Medic a_II.pdf](https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/593/1/Tese_Mestrado%20Imagiologia%20Medic%20a_II.pdf)

Hart, D., & Wall, B. F. (2004). UK population dose from medical X-ray examinations. *Journal of Radiology*, 50(3), 285-291. doi:[https://doi.org/10.1016/S0720-048X\(03\)00178-5](https://doi.org/10.1016/S0720-048X(03)00178-5)

IBA. (2013). *MagicMaX Universal SW Version 2.0: User's Guide*. International Atomic Energy Agency (IAEA). (2007). *Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice*. 359. Obtido em Outubro de 2022, de <https://www.iaea.org/publications/7638/dosimetry-in-diagnostic-radiology-an-internationalcode-of-practice>

International Atomic Energy Agency (IAEA). (2011). *Status of Computed Tomography Dosimetry for Wide Cone Beam Scanners*. Viena: IAEA Human Health Reports No.5. Obtido em 1 de Abril de 2023, de <https://www.iaea.org/publications/8758/status-of-computed-tomographydosimetry-for-wide-cone-beam-scanners>

International Atomic Energy Agency (IAEA). (2012). *Quality Assurance Programme for Computed Tomography: Diagnostic and Therapy Applications*. Vienna: IAEA Human Health Series No. 19. Obtido em Março de 2022, de <https://www.iaea.org/publications/8751/qualityassurance-programme-for-computed-tomography-diagnostic-and-therapy-applications>

International Atomic Energy Agency (IAEA). (2023). *Handbook of Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology*. Vienna: IAEA Human Health Series No. 47. Obtido em Março de 2023, de <https://www.iaea.org/publications/14890/handbook-of-basic-quality-control-testsfor-diagnostic-radiology>

International Commission on Radiological Protection (ICRP). (1996). *Radiological Protection and Safety in Medicine (Vol. 26)*. Ann: International Commission on Radiological Protection.

Marques, F. J. (2009). *Controlo de qualidade em tomografia computadorizada: qualidade de imagem e dose no diagnóstico, verificação da possibilidade da utilização da TC Conebeam do acelerador linear Elekta (XVI) no cálculo da dose de terapia*. Tese de Doutorado, 144. Obtido em 07 de Março de 2022, de <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/3352>

McCollough, C., Edyvean, S., Gould, B., Keat, N., Judy, P., Kalendar, W., . . . Rothenberg, L. (Janeiro de 2008). *The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT*. AAPM Report, 96. Obtido em 7 de Setembro de 22, de https://www.researchgate.net/publication/252235363_The_Measurement_Reporting_and_Management_of_Radiation_Dose_in_CT

Medeiros, J. (2009). *Qualidade de imagem versus dose em tomografia computadorizada: otimização dos protocolos de crânio*. Repositório científico da UC . Obtido de <http://hdl.handle.net/10316/12125>

Philips. (2021). *MX 16-slice User Guid*. Philips Healthcare. Obtido em Março de 2023, de https://www.documents.philips.com/assets/Instruction%20for%20Use/20220407/65fb77c4c765490c8163ae700074b0c1.pdf?feed=ifu_docs_feed

Ramos, F. S., Vasconcelos, V. R., Gonçalves, M. S., & Oliveira, M. V. (2015). *Análise comparativa dos testes de controle de qualidade em tomografia computadorizada de acordo com as legislações nacional e internacional*. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, 1-22. Obtido de

<http://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/viewFile/111/91> Rehani, M., Bongartz, G., & Kalender, W. (Janeiro de 2000). Managing patient dose in computed tomography. (J. Valentin, Ed.) Ann ICRP, 30, 7-45. Obtido em 7 de Setembro de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/284259897_Managing_patient_dose_in_computed_tomography?enrichId República de Moçambique. (2018). Decreto n° 49/2018: Regulamento de Protecção Radiológica. Boletim da República, 32. Seibert, J. A. (2004). X-ray imaging physics for nuclear medicine technologists. Part 1: Basic principles of x-ray production. Journal of nuclear medicine technology, 32(3), 139-147. Obtido em 21 de Dezembro de 2022, de <https://tech.snmjournals.org/content/32/3/139.short> Sprawls, J. (s.d.). Computed Tomography Image Quality. Obtido em 9 de Novembro de 2023, de <http://www.sprawls.org/resources/CTIQ/module.htm> World Health Organization (WHO-OMS). (1982). Quality Assurance in Diagnostic Radiology, Macmillan. 1-62. Obtido de <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39095/1/9241541644.pdf> Zarb, F., Rainford, L., & McEntee, M. (Maio de 2010). Image quality assessment tools for optimization of CT images. Radiography, 16, 147-153. doi:10.1016/j.radi.2009.10.002

Palavras-chave: Dosimetria; Qualidade da imagem; Controlo de Qualidade; Tomografia Computorizada

Trabalho 124**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Segurança de fontes e gestão de rejeitos**Título:** O impacto da ferramenta Ameaça Base de Projeto na estrutura regulatória do setor nuclear brasileiro**Autor principal:** RICARDO WASHINGTON DUTRA GARCÊZ**Autores:** Renato Luiz Alves Tavares; Maurício Santarosa Pereira da Silva; José Marques Lopes; Josélio Silveira Monteiro Filho**Instituição:** Comissão Nacional de Energia Nuclear**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

A infraestrutura legal para a segurança nuclear, nacional e internacional, tem como principal documento a Convenção de Proteção Física para Materiais Nucleares de 1979, que se tornou vinculação obrigatória aos membros da Agência Internacional da Energia Atômica a partir de 1989, assim como suas emendas apresentadas em 2005, e de vínculo obrigatório a partir de 2016. As emendas apresentadas no documento materializaram um esforço internacional após eventos específicos, como o atentado às Torres Gêmeas de 2001, em aumentar a capacidade das nações de protegerem, de responderem, de trocarem informações e de tipificarem atos hostis envolvendo materiais radioativos. Um dos novos conceitos que surgiram dentro deste esforço em prol da segurança nuclear é o conceito de Ameaça Base de Projeto (ABP), que é um conceito multicamada, a depender da finalidade. Uma de suas finalidades é a sua capacidade enquanto ferramenta de modificar a infraestrutura regulatória. A ferramenta ABP amplia os conceitos básicos de ameaça, permite a inclusão de novos parâmetros regulatórios e uma mudança na visão normativa para além da visão prescritiva. O desenvolvimento da ferramenta ABP à nível de infraestrutura legal permite a modificação sobre a responsabilidade na elaboração da estimativa de ameaça e a abertura para a possibilidade de parâmetros performáticos na infraestrutura legal nacional do setor nuclear. Outrora ao desenvolvimento da ferramenta ABP, a responsabilidade pela elaboração da estimativa de ameaça era do operador, não importando a classificação da instalação nem do seu risco radiológico, com o advento da ferramenta ABP a responsabilidade é expandida para o Estado em casos específicos. Outro objetivo é a mudança de abordagem normativa que antes era prescritiva, e que a partir da ferramenta ABP torna-se possível a abordagem mista, com o acréscimo de parâmetros advindos da abordagem baseada em performance. O Órgão Regulador Nuclear Civil, representando o Estado, tem a responsabilidade de desenvolver e implementar a ferramenta ABP, através de um processo, que ao final, será transformado em um Programa de Estado, com o apoio de outras instituições. O processo de desenvolvimento e implementação, com

a conseqüente instauração do programa, possibilitará a utilização da ABP como uma ferramenta para modificar a estrutura regulatória, proporcionando uma maior transparência da responsabilidade do Estado perante o Programa Nuclear Brasileiro, sendo que parte dele é um monopólio do próprio Estado. Com relação à abordagem mista, o acréscimo dos parâmetros performáticos permitirá uma melhor caracterização do Sistema de Proteção Física das instalações de maiores riscos radiológicos, e assim o tornando mais eficiente.

Referências bibliográficas: CPPNM and its Amendment. Convention on the Physical Protection of Nuclear Material (CPPNM) and its Amendment. IAEA. INFCIRC/274/Rev. 1. Vienna (2016).

Palavras-chave: Segurança nuclear, Infraestrutura regulatória, Ameaça Base de Projeto, Estimativa de ameaça.

Trabalho 125**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Desenvolvimento de radiofármacos**Título:** Avaliação de qualidade de equipamento de raios-X convencional no Hospital Central de Maputo**Autor principal:** HÉLDER ABÍLIO MATSINHE**Autores:** Alexandre M. Maphossa; Raimundo D, Satela**Instituição:** Universidade Eduardo Mondlane**Cidade-UF:** Maputo

Proporcionar um diagnóstico seguro aos pacientes é de extrema importância em procedimentos de radiodiagnóstico, pois a otimização da dose no paciente, sem comprometer a qualidade de imagem, é uma responsabilidade dos físicos médicos dentro de um serviço de radiologia por imagem. Sendo que os principais parâmetros a serem avaliados nesse procedimento estão relacionados com as condições do equipamento de raios-X e os operadores de equipamentos. Realizou-se testes de controlo de qualidade de equipamentos e de dosimetria no Serviço de Radiologia do HCM. Alinhamento entre campo de radiação e campo de luz dentro das tolerâncias da IAEA, indicando bom alinhamento. Valores de exactidão de tensão do tubo estão dentro dos padrões da IAEA (-4,57%, -4,85%, -5,77%). Valores de reprodutibilidade de tensão do tubo, também dentro das normas (1,16%, 0,8%, 2,51%). Rendimento do tubo de 17,19 $\mu\text{Gy/mAs}$, abaixo do recomendado pela IAEA (25 $\mu\text{Gy/mAs}$ a 80 $\mu\text{Gy/mAs}$). Teste de tempo de exposição com resultados de exactidão (4%, 2,8%, 2,5%, 1,8%, 1,4%) e reprodutibilidade (0%, 0,64%, 0%, 0,40%, 0,32%) sendo que estão dentro das tolerâncias da IAEA. Linearidade de kerma no Ar está fora dos padrões da IAEA (45%), indicando a necessidade de verificação e recalibração. Teste de kerma de entrada na pele, resultados de dose de entrada na pele dentro das normas da IAEA ($\pm 30\%$). Teste de Camada Semi-Redutora houve dificuldades na execução devido à falta de placas de alumínio, valor de CSR/HVL obtido (0,58 mm) sugere correlação esperada. A realização de testes de controlo de qualidade de forma regular e a manutenção adequada desses equipamentos são essenciais para garantir a segurança dos pacientes e a qualidade dos diagnósticos radiológicos. Contudo conclui-se que esta pesquisa contribui de forma objectiva na avaliação do equipamento testado e incorpora metodologias para facilitar a realização dos testes de controlo de qualidade nos aparelhos de raios-X o que vai permitir uma melhoria na qualidade do diagnóstico no país.

Referências bibliográficas: Abbospour, S., Mahmoudian, B., & Islamian, J. P. (18 de Maio de 2022). Cadmium Telluride Semiconductor Detector for Improved Spatial and

Energy Resolution Radioisotopic Imaging. *World Journal of Nuclear Medicine*, 101-107.

Abt, I., Fischer, F., Hagemann, F., Hauertmann, L., Schulz, O., Schuster, M., et al. (2021). Simulation of semiconductor detectors in 3D with SolidStateDetectors.jl. *Journal of Instrumentation*, 1-24.

Alexandre, A. C., Costa, P. R., Corte, R. E., & Furquim, T. A. (2005). Radiodiagnóstico Médico Segurança e Desempenho de Equipamentos. Brasília: ANVISA.

Amurao, M., Gress, D., Keenan, M., Halvorsen, P. H., Nye, J. A., & Mahesh, M. (2022). Quality management, quality assurance, and quality control in medical physics. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 1-7.

Arimondo, E., Berman, P. R., & Lin, C. C. (2011). *ATOMIC, MOLECULAR, AND OPTICAL PHYSICS*. San Diego, CA: Academic Press.

Attix, F. H. (2004). *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*. Germany: Wiley-vch Verlag GmbH & Co.KGaA.

Bielajew, A. F. (2005). *Fundamentals of Radiation Dosimetry and Radiology Physics*. Michigan: The University of Michigan.

Botelho, M. Z. (2015). *CONTROLE DE QUALIDADE DE SISTEMAS DIGITAIS*. ABFM-IRD. Rio de Janeiro: Soluções em Física Médica e Radioproteção (STAFF).

Busheberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt Jr, E. M., & Boone, J. M. (2001). *The essential physics of medical imaging*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Cembe, H., & Johnson, T. E. (2009). *Introduction to Helath Physics (Fourth edition ed.)*. Colorado: Mc Graw Hill Medical.

COMMISSION, E. (2021). *European Study on Clinical Diagnostic Reference Levels for X-ray Medical Imaging*. Luxembourg: European Study on Clinical DRLs.

Dance, D. R., Christofides, S., Maidment, A., McLean, I., & Ng, K. (2014). *Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students*. Vienna: IAEA Library.

Dendooven, P. (2010). *Detection of energetic particles and gamma rays semiconductor detecors*. Groningen: Kernfysisch Versneller Instituut.

Durán, E. J., Salas, L. F., Benavides, S. O., & Bolaños, G. (2019). Quality Control Implementation on Digital Radiography Equipment at Fundación Valle Del Lili. *IOP Conf. Series: Journal of Physics*, 1-9.

Ebisawa, M. L., Magon, M. d., & Mascrenhas, Y. M. (17 de July de 2009). Evolution of X-ray machine quality control acceptance indices. *JOURNAL OF APPLIED CLINICAL MEDICAL PHYSICS*, pp. 252-259.

Fagerstrom, J. M., Brown, T. A., Kaurin, D. G., Mahendra, S., & Zaini, M. M. (2023). Overview of medical physics education and research programs in a non-academic environment. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 1-11.

Gontijo, R. M., Ferreira, A. V., Nascimento, L. T., Costa, F. M., Silva, J. B., & Mamede, M. (2017). *CONSTANCY TESTS AND QUALITY ASSURANCE OF THE ACTIVIMETERS USED IN A RADIOPHARMACEUTICAL PRODUCTION UNIT*. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA NUCLEAR– ABEN.

Haug, E. (9 de October de 2007). Bremsstrahlung cross-section with screening and Coulomb corrections at high energies. *Radiation Physics and Chemistry*, pp. 207-214.

Health, D. o. (2021). *Recommended Quality Assurance Programme for X-ray Apparatus used in Diagnostic Imaging*. PUBLIC HEALTH SERVICES - RADIATION PROTECTION UNIT.

Huda, W. (2010). *Review Radiologic Physics (Third edition ed.)*. Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.

IAEA, H. H. (2021). *Handbook of Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology*. Vienna: International Atomic Energy Agency.

IAEA, S. S. (2014). *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards*. Viena: IAEA Library Cataloguing in Publication Data.

Iba. (2011). *Quality Control in Medical Imaging*. Schwarzenbruck: IBA Dosimetry

GmbH. Iba. (2013). USB Multimeter Magicmax universal SW Version 2.0 User's Guide. Schwarzenbruck: Iba Dosimetry GmbH. Iba, D. (2007). Test Pattern General Information about use. Schwarzenbruck: Iba Dosimetry GmbH. Ijabor, B. O., Nzotta, C., & Omojola, A. (2021). Quality control test of conventional X-Ray systems in Delta State, South-South, Nigeria. ResearchGate, 140-153. International Atomic Energy Agency (IAEA). (1999). Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation. Vienna: IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. RS-G-1.3. International Atomic Energy Agency (IAEA). (2004). Optimization of the radiological protection of patients undergoing radiography, fluoroscopy and computed tomography. Vienna: IAEA SAFETY STANDARDS. International Atomic Energy Agency (IAEA). (2006). APPLYING RADIATION SAFETY STANDARDS IN DIAGNOSTIC RADIOLOGY AND INTERVENTIONAL PROCEDURES USING X RAYS. Vienna: IAEA SAFETY REPORTS SERIES No. 39. International Atomic Energy Agency (IAEA). (2007). DOSIMETRY IN DIAGNOSTIC RADIOLOGY: AN INTERNATIONAL CODE OF PRACTICE (Vol. TECHNICAL REPORTS SERIES No. 457). Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. International Atomic Energy Agency (IAEA). (2023). Handbook of Basic Quality Control Tests for Diagnostic Radiology. Vienna: IAEA HUMAN HEALTH SERIES No. 47. International Commission on Radiological Protection (ICRP). (2007). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. PUBLICATION 103. (Valentin, Ed.) Stockholm: Elsevier. Jones, A. K., Heintz, P., Geiser, W., Goldman, L., & Jerjian, K. (2015). Ongoing quality control in digital radiography: Report of AAPM Imaging Physics Committee Task Group 151. Diagnostic Radiology Articles, 6659-6670. Khalid, A., Ahmed, A. M., Zidan, M. M., Elhaj, M., & Albagy, H. A. (2020). PATIENT DOSE IN DIGITAL X-RAY RADIOGRAPHY. PATIENT DOSE IN DIGITAL X-RAY RADIOGRAPHY, 93-98. Knoll, G. F. (1999). Radiation Detection and Measurement (Third edition ed.). USA: John Wiley & Sons, Inc. Konst, B., Nøtthellen, J., Bilet, E., & Båth, M. (2021). Radiographic and fluoroscopic X-ray systems: Quality control of the X-ray tube and automatic exposure control using theoretical spectra to determine air kerma and dose to a homogenous phantom. Journal of Applied Clinical Medical Physics, 204-217. Lutz, G. (2007). Semiconductor Radiation Detectors Device Physics. Munich: Springer. Mousa, A., Kusminarto, K., & Suparta, G. B. (2017). A New Simple Method to Measure the X-ray Linear Attenuation Coefficients of Materials using Micro-Digital Radiography Machine. International Journal of Applied Engineering Research, 10589-10594. Podgorsak, E. B. (2005). Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students. Vienna: IAEA Library. Prabhu, S., Naveen, D. K., Bangera, S., & Bhat, S. (2020). Production of X-RAYS using X-RAY Tube. Journal of Physics: Conference Series, 01-12. Reilly, R. M. (2019). Medical Imaging for Health Professional. Toronto: John Wiley & Sons. Rodrigues, R. P., Da Silva, R. P., Mattos, R. L., De Goes, E. G., & Dytz, A. G. (24 de Setembro de 2013). QUALITY CONTROL OF RADIOGRAPHIC IMAGES. Disciplinary Scientia, pp. 169-177. Seibert, J. A., Bogucki, T. M., Ciona, T., Huda, W., Karellas, A., Mercier, J. R., et al. (2006). Acceptance Testing and Quality Control of Photostimulable Storage. Phosphor Imaging Systems: American Association of Physicists in Medicine REPORT NO. 93. Silva, M. F. (2020). Avaliação computacional das doses médicas e ocupacionais durante diagnóstico de

COVID-19 em pacientes pediátricos empregando em tomografia computadorizada. Uberlândia, MG. Spieler, H. (s.d.). Introduction to Radiation-Resistant Semiconductor Devices and Circuits. California: Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Physics Division. Tinti, J. d. (2018). Estudo por simulação Monte Carlo de imagens geradas por radiação espalhada. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Departamento de Física. Tonazzo, A. (2021). Semiconductor detectors. Paris: Laboratoire APC. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). (2022). SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION. New York: UNITED NATIONS. UNSCEAR, U. N. (2010). Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR. World Health Organization (WHO). (2008). Global Initiative on Radiation Safety in Healthcare Settings Technical Meeting. WHO Headquarters (pp. 10-100). Geneva: WHO.

Palavras-chave: Controle de qualidade, dosimetria, diagnóstico radiológico, kerma.

Trabalho 126**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** Explorando a Sinergia entre Tecnologia Nuclear e Gamificação: Uma Abordagem para a Educação Nuclear**Autor principal:** RAFAEL DOS SANTOS**Autores:** Inaya Lima**Instituição:** UFRJ**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

A tecnologia nuclear desempenha um papel crucial em diversas áreas, desde a geração de energia até à agricultura. No entanto, a complexidade dos conceitos relacionados a ela, muitas vezes dificulta a transmissão eficaz do conhecimento necessário a sua compreensão, contribuindo para uma visão estereotipada, para não se dizer preconceituosa, pela grande maioria da população, fazendo com que os aspectos negativos se sobressaiam em relação positivos. O conhecimento proveniente do estudo e pesquisas relacionados a energia nuclear e suas aplicações tem sido empregado em uma gama de recursos tecnológicos, presente em inúmeras áreas do conhecimento, como na saúde onde pode ser destacada a esterilização de tecido humano para procedimentos cirúrgicos, ou irradiação de sangue para pessoas pós transplante entre outros procedimentos. Temos ainda, a produção de energia elétrica por meio de usinas nucleares, a utilização na indústria, na agricultura, na preservação ambiental e etc, sendo então, de extrema importância a divulgação e difusão à cerca do assunto. Desta forma, se faz necessário elaborar estratégias de comunicação, divulgação e difusão das tecnologias nucleares afim de dialogar com os diversos públicos presente na sociedade de maneira sucinta e coesa. Assim, a educação sobre tecnologia nuclear se torna um elemento crucial para desmistificar conceitos, dissipar medos infundados e fornecer uma compreensão mais sólida dos benefícios e riscos associados, apesar disso, a tecnologia nuclear ainda é pouco explorada no ensino de ciências. Nesse sentido, buscando sanar está lacuna presente na educação contemporânea, foi desenvolvido o referido trabalho, baseados na Teoria Ator -Rede de Bruno Latour (1947-2022) e na Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1918-2008), perante o público alvo escolhido, a saber, alunos do Ensino Médio, sendo adotada as metodologias ativas (seminário e gamificação), como estratégia de comunicação, divulgação e difusão de conhecimento relacionado a tecnologia nuclear, oferecendo uma oportunidade para aquisição de uma “Educação Nuclear,” tornando os temas relacionado à ela mais acessíveis, envolventes e interativos.

Referências bibliográficas: [1] Paganotti, A.; Santos, L. E. G. D.; Voelzke, M. R. Concepções dos alunos do terceiro ano do Ensino Médio de escolas públicas da rede estadual mineira sobre energia nuclear. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 22, 2017, São Carlos. Anais do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2017, 1-8. [2] Cardoso, E. M., et al. (2004). Aplicações da Energia Nuclear. Comissão Nacional de Energia Nuclear. [3] Latour, B., & Woolgar, S. (1997). A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará [4] Milanez, J. V., Almeida, R. D. & Carmo, F. S. (2006). Energia Nuclear Socialmente Aceitável Como Solução Possível para a Demanda Energética Brasileira. Revista Ciências do Ambiente On-Line, 2 (1) [5] Moreira, M. A.; Masini, E. F. S. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2001

Palavras-chave: Tecnologia Nuclear, Metodologias Ativas, Teoria Ator-Rede Aprendizagem Significativa

Trabalho 127**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Formação de recursos humanos**Título:** Análise da produção de conhecimento dos últimos 20 anos do Programa de Pós graduação em Engenharia Nuclear da COPPE- UFRJ- Identidade Acadêmica e Gênero**Autor principal:** RAFAEL DOS SANTOS**Autores:** Inaya Lima**Instituição:** UFRJ**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

Ao longo dos seus mais de 50 anos, o programa de pós graduação em Engenharia Nuclear da Coppe-UFRJ vem contribuindo de forma expressiva, para à formação de recursos humanos, gerando mão de obra especializada, desenvolvendo pesquisas e recurso tecnológicos para as diversas empresas e centros de pesquisas do setor nuclear. Com mais de 640 dissertações defendidas e um total de 380 doutores formados o programa de pós graduação em Engenharia Nuclear da COPPE-UFRJ, tornou -se uma referência na área, conquistando a nota 6 nas últimas avaliações quadrienais, realizada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES. Assim, diante dessa notável trajetória na preparação de talentos intelectuais e profissionais, e considerando que as pesquisas relacionadas à formação de cientistas nucleares brasileiros ainda são um pouco deficitárias, apesar da extensa literatura existente sobre a política nuclear brasileira, poucos estudos se debruçam sobre a formação e o seu impacto no desenvolvimento de suas identidades acadêmicas e profissionais. Neste sentido, esta pesquisa , de caráter qualitativa-quantitativa, tem como intuito buscar a identidade acadêmicas dos egressos nos últimos 20 anos deste programa de pós graduação, no que tange as linhas de pesquisas optadas por eles e seus gêneros.

Referências bibliográficas: [1] BAUMAN, Z. Modernidade líquida. Tradução: Plínio Dentzien. Rio de Janeiro: Zahar, 2001. [2]. BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. Dados Qualitativos. In BOGDAN, R.C. BIKLEN, S.K. Investigação qualitativa em educação - uma introdução à teorias e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994 [3] DUBAR, C. A socialização: construção das identidades sociais e profissionais. Tradução: Andréa S. M. Silva. São Paulo: Martins Fontes, 2005. [4] LATOUR, B., & Woolgar, S. (1997). A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará. [5]Lefèvre, Fernando – Discurso do sujeito Coletivo. Nossos modos de pensar, nosso eu coletivo- 1ª Edição – São Paulo: Andreoli, 2017 – [6] STENGERS, I. A invenção das ciências modernas. São Paulo: Editora 34, 2002.



International
Joint Conference

RADIO 2024

Palavras-chave: Engenharia Nuclear, Identidade Acadêmica, Gênero, Formação

Trabalho 128**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Medições de referência com um monitor de Área para nêutrons de uma fonte de nêutrons de AmBe moderada Por chumbo**Autor principal:** FELLIPE CERQUEIRA INÁCIO MACHADO DA ROCHA**Autores:** Gonçalves, A.S.; Lima, L.C.A.; Ferreira A.C.; Pereira, W.W.**Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria**Cidade-UF:** Rio de janeiro - Rj

O Laboratório de Metrologia de Nêutrons (LN) do Brasil é responsável pela manutenção de padrões primários e secundários relacionados a fontes de nêutrons. Por meio desses padrões, o LN dissemina e fornece rastreabilidade a diversos setores da indústria, saúde e pesquisa no país, bem como a parceiros na América Latina. O presente estudo apresenta valores de referência obtidos por meio da medição do equivalente de dose ambiente utilizando o monitor de áreas Wendi como referência no LN. As medições são realizadas a diferentes distâncias das fontes de ^{252}Cf , $^{241}\text{AmBe}$ e da fonte moderada $^{241}\text{AmBe}+\text{Pb}$. Os resultados são avaliados e comparados, demonstrando a semelhança entre os espectros e doses provenientes das fontes de ^{252}Cf e $^{241}\text{AmBe}+\text{Pb}$.

Referências bibliográficas: AEA, 2001, Compendium of Neutron Spectra and Detector Responses for Radiation Protection Purposes (Supplement to TRS n° 318) — TRS n° 403, International Atomic Energy Agency, Vienna. EXLINE, P. R., 2011. Characterization of Modified Neutron Fields with Americium-Beryllium and Californium-252 Sources. M.Sc. Thesis. Georgia Institute of Technology. USA. ISO 8529-1 2nd ed., 2021, Reference neutron radiations – Part 1: Characteristics and methods of production, Geneva: ISO. A feasibility study of a H₂O-moderated ^{252}Cf source for metrology. Brazilian Journal of Radiation Sciences, Rio de Janeiro, Brazil, v. 11, n. 1A (Suppl.), p. 1–10, 2023. DOI: 10.15392/2319-0612.2023.2216. Disponível em: <https://bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/2216>. Acesso em: 14 aug. 2024.

Palavras-chave: Monitor wendi, $^{241}\text{AmBe}+\text{Pb}$, Equivalente de dose ambiente, ^{252}Cf .

Trabalho 129**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Construction Process of a Lead-Moderated ^{241}Am -Be System to Simulate the Neutron Spectrum of ^{252}Cf **Autor principal:** ANGELA SOUZA GONÇALVES**Autores:** Lima, L.C.A.; Ferreira A.C.; Martins, M.M.; Pereira, W.W.**Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

Abstract: Over the years, as the use of the radionuclide ^{252}Cf in various fields has increased, its availability has decreased, and its cost has risen exponentially, making it the second most expensive material in the world, after antimatter. In contrast, the ^{241}Am -Be source is highly available, much less expensive, and has a long half-life. By using absorber and moderator materials, it is possible to modify a neutron field. This study proposes a Monte Carlo simulation of a system that allows obtaining a ^{252}Cf -like neutron field from a moderated ^{241}Am -Be source. To achieve the 2,13 MeV energy of ^{252}Cf , a spherical lead geometry with a radius of 12.56 cm was adopted. Additionally, a stainless-steel base was designed to support the structure of the device, taking into account the entire arrangement for inserting the ^{241}Am -Be source, its positioning for irradiation, and the removal of the source. The low-cost lead moderator system is suitable for use in calibration processes and routine irradiations in neutron metrology laboratories.

Referências bibliográficas: EXLINE, P. R., 2011. Characterization of Modified Neutron Fields with Americium-Beryllium and Californium-252 Sources. M.Sc. Thesis. Georgia Institute of Technology. USA. IAEA, 2001, Compendium of Neutron Spectra and Detector Responses for Radiation Protection Purposes (Supplement to TRS n° 318) — TRS n° 403, International Atomic Energy Agency, Vienna. ISO 8529-1 2nd ed., 2021, Reference neutron radiations – Part 1: Characteristics and methods of production, Geneva: ISO. KARELIN, Y.A., GORDEEV, Y.N., KARASEV, V.I. et al., 1997, “Californium-252 Neutron Sources”. Appl. Radiat. Isot., v. 48, n. 10-12, pp. 1563-1566. MARTIN, R.C., KNAUER, J.B., BALO, P.L., 2000. Production, Distribution and Applications of Californium-252 Neutron Sources Appl. Radiat. Isot. 53, 785-792. MERCK & Co., 2001, The Merck Index – An Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. 13rd ed. Whitehouse Station, NJ, Merck Research Laboratories. METALARY, Lateste and Historical Metal Prices. Californium Price. Disponível em: . Acesso em: 12 de ago. 2024. METALARY, DAILY METAL PRICES. Disponível em: . Acesso em: 09 de jul. 2024.

THOUGHT. What Is the Most Expensive Element? Disponível em: <<https://www.thoughtco.com/what-is-most-expensive-element-606625>>, updated on June 27, 2019. Acesso em: 18 de jul. 2024.

Palavras-chave: Californium, Americium-Beryllium, Monte Carlo Simulation, Neutron Metrology

Trabalho 130**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Novos Combustíveis para Reatores**Título:** PROJETO DE UM NÚCLEO PARA UM MICRORREATORES PWR COM COMBUSTÍVEL MOX**Autor principal:** ANA CAROLINA NASCIMENTO RANGEL**Autores:** SERGIO DE OLIVEIRA VELLOZO , RONALDO GLICÉRIO CABRAL e CLÁUDIO LUIZ DE OLIVEIRA**Instituição:** INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA - IME**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO -RJ

Os microrreatores, com seu design compacto e alta eficiência, oferecem uma solução promissora para a geração de energia limpa e segura, especialmente em regiões remotas ou em cenários de emergência. Um aspecto fundamental a ser considerado na evolução dos microrreatores é a diversificação dos combustíveis, além do dióxido de urânio, o que é crucial para aumentar a eficiência, reduzir resíduos radioativos e mitigar riscos de proliferação nuclear. O projeto do núcleo de um microrreator deve considerar o tipo de combustível a ser utilizado; neste caso, optou-se pelo MOX (uma mistura de dióxido de urânio e dióxido de plutônio). Entretanto, é necessário realizar uma análise com diferentes concentrações para se obter um fator de multiplicação que acomode as variações na distribuição de nêutrons, temperatura e produtos de fissão, mantendo-se acima de 1, condição essencial de supercriticalidade, e que também possibilite uma geometria reduzida. Para o desenvolvimento do projeto, foi utilizado o programa de simulação Scale (Standardized Computer Analyses for Licensing Evaluation). Inicialmente, foi necessário definir as concentrações de combustíveis analisadas, variando de 5% a 30% de PuO_2 , complementadas com UO_2 natural. A célula de combustível segue os padrões dos reatores PWR, com 0,5 cm de raio para o combustível, 0,6 cm de raio para o revestimento (Zircaloy-4), e água como moderador. Contudo, a dimensão da célula foi determinada a partir da curva k_{∞} versus V_m/V_f , resultando em um halfpitch entre 1,10 a 1,20 cm. Estimou-se que o tamanho do núcleo deveria variar entre 22 a 26 cm de raio e 45 a 60 cm de altura, utilizando-se a equação de difusão, considerando que a geometria do núcleo seria a de um cilindro equilátero. Dessa forma, foi possível definir que a malha do elemento combustível seria 10x10, e, com a adição de 30 cm de água como refletor para evitar a fuga de nêutrons, obteve-se um keff entre 1,3 e 1,5. Produzindo 5 MW elétricos, o microrreator pode ter um ciclo de operação entre 3 e 13 anos. Por fim, foram inseridas barras de controle de cádmio. Os resultados preliminares da análise do núcleo demonstram o potencial do microrreator PWR com combustível MOX, especialmente devido aos seus longos ciclos de

operação, reforçando a importância de explorar e investir em alternativas inovadoras no campo da energia nuclear, que permitam uma transição energética global de forma limpa e segura.

Referências bibliográficas: [1] International Energy Agency. (2020). World Energy Outlook 2020. [2] World Nuclear Association. (2021). Nuclear Power and the Environment. [3] International Atomic Energy Agency. (2021). Advances in Small Modular Reactor Technology Developments. [4] Uranium: Resources, Production and Demand 2022. Paris: Nuclear Energy Agency, 2023. Disponível em: https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2023-04/7634_uranium_-_resources_production_and_demand_2022.pdf. Acesso em: 6 ago. 2024. [5] S. G. Popov et al., Thermophysical Properties of MOX and UO₂ Fuels Including the Effects of Irradiation. OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, 2000. [6] DUDERSTADT, James J., E LOUIS J. HAMILTON. Nuclear Reactor Analysis. Department of Nuclear Engineering. The University of Michigan, 1975 [7] KAPLAN, Irving. Física Nuclear. Aguilar, 1961.

Palavras-chave: Microrreator PWR, MOX, Projeto do Núcleo e SCALE

Trabalho 131**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Análise das Propriedades Mecânicas do PLA, com Corpos de Prova Irrradiados e Não Irrradiados**Autor principal:** KARINE LIMA DE CARVALHO**Autores:** Ary Machado de Azevedo e Paulo Cezar Rocha Silveira**Instituição:** Instituto Militar de Engenharia**Cidade-UF:** RJ

É proposta uma análise a respeito de um filamento comumente utilizado na impressão 3D, sendo este o PLA. Para tal, serão impressos diversos corpos de prova em quatro formatos distintos, a fim de que se torne viável o estudo aprofundado das propriedades físicas e químicas do material antes e após contato com radiação. Portanto, os corpos de prova, dividindo os que serão irradiados dos demais, serão aplicados aos testes de tração, dureza, compressão e ensaio balístico. O artigo destrincha então sobre como a radiação afetará as propriedades mecânicas deste filamento que poderia ser utilizado em ambientes radioativos, discutindo as possíveis aplicações industriais e comerciais do mesmo. Sendo a irradiação efetuada no Instituto de Defesa Química Biológica Radiológica e Nuclear (IDQBRN) por meio de uma colaboração com o Instituto Militar de Engenharia (IME).

Referências bibliográficas: REVEILLEAU, A.; MENEGHEL, L.; SILVA, T. Impressora 3D aditiva e acessível economicamente. In: VI CONGRESSO DE PESQUISA E EXTENSÃO DA FSG & IV SALÃO DE EXTENSÃO, 2018, Caxias do Sul. Anais [...]. Rio Grande do Sul: FSG Centro Universitário, 2018. ISSN 2318-8014. WOJTYLA, S.; KLAMA, P.; BARAN, T. Is 3D printing safe? Analysis of the thermal treatment of thermoplastics: ABS, PLA, PET, and nylon. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, v. 14, n. 6, p.80-85, 2017. ISSN 1545-9624 V=versão online. DOI: 10.1080/15459624.2017.1285489. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/15459624.2017.1285489>. Acesso em: 26 mar. 2024. SANTANA, L.; ALVES, J. L.; NETTO, A. C.; MERLINI, C. Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. *Revista Matéria*, v. 23, n. 4, mar. 2018. ISSN 1517-7076 artigo e-12267. DOI: 10.1590/S1517-707620180004.0601. MONTEIRO, M. A IMPRESSÃO 3D NO MEIO PRODUTIVO E O DESIGN: um estudo na fabricação de joias. 2009. Dissertação (Pós-graduação em Design) - Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. LACERTA, T.; ROMANIELO, A.; GOMES, S.; SOUZA, J.; CARVALHO, V.; MACHADO, L.;

CHAVES, A.; MARTINS, A.. Aplicabilidade da impressora 3D na prática médica contemporânea. Braz. J. Hea. Rev., Curitiba, v. 3, n. 1, p.620-625, jan./fev. 2020. ISSN 2595-6825. DOI: :10.34119/bjhrv3n1-050. MATOZINHOS, I.; MADUREIRA, A.; SILVA, G.; MADEIRA, G.; OLIVEIRA, I.; CORRÊA, C.. Impressão 3D: Inovações no Campo da Medicina. Revista Interdisciplinar Ciências Médicas, Minas Gerais, v. 1, n. 1, p. 143-162, 2017. CANEVAROLO Jr, S.V. Ciência dos Polímeros. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2006.

Palavras-chave: PLA, Irradiação, Impressão 3D, Materiais.

Trabalho 132**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Estudo sobre as Propriedades Mecânicas do ABS, Irradiado e Não Irradiado**Autor principal:** KARINE LIMA DE CARVALHO**Autores:** Paulo Cezar Rocha Silveira**Instituição:** Instituto Militar de Engenharia**Cidade-UF:** RJ

Este trabalho apresenta uma análise a respeito da forma como um material comum na impressão 3D, sendo este o ABS, responde à constante interação com a radiação ionizante. Logo, propõe-se uma investigação detalhada a respeito das mudanças na estrutura física e química deste material, para tal procedimento são separados corpos de provas impressos especificamente para cada ensaio executado, sendo estes sólidos e preenchidos a 20%. Desta maneira os ensaios se focaram na mudança estrutural (físicoquímica) sofrida após o contato com a radiação, assim, alguns corpos de prova serão irradiados enquanto outros não. Sendo aplicado a ambos os testes de tração, dureza, compressão e ensaio balístico. Tendo sido irradiado no Instituto de Defesa Química Biológica Radiológica e Nuclear (IDQBRN) por meio de uma colaboração com o Instituto Militar de Engenharia (IME), o fundamento desta pesquisa torna-se averiguar não apenas as mudanças físico-químicas no filamento ABS, como de determinar sua durabilidade após certo período de exposição. O artigo examina como a radiação afeta as propriedades mecânicas deste material e discute implicações para aplicações industriais e comerciais.

Referências bibliográficas: REVEILLEAU, A.; MENEGHEL, L.; SILVA, T. Impressora 3D aditiva e acessível economicamente. In: VI CONGRESSO DE PESQUISA E EXTENSÃO DA FSG & IV SALÃO DE EXTENSÃO, 2018, Caxias do Sul. Anais [...]. Rio Grande do Sul: FSG Centro Universitário, 2018. ISSN 2318-8014. WOJTYLA, S.; KLAMA, P.; BARAN, T. Is 3D printing safe? Analysis of the thermal treatment of thermoplastics: ABS, PLA, PET, and nylon. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, v. 14, n. 6, p.80-85, 2017. ISSN 1545-9624 V=versão online. DOI: 10.1080/15459624.2017.1285489. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/15459624.2017.1285489>. Acesso em: 26 mar. 2024. SOUZA, J. Efeito dos Parâmetros de Impressão 3D na Resistência à Tração de Peças Impressas com Filamentos ABS. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2022. MONTEIRO, M. A IMPRESSÃO 3D NO MEIO PRODUTIVO E O DESIGN: um estudo na fabricação de

joias. 2009. Dissertação (Pós-graduação em Design) - Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. LACERTA, T.; ROMANIELO, A.; GOMES, S.; SOUZA, J.; CARVALHO, V.; MACHADO, L.; CHAVES, A.; MARTINS, A.. Aplicabilidade da impressora 3D na prática médica contemporânea. Braz. J. Hea. Rev., Curitiba, v. 3, n. 1, p.620-625, jan./fev. 2020. ISSN 2595-6825. DOI: :10.34119/bjhrv3n1-050. MATOZINHOS, I.; MADUREIRA, A.; SILVA, G.; MADEIRA, G.; OLIVEIRA, I.; CORRÊA, C.. Impressão 3D: Inovações no Campo da Medicina. Revista Interdisciplinar Ciências Médicas, Minas Gerais, v. 1, n. 1, p. 143-162, 2017. CANEVAROLO Jr, S.V. Ciência dos Polímeros. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2006.

Palavras-chave: ABS, Irradiação, Impressão 3D, Materiais.

Trabalho 133**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Comparação das Propriedades Mecânicas do PETG e sua Interação com a Radiação**Autor principal:** KARINE LIMA DE CARVALHO**Autores:** Ary Machado de Azevedo e Paulo Cezar Rocha Silveira**Instituição:** Instituto Militar de Engenharia**Cidade-UF:** RJ

O presente estudo discorre a respeito do filamento PETG, e apresenta uma análise a respeito da forma como um material comum na impressão 3D responde ao contato constante com a radiação ionizante. Logo, com o intuito de estudar as propriedades físicas e químicas do material, foram impressos quatro tipos diferentes de modelos de corpos de provas, onde metade da amostra é irradiada enquanto a outra não, sendo então utilizados nos testes de tração, dureza, compressão e ensaio balístico. Sendo este irradiado no Instituto de Defesa Química Biológica Radiológica e Nuclear (IDQBRN) por meio de uma colaboração com o Instituto Militar de Engenharia (IME). Propondo assim, um exame a respeito das propriedades mecânicas deste material, onde torna-se eficaz averiguar e debater os possíveis comportamentos do material selecionado, considerando sua aplicabilidade nos setores industriais e comerciais.

Referências bibliográficas: REVEILLEAU, A.; MENEGHEL, L.; SILVA, T. Impressora 3D aditiva e acessível economicamente. In: VI CONGRESSO DE PESQUISA E EXTENSÃO DA FSG & IV SALÃO DE EXTENSÃO, 2018, Caxias do Sul. Anais [...]. Rio Grande do Sul: FSG Centro Universitário, 2018. ISSN 2318-8014. WOJTYLA, S.; KLAMA, P.; BARAN, T. Is 3D printing safe? Analysis of the thermal treatment of thermoplastics: ABS, PLA, PET, and nylon. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, v. 14, n. 6, p.80-85, 2017. ISSN 1545-9624 V=versão online. DOI: 10.1080/15459624.2017.1285489. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/15459624.2017.1285489>. Acesso em: 26 mar. 2024. SANTANA, L.; ALVES, J. L.; NETTO, A. C.; MERLINI, C. Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. *Revista Matéria*, v. 23, n. 4, mar. 2018. ISSN 1517-7076 artigo e-12267. DOI: 10.1590/S1517-707620180004.0601. MONTEIRO, M. A IMPRESSÃO 3D NO MEIO PRODUTIVO E O DESIGN: um estudo na fabricação de joias. 2009. Dissertação (Pós-graduação em Design) - Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. LACERTA, T.; ROMANIELO, A.; GOMES, S.; SOUZA, J.; CARVALHO, V.; MACHADO, L.;

CHAVES, A.; MARTINS, A.. Aplicabilidade da impressora 3D na prática médica contemporânea. Braz. J. Hea. Rev., Curitiba, v. 3, n. 1, p.620-625, jan./fev. 2020. ISSN 2595-6825. DOI: :10.34119/bjhrv3n1-050. MATOZINHOS, I.; MADUREIRA, A.; SILVA, G.; MADEIRA, G.; OLIVEIRA, I.; CORRÊA, C.. Impressão 3D: Inovações no Campo da Medicina. Revista Interdisciplinar Ciências Médicas, Minas Gerais, v. 1, n. 1, p. 143-162, 2017. CANEVAROLO Jr, S.V. Ciência dos Polímeros. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2006.

Palavras-chave: PETG, Irradiação, Impressão 3D, Materiais.

Trabalho 134**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** USO DO APLICATIVO SIR EM ESTIMATIVAS DE BLINDAGENS ÀS FONTES RADIOATIVAS EMISSORAS DE PARTÍCULAS BETA**Autor principal:** RHANYA MENDES DE ARAÚJO SILVA**Autores:** José Wilson Vieira; Fernando Roberto de Andrade Lima; Larissa Cristina Silva dos Santos**Instituição:** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco**Cidade-UF:** Recife-PE

A utilização da radiação ionizante em diversas áreas da atividade humana trás inestimáveis benefícios, mas requer cuidados e responsabilidades para minimizar riscos à saúde do homem e do meio ambiente. Daí a importância da proteção radiológica para monitorar e prevenir potenciais riscos associados às exposições a que estão submetidos ocupacionais e o público. Desde o início dos anos 2000, os autores membros do GDN (sigla usada para referenciar tanto o Grupo de Pesquisa em Dosimetria Numérica (CRCN-NE) quanto o Grupo de Pesquisa em Dosimetria Computacional e Sistemas Embarcados (IFPE)) têm desenvolvido aplicativos em C#, destinados a pesquisa e/ou ensino nas suas instituições. Neste artigo, um deles, o Sir (Shielding to Ionizing Radiations), é utilizado para calcular as blindagens necessárias a uma fonte de P-32 em uma solução aquosa. O P-32 é um emissor β - puro, com energia máxima de 1,710 MeV. A blindagem foi planejada tanto para elétrons quanto para fótons secundários que podem resultar do freamento dos elétrons. Como já informado em outras publicações dos autores sobre o Sir, esse aplicativo foi desenvolvido visando eficiência e rapidez em cálculos como espessuras de blindagens para proteção radiológica. Optou-se por apresentar a metodologia e os resultados do artigo num formato de algoritmo onde em cada passo é realizado o cálculo manual e o obtido com o aplicativo, até a estimativa final das espessuras das blindagens que irão controlar a exposição aos elétrons emitidos pelo P-32. Naturalmente, no Sir, podem ser usadas precisões mais finas e os seus resultados refletem melhor a estimativa desejada. Às vezes, alguma janela do aplicativo é mostrada para indicar a futuros usuários como realizar uma dada tarefa. O controle de cálculos e estimativas como as apresentadas para elétrons neste artigo, permitem aos autores construir simuladores de fontes radioativas baseadas em radionuclídeos, principalmente, os utilizados em medicina nuclear e dosimetria ambiental.

Referências bibliográficas: BUSHONG, S. C. Ciência Radiológica para Tecnólogos: Física, Biologia e Proteção. 1 ed. São Paulo: Elsevier Brasil, 2010. CNEN – COMISSÃO

NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Diretrizes básicas de radioproteção: recomendações e definições. CNEN-NN-3.01. CNEN, Rio de Janeiro, 2005. Resolução CNEN 114/2011 (Alteração do item 5.4.2.1). Publicação D.O.U. em 01.09.2011. FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS. Grupo de Dosimetria Numérica, 2022. Disponível em: <https://dosimetrianumerica.org/>. Acesso em: 09 de Agosto de 2024. HUBBELL, J.H. and Seltzer, S.M. Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2004. Disponível em: <http://physics.nist.gov/xaamdi>. Acesso em 10 de Agosto de 2024. OKUNO, E. Física das Radiações. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. STABIN, M. G. Introduction to Health Physics. Springer eBooks, p. 1–4, 1 jan. 2003. TAUHATA, L. Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos. 9 ed. Rio de Janeiro, IRD/CNEN, 2013. TURNER, J. E. Atoms, radiation, and radiation protection. Weinheim: Wiley-Vch, 2007.

Palavras-chave: Proteção radiológica, Blindagem a emissores beta, C#, Exposições a elétrons.

Trabalho 135**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radioterapia**Título:** Avaliação da Qualidade da Imagem do Equipamento de Mamografia no Hospital Central de Maputo (HCM)**Autor principal:** RITCHASSE MATEUS MALHANGO**Autores:****Instituição:** UEM**Cidade-UF:** Maputo Cidade

A mamografia é actualmente a principal técnica de rastreio duma patologia mamaria, sendo que para o melhor uso da mesma deve se ter o equipamento a operar nas melhores condições. Portanto para que haja garantia de que o equipamento está a operar nas melhores condições deve se fazer o controlo de qualidade (diário, mensal, semestral ou anual). Controlo de qualidade é um conjunto de ações planeadas e sistemáticas que visam garantir o funcionamento do serviço dentro dos padrões recomendados pelo órgão regulador (ANEA) que Regula o processo, por meio de medidas, do funcionamento e da qualidade, mantendo um serviço de alto padrão, oferecendo protecção radiológica ao paciente, ao trabalhador e ao público. Este trabalho teve como objectivo principal avaliar a qualidade de imagem no equipamento de Mamografia do HCM, no serviço de Radiologia Diagnóstico. Para a realização dos estudos foi utilizado um Kit de equipamento de controlo de qualidade, fornecido pela ANEA, um mamógrafo de HCM com um sistema de aquisição de imagem já preparado e um conjunto de testes recomendados pela AIEA ou pela comissão Europeia, onde foi possível realiza-se 8 testes dos quais obteve-se os seguintes resultados principais: 9,804 e 0,018 para Exactidão e Reprodutibilidade do tempo de exposição respectivamente; 190N e 200N para Força de Compressão; 0,00821 e 2,61 para Exactidão e reprodutibilidade da tensão do tubo respectivamente; 0,48 para a camada semi-redutora; 8,43 e 6,31 para Dose de entrada na Pele; 2,82 e 2,11 para Dose Glandular média; 3,45 para Reprodutibilidade e 3,45 para linearidade da taxa de kerma no ar e; para qualidade de imagem teve-se 4 para massa, 3,5 para microcalcificações e 5 para fibras em uma espessura de 4,5cm Por tanto dos resultados obtidos pode se verificar que equipamento de mamografia está a operar nas melhores condições estabelecidas pela AIEA, porém pode também ser verificado que para uma espessura acima de 7,5cm a qualidade de imagem diminui o que pode dificultar o diagnostico da patologia mamária, caso isso se verifique o médico radiologista pode direccionar o paciente a outros equipamentos de auxílio a mamografia tais como Ultrassom Mamário e Ressonância Mamária.

Referências bibliográficas: Alexandre, P. R. (2005). Radiodiagnóstico Médico: desempenho de equipamentos e segurança. Brasil: Anvisa. Alves, M. S. (2017). Cálculo de coeficiente de conversão de dose em tomossíntese mamária digital utilizando simulador antropomórfico adulto feminino e o código mcnp. Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Física. Brasil: Sergipe. Andreucci, R. (2019). Proteção Radiológica, Aspectos Industriais. São paulo: ABENDI. DOUGHERTY, G. (2009). Digital image processing for medical applications. Cambridge University Press. European Commission . (2006). European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and. Fatana, J. P. (2012). Medição dos níveis de referência em Mamografia. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa: FCT. Flores, M. B. (2017). Avaliação de placas de radiografia computadorizada para a geração de imagens de mama. Belo Horizonte: UFMG. Horizonte, 2. (2020). Cancro da mama matou cerca de 17 mil pessoas em Moçambique. O País. IAEA. (2007). Dosimetry in Diagnostic Radiology: An international Code of Practice. Vienna: International Atomic Energy Agency. IAEA. (2009). Quality Assurance Programme for Screen Film Mammography. Austria: International Atomic Energy Agency. IAEA. (2011). Quality Assurance Programme for Digital Mammography. Vienna: International Atomic Energy Agency. IBA Dosimetry GmbH. (2013). MagicMaX Universal. Schwarzenbruck, Germany: IBA . João Emílio Peixoto, E. C. (2007). Mamografia da prática ao controle. Rio de Janeiro: INCA. Jr., A. B. (2016). Técnicas Radiográficas (2 Edição ed.). Brasil: Rubio Ltda. Justino, P. d. (2022). Avaliação do efeito de próteses de silicone em um tratamento de radioterapia de mama utilizando simulação monte carlo. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG: Faculdade de Engenharia Elétrica. Kalaf, J. M. (Agosto de 2014). Mamografia uma história de sucesso e de entusiasmo científico. p. 2. Khan, F. M. (2014). The Physics of Radiation Therapy (5 ed.). Philadelphia, USA: commerce Square. Misau. (30 de Maio de 2022). misau. Obtido de www.misau.gov.mz: <https://www.misau.gov.mz/index.php/396-pais-registrou-perto-26-mil-novos-casos-de-cancro-em-2019> Nogueira, M. L. (2010). Nova Técnica de Imagem no Diagnóstico da Patologia Mamária-Tomossíntese Mamária. Politécnico Porto: ESTSP. Nunes, A. V. (2020). CONTROLE DE QUALIDADE EM MAMOGRAFIA DIGITAL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA. Florianópolis: Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus . Okuno, E., & Chow, I. L. (1982). Física para Ciências Ciológicas e Biomédicas. Brasil: HARBRA Ltda. Okuno, E., & Yoshimura, E. M. (2010). Física das Radiações. São Paulo: Oficinas se textos. Oliveira, G. S. (2019). Diagnóstico do Cancer de Mama e o Ensino de Tópicos de Física Moderna. Universidade Fideral de Sergipe, Física. Brasil: UFS. Oliveira, M. G. (2005). Avaliação e caracterização do espalhamento dos raios x em tecidos e simuladores mamográficos usando simulação de monte carlo. universidade Fideral do Rio de Janeiro. Brasil: COOPPE. Oliveira, M. M. (2019). Avaliação de ruído em perfil de imagens mamográficas. Uberlândia: UFU. Oliveira, R. P. (2017). Aplicação e da Energia Nuclear na Saúde. IAEA: São Paulo. Radioproteção, S. (06 de 05 de 2018). Safety. Obtido em 27 de Maio de 2023, de safetyrad.com: <https://safetyrad.com/2018/05/06/voce-sabe-comecou-mamografia> Santos, S. A. (2021). Percepção do Cancro da Mama e Comportamentos Preventivos Entre Portuguesas e Brasileiras com Ausência da Doença. Portugal: Instituto Piaget. Silva, F. A. (Fevereiro de 2017). Programa Estadual de Controle de Qualidade em Mamografia – PECQMamo. (L. d., Ed.) nstrutivo do Programa Estadual de Controle de

Qualidade em Mamografia, 37. Silva, J. A. (2019). Atualização em Mamografia para técnicos em radiologia. (C. Dieguez, Ed.) Instituto Nacional de Câncer: INCA. Tauhata, L., Salati, I., Prinzi, R. D., & Di, A. R. (2013). Radioproteção e Dosemetria: Fundamentos. Rio de Janeiro: IRD/CNEN. Tinti, J. d. (2018). Estudo por simulação de Monte Carlo de Imagens geradas por radiação espalhada. Universidade de São Paulo, Física. Brasil: FFCLRP. Ventura, J. P., & Rua, S. M. (Maio de 2016). Qualidade de imagem em mamografia: apresentação do músculo grande peitoral na incidência oblíqua médio-lateral. Saúde & Tecnologia, p. 6. Xavier, A. C., Barros, V. S., Mello, F., & Khoury, H. J. (2014). Avaliação da Dose Glandular Média em sistemas Digitais e Convencionais em Mamografia. Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica, 12.

Palavras-chave: Cancro de Mama; Avaliação de qualidade em Mamografia; Dosimetria

Trabalho 136**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Desenvolvimento de radiofármacos**Título:** Desempenho de partículas de biopolímeros contendo iodo 131 como formulação inovadora para aplicações em Medicina Nuclear**Autor principal:** KARINE ROCHA RAMOS DA SILVA**Autores:** FELLIPE SOUZA DA SILVA, ROGÉRIO CHAFFIN NUNES, ANTONIO PEDRO JUNIOR, JOSÉ CARLOS COSTA DA SILVA PINTO, LUCIANA CARVALHEIRA**Instituição:** Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/CNEN)**Cidade-UF:** Rio de Janeiro- RJ

Este artigo aborda o desenvolvimento de uma formulação inovadora para encapsulamento do radiofármaco Iodo-131, utilizando biopolímeros para aplicações em Medicina Nuclear, com foco no tratamento do câncer de tireoide. A motivação para este estudo advém das limitações dos métodos tradicionais de administração de Iodo-131, como a ingestão de comprimidos ou soluções líquidas, que apresentam desafios significativos em termos de segurança e eficácia. A abordagem proposta envolve o uso de partículas de biopolímeros, que permitem a encapsulação controlada do radiofármaco. As partículas foram testadas em quintuplicata utilizando iodo não radioativo na fase inicial (etapa a frio) e, posteriormente, com Iodo-131 (etapa a quente). Os resultados demonstraram eficiência acima de 90% no encapsulamento do iodo, com destaque para as partículas produzidas com adição de complexante. No entanto, observou-se que a presença de complexante causava entupimento das agulhas durante a produção, levando à sua exclusão na formulação final. A técnica desenvolvida mostrou-se promissora, com potencial para otimizar o processo de administração do radiofármaco, reduzindo os riscos de exposição à radiação e aumentando a precisão terapêutica. A combinação de inovação tecnológica com princípios de sustentabilidade reforça a aplicabilidade dessa solução no mercado emergente de radiofármacos, especialmente no contexto brasileiro. Futuras pesquisas incluirão testes in vitro e in vivo para validação adicional da eficácia e segurança do encapsulamento de Iodo-131 utilizando biopolímeros.

Referências bibliográficas: [1] LIMA, Luiza et al. Análise do efeito da iodoterapia na função salivar em pacientes portadores de câncer da tireoide, Santa Catarina, 2014. [2] BARRETO, Waldemir. Promulgada emenda que quebra monopólio sobre produção de radioisótopos. Agência Senado, 26 abri.2022. (<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/04/26/promulgada-emenda-que->

quebra-monopolio-sobre-producao-de-radioisotopos). Acesso em:14 ago.2024. [3] BENNACEF, Chanez et al. Advances on alginate use for spherification to encapsulate biomolecules. *Food Hydrocolloids*, v. 118, p. 106782, 2021. [4] GADZIŃSKI, Piotr et al. Ionotropic Gelation and Chemical Crosslinking as Methods for Fabrication of Modified-Release Gellan Gum-Based Drug Delivery Systems. *Pharmaceutics*, v. 15, n. 1, p. 108, 2023. [5] SGOUROS, George et al. Radiopharmaceutical therapy in cancer: clinical advances and challenges. *Nature reviews Drug discovery*, v. 19, n. 9, p. 589-608, 2020. [6] PAYOLLA, Filipe Boccato; MASSABNI, Antonio Carlos; ORVIG, Chris. Radiopharmaceuticals for diagnosis in nuclear medicine: a short review. *Eclética Química*, v.44, n. 3, p. 11-19, 2019.

Palavras-chave: Iodo 131, Encapsulamento, Partículas, Biopolímero, Câncer de Tireoide.

Trabalho 137**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Segurança de fontes e gestão de rejeitos**Título:** Avaliação da Proteção Radiológica em Instalações de Armazenamento de Fontes Radioativas: Moçambique e Angola**Autor principal:** RICARDO PEDRO MUSSICA**Autores:** Alfredo Lopes Ferreira Filho**Instituição:** Agencia Nacional de Energia Atomica**Cidade-UF:** Maputo -Mocambique

Avaliação da Proteção Radiológica em Instalações de Armazenamento de Fontes Radioativas: Moçambique e Angola

Introdução A proteção radiológica em instalações de armazenamento de fontes radioativas é fundamental para garantir a segurança de trabalhadores, a saúde pública, a segurança do país e a proteção do meio ambiente, considerando os efeitos nocivos das radiações ionizantes. Em países como Moçambique e Angola o tema constitui um grande desafio, existindo empenho por parte dos governos e das autoridades reguladoras para garantir que as normativas sejam cumpridas. Fundamentos

A proteção radiológica baseia-se em princípios fundamentais estabelecidos por organizações internacionais como a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP). Para instalações de armazenamento de fontes radioativas, é essencial garantir que as doses recebidas pelos trabalhadores e pelo público sejam mantidas tão baixas quanto razoavelmente possível (ALARA) e dentro dos limites regulamentares. Materiais e Métodos

Para a realização deste estudo foram visitadas instalações em Moçambique que possuem armazéns de fontes radioativas, sendo três (3) de gamagrafia industrial e sete (7) de medidores nucleares fixos e móveis. O estudo foi conduzido em Moçambique através de protocolos específicos para coleta de dados dos armazéns avaliados. Em Angola o estudo foi conduzido através de levantamentos bibliográficos publicados a respeito do assunto. Resultados

A avaliação revelou que Moçambique e Angola possuem medidas básicas de proteção radiológica implementadas, embora com diferenças significativas na sua aplicação. Em ambos os países, embora as medidas de proteção radiológica estejam em vigor e ambos empreendem esforços para resolver a questão das fontes radioativas, foram identificadas oportunidades de melhorias com relação a Contenção, Blindagem, Armazenamento, Controle de Acesso, Procedimentos de Segurança, Equipamentos de Monitoramento, Condições Ambientais e Controle de Registros. A revisão bibliográfica feita a partir de Angola mostra que existe a necessidade de implementação de projetos para adequar as questões da radiação ionizante no país, além das medidas já implementadas pela Autoridade Reguladora de Energia

Atômica de Angola – AREA junto ao Ministério de Energias e Águas de Angola. Conclusão A avaliação da proteção radiológica em Moçambique e Angola demonstra um comprometimento com a segurança radiológica dos países, além de evidenciar a necessidade de implementação de projetos para resolver as questões levantadas. A correção dessas não conformidades é essencial para garantir a segurança das operações e a conformidade com as regulamentações aplicáveis, além de garantir a saúde pública, a segurança radiológica e física e o meio ambiente dos dois países. O estudo destaca a importância de um suporte contínuo governamental para que esses países possam alcançar e manter altos padrões de proteção radiológica em suas instalações de armazenamento de fontes radioativas.

Referências bibliográficas: 1. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ATÓMICA, Lei no 8/2017, Lei de Energia Atômica, Maputo, 21 de Julho de 2017. (<http://faolex.fao.org/docs/pdf/moz184079.pdf>); 2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA Safety Standards. Storage of radioactive waste IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. WS-G-6.1, Vienna (2006). 3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY: Management of Disused Sealed Radioactive Sources, IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-1.3, Vienna (2014) 4. Domingos Cordeiro¹, José Manuel Muambongue², Hector Manuel Fernández Núñez³, Pedro Claude Nsungani⁴ - TEORES DOS RADIOELEMENTOS DE POTÁSSIO, URÂNIO, TÓRIO E A AVALIAÇÃO DA DOSE ANUAL DA RADIAÇÃO DO CARBONATITO DE LONGONJO – HUAMBO - SW DE ANGOLA, RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218 v.4, n.9, 2023 5. Quinzeca, D. C. (2012) – Distribuição de elementos radioactivos em depósitos sedimentares. Caso de estudo do delta do Catumbela, Lobito-Angola, Universidade de Coimbra 6. LNMRI - LABORATÓRIO NACIONAL DE METROLOGIA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES. Grandezas e Unidades para Radiação Ionizante: Recomendações e definições. [S. l.]: LNMRI, 2002.

Palavras-chave: Avaliação de conformidade, Proteção radiológica, Armazenamento de fontes radioativas

Trabalho 138**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Formação de recursos humanos**Título:** Affinity groups impact on organizational culture and workplace environment for black women in the nuclear sector in Brazil**Autor principal:** LUCIANA CARVALHEIRA**Autores:** Barbara Junqueira dos Santos; Nicéa Carvalho dos Santos Barreto; Anna Leticia Barbosa de Sousa; Geórgia Santos Joana; Ketrin Regina Souza; Mara Solange da Silva Amaral**Instituição:** Instituto de Engenharia Nuclear**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - Cidade Universitária

Understanding the impacts of affinity groups on organizational culture and the personal development of professionals can provide valuable insights for implementing more inclusive policies and practices in a sector and strengthen the image of institutions by demonstrating the ability to renew. Governments, financial institutions, and investors are increasingly interested in supporting organizations committed to the diversity and the inclusion theme, seeing it as an indication of solid and responsible management. Furthermore, diversity can lead to greater company innovation and financial performance. As observed in previous studies, the presence of affinity groups has been associated with increased job satisfaction, productivity, and group cohesion. Within this context, the MunaN (Collective of Black Women in the Nuclear Sector) was established as an effective strategy to encourage black women to stand out and reach their full technical and scientific potential in STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) fields related to the nuclear sector in Brazil. Since its creation, MunaN has dedicated itself to actions such as racial literacy, establishment of a networking involving public and private institutions, gathering diversified professional and academical formation, ages, position, soft, hard, and power skills that contribute to empower MunaN's members participation and leadership in the nuclear field in Brazil. This article aims to investigate the impact of the MunaN's collective in the nuclear sector in Brazil. By using a qualitative approach, this work analyzes how participation in MunaN can positively contribute to the development of professional career, leadership, self-esteem, confidence, and a sense of belonging for black women in their workplace. A form with seven questions was filled and qualitative data collected from 19 survey answers indicate that lack of representation is a significant barrier. Only four participants mentioned having had a black female manager, which may discourage young black women from entering the sector, since career advancement opportunities do not seem clear. In contrast, the few participants who currently hold

management positions report a perception of excessive pressure, with high demands for study and work to overcome challenges and prejudices in the professional and academic environment. Participants consider the most effective actions of MunaN's affinity group are training workshops (78.9%), networking events (73.7%) and the dissemination of inclusion policies (78.9%). These activities are seen as essential for professional development and the promotion of inclusion, highlighting the importance of training and networking opportunities for career advancement. This survey also reveals that this collective has been fundamental in providing an environment of support, networking and exchange of experiences. In conclusion, MunaN contributes to the promotion of diversity and inclusion, offering opportunities for professional development and encouraging the representation and appreciation of black women. From the complementary results of this work, a guideline will be developed for the nuclear field to encourage and support black women, aiming at strengthening networks and developing leadership. In this way, institutions will be able to achieve the benefits of diversity and inclusion, both at the individual level and in the organization's overall performance.

Referências bibliográficas: SILVA, T. C. A. Tudo que nós tem é nós: o grupo de afinidade racial e o ato de aquilombar-se no Centro Administrativo Sicredi pelo olhar de pessoas pretas. 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br>. Acesso em: 15/07/2024. FREITAS FERREIRA, G. Análise das estratégias de Employer Branding em relação às políticas de estímulo à diversidade étnico-racial das melhores empresas do Brasil. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br>. Acesso em: 01/07/2024. MOREIRA, N. M. Minha cor, minha existência: vivências de sofrimento psíquico de pessoas negras, um olhar fenomenológico. 2024. Disponível em: <https://rlbea.unb.br>. Acesso em: 20/06/2024. FERREIRA, T. B. Um olhar do presente para fortalecer o nosso futuro: mulheres negras no mercado de tecnologia brasileiro. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br>. Acesso em: 15/07/2024. BARBOSA, A. A. Brechas nas trilhas do cuidado: experiências de profissionais da Atenção Primária à Saúde sobre o cuidado às mulheres em situação de violência por parceiros. 2023. Disponível em: <https://arca.fiocruz.br>. Acesso em: 15/07/2024. COSTA, T. S. Sentidos do trabalho para mulheres negras atendidas em um centro de referência de assistência social. 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br>. Acesso em: 01/07/2024. VALENTE, T. B. Transformações nas práticas profissionais em publicidade: como qualificar o trabalho neste campo de atuação? 2023. Disponível em: <https://meriva.pucrs.br>. Acesso em: 20/06/2024. RAUL, J. M. Pedagogias negras entre o ser, o fazer e o escrever. 2023. Disponível em: <https://bdtd.uerj.br>. Acesso em: 15/07/2024. AMATO, L. Diversidade e inclusão: e suas dimensões. 2022. Disponível em: <https://books.google.com>. Acesso em: 20/06/2024. SCHUTZ, L. S. O que é ser residente?: afinidades e diferenças nos Programas de Residência Multiprofissionais de Saúde Mental do Sul e Sudeste do Brasil. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br>. Acesso em: 01/07/2024. BARBOSA, G. O.; NUNES, J. M.; SÁ, M. R.; GONÇALVES, S. Consultoria de recursos humanos no ramo de negócios de manutenção de eletroeletrônicos – com foco na inclusão de mulheres. 2023. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br>. Acesso em: 01/07/2024. SANTOS, M. L. L. Corpo ocupado, território explorado: diversity washing nas políticas de gênero das empresas de mineração em Minas Gerais. 2024. Disponível em:

<https://monografias.ufop.br>. Acesso em: 20/06/2024. BIROLI, F.; VAGGIONE, J. M.; MACHADO, M. D. C. Gênero, neoconservadorismo e democracia: disputas e retrocessos na América Latina. 2020. Disponível em: <https://books.google.com>. Acesso em: 15/07/2024. PISCITELLI, T. S.; CASTILHOS, N. N. A. O.; CÂMARA, A. L. B. Reforma tributária e desigualdade de gênero. 2023. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br>. Acesso em: 15/07/2024. XAVIER, K. F. A diversidade de gênero na gestão do IF Sudeste MG: uma proposta de incentivo às carreiras das servidoras. 2023. Disponível em: <https://app.uff.br>. Acesso em: 20/06/2024. THORSTENSEN, V. H.; MATHIAS, M. I. C. OCDE e o investimento verde. 2021. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br>. Acesso em: 20/06/2024. SILVA, C. N. Famílias homoparentais: percepções sobre o reconhecimento e a integração em escolas do Agreste Pernambucano. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br>. Acesso em: 15/07/2024. BASTOS, A. S. O autogerenciamento da carreira da mulher servidora pública: um estudo com servidoras do Ifes. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br>. Acesso em: 01/07/2024. VIANA, H. M. M. O nexa água-energia-alimento (FEW Nexus) e a promoção do desenvolvimento sustentável na agricultura familiar através da governança em rede. 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br>. Acesso em: 15/07/2024. PACHECO HUGUENIN, F. ... de estar fazendo manifestação pra nada”: a luta das marisqueiras de Farol de São Thomé, RJ–Brasil contra estereótipos de gênero em políticas públicas. 2024. Disponível em: <https://search.ebscohost.com>. Acesso em: 01/07/2024. LIMA, A. P. (Rev Psiq Clín). Diversidade e inclusão: e suas dimensões. 2010. Disponível em: <https://revista.psiqclin>. Acesso em: 20/06/2024.

Palavras-chave: Black women; affinity groups; workplace environment; nuclear sector

Trabalho 139**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Medicina Nuclear**Título:** Application of Linear Regression Techniques and Development of an Application for Prescribing Activities in Veterinary Nuclear Medicine**Autor principal:** MONALIZA DE OLIVEIRA ALMEIDA**Autores:** Carlos Henrique Simões de Sousa, José Guilherme Pereira Peixoto**Instituição:** INMETRO**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO

This article was based on a master's thesis that presents the development and validation of the "Meilli" application, an innovative tool aimed at prescribing radiopharmaceutical activities in Veterinary Nuclear Medicine. The application, developed in Python using the Tkinter library, operates as a dose calculator, customized for different species, based on body mass and coefficients obtained by linear regression. Three groups of species were considered: dogs, wild felines, and domestic cats, for which statistical analyses of standard deviation and uncertainty of the calculated activities were performed. The results indicate that, while the activity remains constant for domestic cats, dogs, and wild felines present variation in activity as body mass increases, with the standard deviation and uncertainty increasing at higher weights, especially for dogs. This variability reflects the importance of a personalized approach in prescribing doses in NVM since the health status and particularities of each species must be considered. The study reinforces the need for continuous validation of the equations used, as well as the importance of considering other clinical factors in the application of the calculated activities. The "Meilli" stands out as a practical and efficient tool for NVM professionals, offering greater precision in the administration of technetium-99m (^{99m}Tc) doses, with the potential for future inclusion of other radionuclides.

Referências bibliográficas: ALEXANDRE, D.; BONIFÁCIO, B. IRDose: Ferramenta web de Dosimetria Individualizada Baseada no Método de Monte Carlo para Pacientes em Terapias com ^{177}Lu . [2019]. ALMEIDA, M. O. et al. Congresso Brasileiro das Radiações Ionizantes Determinação das Incertezas das Medições de um Detector Capacitado Portátil. [2020]. ALMEIDA, M. O. et al. Congresso Brasileiro das Radiações Ionizantes EGSnrc HVL Evaluation of Barite Mixtures. [2021]. ALMEIDA, M. O. et al. Tc-99m Doses In Wild Felines, Dogs And Cats: A Comprehensive Review. [2023]. ATTIX, F. H. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, 19 nov. 1986. AURÉLIO DE SOUSA LACERDA, M.;

AUGUSTO DA SILVA, T.; HEEREN DE OLIVEIRA, A. Avaliação da CSR em radiologia diagnóstica. Radiol Bras. [S.l.: s.n.]. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 611, de 2022**. Dispõe sobre os requisitos técnicos para a regularização de produtos de terapia gênica no Brasil. Brasília, DF, 2022. Disponível em: \. Acesso em: 13 fev. 2024. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Norma CNEN NN 3.01: Requisitos de segurança e proteção radiológica para instalações radiativas**. Rio de Janeiro, 2014. COMUNICAÇÃO - CFMV. Disponível em: \. Acesso em: 20 set. 2023. DE ARAÚJO, E. B. et al. Garantia da qualidade aplicada à produção de radiofármacos. Re-vista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v. 44, n. 1, p. 1–12, 2008. DO COUTO, F. M.; DA SILVA, J. F. Use of the Python Uncertainties Module in the calculation of experimental uncertainties of the potential difference and electric current of an experimental prototype. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 43, p. 1–6, 2021. DO NASCIMENTO, Bruno L.D. et al. A utilização e a relevância multidisciplinar da fluorescência de raios X. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, nº 4, e4308 (2017) www.scielo.br/rbef DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0089> DO NASCIMENTO, E. T. et al. Evaluation of the Radioprotection Documentation of a Veterinary Imaging Diagnosis Center in Rio de Janeiro City. [2023]. EGSnrc: software para simulação Monte Carlo de radiação ionizante - NRC Publications Archive - Canada.ca. Disponível em: \. Acesso em: 20 ago. 2021. DO NASCIMENTO, M.R.; PEIXOTO, J. P. Monte Carlo Method and Their Codes Applied to Ionizing Radiation. [2023]. GARCIA, I. F. M. Desenvolvimento de modelo conceitual com software de aplicação para gestão da qualidade e calibração 4.0. [2024]. FOGAÇA, J. L. et al. Principais Procedimentos de Medicina Nuclear Aplicados em Veterinária. [S.d.]. GOOGLE COLAB: o que é, como usar e criar códigos | Alura. Disponível em: \. Acesso em: 17 abr. 2023. SOUSA, C. H. S. Desenvolvimento e Implementação de um Serviço de Medicina nuclear veterinário exclusivo para equídeos. [2022]. INFORMAÇÕES GERAIS DO SETOR | ABINPET. Disponível em: \. Acesso em: 20 set. 2023. IVNMA (ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE MEDICINA NUCLEAR VETERINÁRIA). Diretrizes para Administração de Radiofármacos em Animais. [2022] LEITE FOGAÇA, J. et al. Descrição dos Procedimentos de Cintilografia Pulmonar em Seres Humanos e em Animais Domésticos: Revisão de Literatura. Colloquium Agrariae, v. 13, n. Especial 2, p. 142–150, 1 jun. 2017. MACEDO, E.M. Interlaboratorial Em Termos De Kerma No Ar Para Radiologia Diagnóstica, Com Base Na Tecnologia Digital Twin. [2024]. MARCUS VINÍCIUS TEIXEIRA NAVARRO, 2022. Sistemas de Proteção Radiológica. Disponível em: \. Acesso em: 12 jun. 2022. MENZEL, H. G. The International Commission on Radiation Units and Measurements. Journal of the ICRU, v. 10, n. 1, p. 1–106, 2010. NAVARRO, MVT. Sistemas de proteção radiológica. In: Risco, radiodiagnóstico e vigilância sanitária. Salvador: EDUFBA, 2009, pp. 77-84. ISBN 978-85-232-0924-7. Available from SciELO Books . OLIVEIRA, K. P. et al. Proposta de Tecnologias Assistivas em um Laboratório Metrológico para Deficientes Visuais. [2023]. OLIVEIRA, R. et al. Preparações Radiofarmacêuticas e Suas Aplicações. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 42, n. 2, 2006. OPUS, Pesquisa. Análise de Correlação. Disponível em: . Acesso em: 17 fev. 2024. PESQUISA RADAR PET: Brasil Conta com a Segunda Maior População Pet do Mundo | SINDAN.

Disponível em: \. Acesso em: 20 set. 2023. QUESTIONPRO. Coeficiente de Correlação de Spearman. Disponível em: . Acesso em: 17 fev. 2024. SNMV (SOCIEDADE DE MEDICINA NUCLEAR VETERINÁRIA). Guia para Dosimetria de Radiofármacos em Animais [2023]. SOUSA, C. H. S.; RAIMUNDO, ; Mapeamento das Taxas de Dose em Veterinário Exclusivamente para Equinos. [2022]. TAUHATA, L. et al. Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos Instituto de Radioproteção e Dosimetria Comissão Nacional de Energia Nuclear. [2014]. VASCONCELOS, R. et al. Evaluation of the Influence on the Variation of the Mixture of Sand, Cement and Barium Sulphate in the Ionizing Radiation Attenuation Result. [S.l.: s.n.]. Visão da Medicina Nuclear Veterinária: Um Olhar para o Futuro. Disponível em: \. Acesso em: 25 abr. 2023. Vista do Método de Monte Carlo: Princípios e Aplicações em Física Médica. Disponível em: \. Acesso em: 20 ago. 2021. Welcome to Python.org. Disponível em: \. Acesso em: 17 abr. 2023.

Palavras-chave: Veterinary Nuclear Medicine, Technetium-99m, Linear Regression, Dose Application, Metrology 4.0, Standard Deviation, Uncertainty

Trabalho 140**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Medicina Nuclear**Título:** Use of Metrology 4.0 Technologies for Intercomparison of Activimeters in Nuclear Medicine**Autor principal:** MONALIZA DE OLIVEIRA ALMEIDA**Autores:** Wilson Souza Melo Jr, Carlos Henrique Simões de Sousa**Instituição:** INMETRO**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO

Nuclear Medicine (NM) is essential for the diagnosis and treatment of several diseases, using radionuclides that require precise measurements to ensure the efficacy and safety of procedures. The activimeter, an essential device for measuring the activity of administered radionuclides, faces significant challenges with traditional verification and intercomparison methods, which are laborious and prone to errors due to the absence of a digital interface. The lack of a well-established standard for calibration and intercomparison results in variations and can compromise the reliability of measurements (SOUSA, 2022). The concept of Metrology 4.0, which incorporates advanced digital information extraction technologies, presents a set of promising tools to address this problem (ANDONOV & CUNDEVA-BLAJER, 2018). This article proposes to develop and implement a set of innovative methods for the intercomparison of activimeters in Nuclear Medicine, using technologies that explore the use of Artificial Intelligence (AI) for information extraction, such as smart sensors and computer vision, as well as the reliable management of this information using blockchains and cloud computing. The main objective is to improve the management, reliability, and efficiency. The research investigates several models of measuring instruments (in this case, activimeters) and information extraction techniques based on measurements, including radiation, temperature, pressure, positioning, and optical sensors, including computer vision systems. The set of materials and methods involves the installation and calibration of information extraction systems, simultaneous data collection in different activimeters, development, and training of AI-based classification systems, and validation of the results by comparing them with historical data. Regarding the management of the collected information, it is proposed to use blockchain to constitute a mechanism for secure storage of information, automation of intercomparison processes and independence of a trusted third party for the management of these processes. The implementation of the proposed methods could lead to a revolution in the process of an intercomparison of activimeters, providing significant improvements in the reliability of measurements and the safety of results. The integration of a digital system for information

extraction, monitoring, and intercomparison in real-time can optimize equipment management, improve the quality of Nuclear Medicine services, and reduce operating costs. The innovative approach thus consists of a promising alternative to overcome the limitations of traditional methods and ensure more accurate and reliable measurements.

Referências bibliográficas: Andonov, S.; Cundeve-Blajer, M. Calibration for Industry 4.0 Metrology: Touchless Calibration. *Journal of Physics: Conference Series*, 1065, 072019 (2018). DOI: 10.1088/1742-6596/1065/7/072019 BIPM - Bureau International des Poids et Mesures, 2012. *Vocabulário internacional de metrologia – Conceitos básicos e gerais e termos associados (VIM) 3*. Paris, França: BIPM. Duan ., Da Xu, . *Análise de dados na Indústria 4.0: Uma pesquisa*. *Frente Inf Syst* (2021). <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10190-0> Fluke Corporation, 2008. *Calibração: Filosofia na Prática 2*. EUA: Fluke Corporation. Fórum Econômico Mundial, 2018a. *A nova força de trabalho produtiva: respondendo às mudanças nas demandas trabalhistas*. Genebra, Suíça: Livro Branco, Fórum Econômico Mundial. Fórum Econômico Mundial, 2018b. *Impulsionando a Sustentabilidade dos Sistemas de Produção com a Inovação da Quarta Revolução Industrial*. Genebra, Suíça: Livro Branco, Fórum Econômico Mundial. Garcia, I. F. M., 2024. *Desenvolvimento de modelo conceitual com software de aplicação para gestão da qualidade e calibração 4.0*. Programa de Pós-Graduação Doutorado em Radioproteção e Dosimetria Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Macedo, E. M., 2024. *Interlaboratorial Em Termos De Kerma No Ar Para Radiologia Diagnóstica, Com Base Na Tecnologia Digital Twin*. Programa de Pós-Graduação Doutorado em Radioproteção e Dosimetria Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Pacífico, L. C., 2023. *Desenvolvimento de um sistema de dosimetria ocupacional virtual para ambientes intervencionistas*. Programa de Pós-Graduação Doutorado em Radioproteção e Dosimetria Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Schroeder, C., 2016). *Os Desafios da Indústria 4.0 para Pequenas e Médias Empresas*. Bonn, Alemanha: Friedrich-Ebert-Stiftung. Sousa, C. H. S., 2022. *Desenvolvimento e Implementação de um Serviço de Medicina nuclear veterinário exclusivo para equídeos*. Programa de Pós-Graduação Doutorado em Radioproteção e Dosimetria Instituto de Radioproteção e Dosimetria.

Palavras-chave: Nuclear Medicine, Activimeters, Metrology 4.0, Artificial Intelligence, Information extraction, Smart Sensors

Trabalho 141**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Medicina Nuclear**Título:** Implementation of a veterinary nuclear medicine service exclusive for equines**Autor principal:** MONALIZA DE OLIVEIRA ALMEIDA**Autores:** Sousa, C.H, Veiga, C.E.M; Raimundo, B.P.S; Alves, C.E.G.R; Barroso, A.A; Peixoto, J.G.P**Instituição:** INMETRO**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO

The author describes the development for the implementation of a veterinary nuclear medicine service dedicated to equines, starting with the physical design and calculation of the absorbing barriers. The work makes its complexity and multidisciplinary evident by presenting the physical and documentary needs to obtain the authorization for operation granted by governmental organs. Over the years, veterinary medicine has grown technologically with new diagnostic techniques and modalities. This work presents the entire process of implantation and licensing of the first nuclear service exclusively for equines, becoming the pioneer of this diagnostic modality in Latin America. Based on national and international standards used in human medicine, this private facility was authorized to operate with unsealed radionuclides for “in vivo” veterinary use. A description of the constructive, administrative, technical and radioprotection details is the object of this text, which at the end, of discussion to be discussed by Organs standardizing bodies for the elaboration of a specific standard for this diagnostic modality.

Referências bibliográficas: Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, 2002. Resolução – RDC no 50, de 21 de fevereiro de 2002, Brasil. Australian Radiation & Protection and Nuclear Safety Agency - ARPANSA, 2009. Code of Practice and Safety Guide for Radiation Protection in Veterinary Medicine, Australia. Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, 2013. CNEN NN 3.05 - Requisitos de segurança e proteção radiológica, Brasil: Comissão Nacional de Energia Nuclear. Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, 2019. CNEN NN 6.02 - Licenciamento de instalações radiativas, Brasil. Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, 2014. CNEN NN 8.01 - Gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação, Brasil. Didierlaurent, D., Audigié, F. & Denoix, J.M., 2005. Measurements of external radiation of staff during and after bone scintigraphy in horses and evaluation of generated waste contamination. *Revue de Medecine Veterinaire*, 156(6), pp.311–315. Donohoe, A. et al., 2003. Procedure Guideline for Bone Scintigraphy version 3.0, approved June 20, 2003, Reston, VA. Gatherer, M.E.,

Faulkner, J. & Voûte, L.C., 2007. Exposure of veterinary personnel to ionising radiation during bone scanning of horses by nuclear scintigraphy with ^{99m}technetium methylene diphosphonate. *Veterinary Record*, 160(24), pp.832–835. International Agency Atomic Energy - IAEA, 2006. *Nuclear Medicine Resources Manual*, Viena. Machado, M.A.D. et al., 2011. Revisão : radioproteção aplicada à Medicina Nuclear Review : radioprotection applied in Nuclear Medicine. *Medicina*, 4(3), pp.47– 52. Whitelock, R.G., 1997. Radiation hazards from horses undergoing scintigraphy using ^{99m}Tc. *Veterinary Record*, 29, pp.26– 30.

Palavras-chave: radionuclides, equine, scintigraphy, diagnostic.

Trabalho 142**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Sistema automático de detecção de radiação em material particulado para uso em VBTP para DQBRN**Autor principal:** MAGDIEL RODRIGUES DA CONCEIÇÃO**Autores:** Wallace Vallory Nunes, Paulo Cezar Rocha Silveira, Ary Machado Azevedo**Instituição:** Instituto Militar de Engenharia (IME)**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

A Viatura Blindada de Transporte Pessoal (VBTP) Guarani é um dos principais veículos de mobilidade de tropas do Exército Brasileiro sendo empregada em diversas operações militares. Sendo assim, contribuir em sua modernização pode ampliar a segurança dos tripulantes e favorecer a melhores condições operacionais, inclusive em cenários de acidentes e/ou incidentes envolvendo a dispersão de elementos radioativos e nucleares. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo determinar a aplicação do detector cintilador NaI(Tl) em amostras de solo em ambiente controlado que simule terrenos onde a VBTP atua. O sistema de detecção é modular e deve ser incorporado nas viaturas destinadas a operações de Defesa Química Biológica Radiológica e Nuclear (DQBRN). O detector utilizado foi o SpiR-ID e a leitura das amostras foi feita utilizando um sistema composto de rodas descartáveis e fixados em uma haste, que juntos simulam o sistema modular e aderem os elementos particulados presentes no solo. Para tanto, foram feitas três medidas de amostras de solo com a presença de elementos radioativos NORM. Devido à baixa atividade radiativa das amostras coletadas elas apresentaram-se indetectáveis pelo sistema utilizado; porém ao aumentar a quantidade de solo a mesma foi detectada pelo SpiR-ID, apresentando um espectro característico do elemento tório. Sendo assim, os resultados indicam que o sistema desenvolvido foi capaz de detectar elementos radioativos dispersos no solo, dependendo de atividade.

Referências bibliográficas: KNOLL, G. F. Radiation Detection and Measurement, 4th edition, USA, Jhon Wiley and sons, 2010. DIRETÓRIO DE MANUAIS. Manual do usuário Mirion Technologies SpiR-ID. Disponível em: <https://www.manualsdir.com/manuals/338025/mirion-technologies-spir-id.html>. Acesso em 10 de junho de 2024.

Palavras-chave: VBTP, DQBRN, SpiR-ID, NaI(Tl).

Trabalho 143**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Avaliação da taxa do equivalente de dose ambiente, $H^*(d)$, em uma mina de urânio em descomissionamento**Autor principal:** LUCAS DANIEL CUNHA DE PAULA**Autores:** Leila Rodrigues de Araújo, Rubens Martins Moreira, Cláudio José Chagas**Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear**Cidade-UF:** Belo Horizonte-MG

A radioatividade ambiental natural é a principal fonte de exposição à radiação ionizante para os seres humanos. As principais fontes incluem os raios cósmicos e os radioisótopos naturais associados ao decaimento do ^{40}K , ^{238}U e ^{232}Th (IAEA, 1990). Em ambientes externos, a detecção de níveis elevados de radiação gama requer a realização de estudos mais aprofundados para uma investigação detalhada da situação (Júnior et al., 2017). O Complexo Minerário-Industrial de Caldas, localizado no estado de Minas Gerais, desenvolveu atividades de lavra, beneficiamento e tratamento do minério de urânio extraído da mina Osamu Utsumi entre 1982 e 1995 (Nobrega et al., 2008). Embora as atividades estejam em fase de descomissionamento, a região pode apresentar altos níveis de radioatividade devido à presença de radionuclídeos. Nesse caso, torna-se importante realizar avaliações da taxa do equivalente de dose ambiente, $H^*(d)$, para investigar os níveis de radiação local em relação aos padrões de segurança pré-estabelecidos por entidades reguladoras. Dessa forma, este estudo objetiva apresentar uma análise estatística descritiva da taxa do equivalente de dose ambiente em áreas influenciadas pelos radionuclídeos. A varredura radiométrica foi realizada em duas áreas de interesse na mina, denominadas de Asa da Andorinha (ASA) e Praia Oposta (POP), utilizando o espectrômetro portátil ATAS Scanner AT6101C, que fornece a taxa do equivalente de dose ambiente por hora (microsievert - $\mu\text{Sv/h}$) (Paula, 2023) e, posteriormente, foram convertidos para a unidade mSv/ano (milisievert por ano). Após a conversão, os dados foram submetidos à análise estatística descritiva utilizando a linguagem de programação R (4.3.1) com o objetivo de verificar o comportamento dos dados. A distribuição dos dados de taxa do equivalente de dose ambiente para as áreas de estudo foi verificada pelo teste de hipótese Shapiro-Wilk. Isso foi realizado para avaliar o grau de concordância entre as populações de dados e a hipótese nula (H_0), estabelecida pelo teste como condição para uma distribuição normal. Os resultados preliminares obtidos para mínimos e máximos absolutos variaram de 1,52 a 28,86 mSv/ano, com média aritmética de 13,96 mSv/ano \pm 6,19, e mediana de 15,08 mSv/ano na região ASA, e mínimos e máximos absolutos de 3,33 a 35,98 mSv/ano, com média aritmética de 14,83

mSv/ano \pm 9,93, e mediana de 16,61 mSv/ano na região POP. De acordo com a United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR, 2008), a exposição média anual global às fontes de radiação natural é de 2,4 mSv/ano. Os resultados obtidos no presente estudo são, em média, seis vezes maiores que a média estabelecida pela UNSCEAR. Por outro lado, as médias e medianas são menores que o limite anual estabelecido pela Comissão Nacional Energia Nuclear (CNEN, 2014) para indivíduos ocupacionalmente expostos, de 20 mSv/ano. Esta discrepância destaca a necessidade de estudos mais detalhados, considerando as variabilidades locais e os contextos específicos a fim de avaliar a distribuição dos radionuclídeos nas áreas de estudo da mina em descomissionamento.

Referências bibliográficas: COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Diretrizes básicas de proteção radiológica. Norma CNEN NN 3.01, Resolução 164/14. Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação, Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), 2014. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. The use of gamma ray data to define the natural radiation environment. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA), 1990. JÚNIOR, J.A.S. et al. Influence of terrestrial radionuclides on environmental gamma exposure in a uranium deposit in Paraíba, Brazil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 141, p. 154-159, 2017. NÓBREGA, F.A.; LIMA, H.M.; LEITE, A.L. Análise de múltiplas variáveis no fechamento de mina - Estudo de caso da pilha de estéril BF-4, Mina Osamu Utsumi, INB Caldas, Minas Gerais. *REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto*, v. 61(2), p. 197-202, 2008. PAULA, L.D.C. Caracterização radiométrica na bacia hidrográfica do Rio Pandeiros, MG, Brasil. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais), Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2023. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2008 Report, v. 1, New York: United Nations, 2010. 683 p.

Palavras-chave: radiação ambiental, equivalente de dose ambiente, monitoramento radiométrico

Trabalho 144**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radioterapia**Título:** Study of attenuation ABS filament to construct a radiotherapy 3D-printed phantom**Autor principal:** PAULO VICTOR DOS SANTOS TAVARES**Autores:****Instituição:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**Cidade-UF:** SP

3D printing is an innovative and specialized instrument in the field of medicine. Printing tools, implants, study objects, and radiological areas can be utilized for the production of phantoms. Phantoms are essential in the field of radiation dosimetry as they may mimic a patient, enabling a better understanding of individualized treatment. Phantoms needed to be constructed using materials that have the same properties as the human body when it comes to interacting with radiation. The objective of this study was to investigate the radiation attenuation of ABS materials when irradiated with cobalt-60 source in radiotherapy equipment. For this purpose, the 3D-printed objects were compared to wax and PMMA, which are already utilized in radiotherapy as mimic materials for soft tissues. Each object has a thickness of 9 mm and was positioned in front of the water phantom. An ionization chamber is used to quantify the charge and subsequently compare it with the intensity of radiation. The results of the experiment, including the computed attenuation coefficient for each object, are presented in Table 1. The experiment revealed that the 3D-printed ABS object, with 90% infill, had an attenuation coefficient of $0.0336 \pm 0.0017 \text{ cm}^{-1}$, which is close to the value of $0.0356 \pm 0.0023 \text{ cm}^{-1}$ calculated for wax. As a conclusion, it is the hypothesis that the 90% infill of ABS could mimic wax as a substitute for phantom fabrications.

Referências bibliográficas: SAVI, M. et al. Study on attenuation of 3D printing commercial filaments on standard X-ray beams for dosimetry and tissue equivalence. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 182, 2021. SAVI, M. et al. Step-by-step of 3D printing a head-and-neck phantom: Proposal of a methodology using fused filament fabrication (FFF) technology. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 223, 2024. SAVI, M.; ANDRADE, M. A. B.; POTIENS, M. P. A. Commercial filament testing for use in 3D printed phantoms. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 174, 2020. VILLANI, D. et al. Computed tomography imaging analysis of a fused filament fabrication (FFF) 3D printed neck-thyroid phantom for multidisciplinary purposes. *Radiation Physics and Chemistry*, 2024.



International
Joint Conference

RADIO 2024

Palavras-chave: 3D printing, radiotherapy, commercial filaments, phantoms

Trabalho 145**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Progress in the Design of New Gas-Based Neutron Detectors: A Critical Review**Autor principal:** DIOGENES KREUSCH FILHO**Autores:** Luan Lino Caetano; Ary Machado de Azevedo; Wallace Vallory Nunes**Instituição:** Instituto Militar de Engenharia**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

The detection of neutrons through gas detectors has been an established practice for decades, with significant applications in nuclear reactors and monitoring by international organizations responsible for safeguarding the use of nuclear energy. Historically, these detectors utilized Helium-3 (He-3) as the ionization gas due to its reliability, safety, ease of use, insensitivity to gamma radiation, and high efficiency in thermal neutron detection. However, the scarcity in the supply of He-3 has created an urgent need to develop new gas-based neutron detectors which do not rely on this isotope. Although significant technological advances have been made, challenges remain, particularly in improving the sensitivity and resolution of detectors and enhancing their ability to discriminate between neutrons and other forms of radiation, such as gamma radiation. In response to these demands, the present study aims to review recent advancements in the development of gas-based neutron detectors that can replace Helium-3-based detectors. The review focuses on the advantages of these new technologies, particularly in terms of neutron capture efficiency and linear response over a wide range of energies. This analysis was conducted through a critical review of the scientific literature, focusing on articles published in scientific journals between 2015 and 2024. The evolution of gas detectors is examined, from the technologies available in 2015 to the most recent innovations in gas neutron detectors. The findings highlight substantial improvements in detection efficiency and detector resolution, along with advances in particle discrimination. There is also a growing trend towards miniaturization of devices and the exploration of new doping techniques to increase sensitivity and reduce costs. It is concluded that, despite the significant advances achieved in the development of gas-based neutron detectors, there remains considerable room for further improvement. Areas such as device miniaturization, the use of new dopants, cost-benefit analysis, and the application of these detectors in new fields still offer substantial opportunities for innovation and development.

Referências bibliográficas: ARNAUD, Q. e colab. Spherical Proportional Counter: A review of recent developments. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1029, p. 012006,

Maio 2018. Disponível em: . BALOGH, L. e colab. Quenching factor measurements of neon nuclei in neon gas. *Physical Review D*, v. 105, n. 5, p. 052004, 8 Mar 2022. Disponível em: . BOUGAMONT, E. e colab. Neutron spectroscopy with the Spherical Proportional Counter based on nitrogen gas. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, v. 847, p. 10–14, Mar 2017. Disponível em: . GIGANON, A. e colab. A multiball read-out for the spherical proportional counter. *Journal of Instrumentation*, v. 12, n. 12, p. P12031–P12031, 20 Dez 2017. Disponível em: . GIOMATARIS, I. e colab. Neutron spectroscopy with a high-pressure nitrogen-filled spherical proportional counter. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, v. 1049, p. 168124, Abr 2023. Disponível em: . GIOMATARIS, I e colab. Neutron spectroscopy with N₂-filled high-pressure large-volume spherical proportional counters. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 2374, n. 1, p. 012144, 1 Nov 2022. Disponível em: . GLENN F. KNOLL. *Radiation detection and measurement*. 4th. ed. Ann Arbor, Michigan: John Wiley & Sons, Inc., 2010. HENZLOVA, Daniela e colab. Current Status of Helium-3 Alternative Technologies for Nuclear Safeguards. null. Los Alamos, NM (United States): [s.n.], 1 Dez 2015. Disponível em: . KATSIOULAS, I. e colab. A sparkless resistive glass correction electrode for the spherical proportional counter. *Journal of Instrumentation*, v. 13, n. 11, p. P11006–P11006, 7 Nov 2018. Disponível em: . KATSIOULAS, I. e colab. ACHINOS: a multi-anode read-out for position reconstruction and tracking with spherical proportional counters. *Journal of Instrumentation*, v. 17, n. 08, p. C08025, 1 Ago 2022. Disponível em: . KATSIOULAS, I. e colab. Development of a simulation framework for spherical proportional counters. *Journal of Instrumentation*, v. 15, n. 06, p. C06013–C06013, 5 Jun 2020. Disponível em: . KATSIOULAS, I. e colab. Fast Neutron Spectroscopy with a Nitrogen-Based Gaseous Detector. *Out 2019*, [S.l.]: IEEE, Out 2019. p. 1–3. Disponível em: . KNIGHTS, P. e colab. Recent Developments in the Read-Out Electrodes for the Spherical Proportional Counter. *Out 2019*, [S.l.]: IEEE, Out 2019. p. 1–3. Disponível em: . KOUZES, Richard T. e LINTEREUR, Azaree T. e SICILIANO, Edward R. Progress in alternative neutron detection to address the helium-3 shortage. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, v. 784, p. 172–175, Jun 2015. POZZI, S.A. e colab. Comparative neutron detection efficiency in He-3 proportional counters and liquid scintillators. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, v. 929, p. 107–112, Jun 2019. Disponível em: . SAVVIDIS, I. e colab. Low energy recoil detection with a spherical proportional counter. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, v. 877, p. 220–226, Jan 2018. Disponível em: .

Palavras-chave: Neutron detection, gas detectors, helium-3

Trabalho 146**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** Análise Comparativa da Estimativa de dose em Motoristas de Caminhões Usando Escâneres Smiths Detection: HCVP 4029 (4,5 MeV) versus HCVP Z60 (6,0 MeV)**Autor principal:** RODRIGO DE CARVALHO FERREIRA**Autores:** Ana Paula Dias de Melo Andrade, Fábio de Oliveira Neves, Rodrigo de Carvalho Ferreira**Instituição:** Faculdade Casa Branca**Cidade-UF:** São Paulo - SP

A exposição à radiação de motoristas de caminhão durante inspeções de carga é um fator preocupante em operações de fronteira e portuárias. Este estudo compara a eficácia e a segurança dos escâneres Smiths Detection modelos HCVP 4029 (4,5 MeV) e HCPV Z60 (6,0 MeV). Foram coletados dados de dosimetria em cinco instalações ao longo de dois anos, registrando as doses e o número de inspeções realizadas a cada mês. A análise revelou que os escâneres de 6,0 MeV fornecem doses médias por inspeção significativamente maiores (0,56 μSv) em comparação com os de 4,5 MeV (variando de 0,06 μSv a 0,23 μSv). No entanto, em todos os casos, as doses permaneceram dentro dos limites regulamentares de 1 mSv/ano estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) para indivíduos do público. Contudo, para manter a segurança dos motoristas, especialmente em instalações que possuem frota própria, é essencial controlar o número de inspeções realizadas por cada motorista. Medidas como a rotação de motoristas e a limitação do número de inspeções diárias são necessárias para manter a exposição acumulada dentro dos limites seguros e assegurar a conformidade com as normas de segurança radiológica.

Referências bibliográficas: [1] GOMES, R. G.; BRAGA, K. L.; MEDERIOS, M. P. C.; STENDERS, R. M.; CORREA, S. C. A.; REBELLO, W. F.; SILVA, A. X.; ANDRADE, E. R. MCNPX computational modeling applied to the potential dose rates calculation of cargo scanning. Applied Radiation and Isotopes, v. 178, p. 109967, 2021. [2] PORTARIA COANA Nº 76, DE 13 DE MAIO DE 2022. 2022. Disponível em: <https://normas.receita.fazenda.gov.br/>. Acesso em: 23 nov. 2023. [3] COSTA, J. D. R. L. G.; MIRANDA, M. L. L.; GOMES, M. F.; GOMES, R. S.; MIRANDA, V. F. S. Dose aos motoristas durante a varredura de carga drivethrough usando a simulação GEANT4 Monte Carlo. In: CONFERÊNCIA NUCLEAR INTERNACIONAL DO ATLÂNTICO - INAC 2013, 24 a 29 de novembro de 2013, Recife. Anais... Recife: Associação Brasileira de

Energia Nuclear - ABEN, 2013. [4] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Guia para o licenciamento de instalações radiativas de inspeção de bagagem e contêineres do subgrupo 7C. Versão 3.0, setembro 2023. Disponível em: <https://appasp2019.cnen.gov.br/seguranca/orientacoes/images/cnen/documentos/drs/orientacoes/Guia-IBC-do-Subgrupo-7C-Set2023.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2024. [5] HAMM, Robert W.; HAMM, Marianne E. (Eds.). Industrial Accelerators and Their Applications. New Jersey: World Scientific, 2012. 413 p. ISBN 978-981-4307-04-8. [6] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. ICRP PUBLICATION 125: Radiological Protection in Security Screening. 2 ed. Ottawa: Sage, 2014. v. 43. Disponível em: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20125>. Acesso em: 01 jul. 2022. [7] NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Radiation Protection and Measurement Issues Related to Cargo Scanning with Accelerator-Produced High-Energy X Rays. NCRP Commentary No. 20. Bethesda: NCRP, 2007. [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radiation Safety of X Ray Generators and Other Radiation Sources Used for Inspection Purposes and for Non-medical Human Imaging. Vienna: IAEA, 2020. (IAEA Safety Standards Series No. SSG-55). [9] NASCIMENTO, Luana de Freitas. Dosimetria usando Luminescência Ópticamente Estimulada: aplicações, propriedades físicas e caracterização de materiais dosimétricos. 2007. 141 f. Dissertação (Mestrado em Física Aplicada) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. [10] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Requisitos básicos de radioproteção e segurança radiológica de fontes de radiação. Norma CNEN NN 3.01. Resolução CNEN 323/24, 18 abr. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo3/NormaCNENNN3.01.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2024. [11] GOMES, R. S.; GOMES, J. D. R. L.; COSTA, M. L. L.; MIRANDA, M. V. F. E. S. Dose to drivers during drive-through cargo scanning using Geant4 Monte Carlo simulation. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE - INAC 2013, 2013, Recife. Anais [...]. Recife: ABEN, 2013. Disponível em: . Acesso em: 13 jun. 2024. [12] SMITHS DETECTION. Manual de exploração HCVP 4029. Maio 2012. [13] SMITHS DETECTION. HCVP Z60-DM: Technical Information. 2022.

Palavras-chave: Dosimetria, Segurança Radiológica, Inspeção de Cargas.

Trabalho 147**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** ESG e o Marco Regulatório Brasileiro para a Gestão de Resíduos Radioativos**Autor principal:** FERNANDO BARCELLOS RAZUCK**Autores:****Instituição:** INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

Os resíduos radioativos são gerados em vários tipos de instalações, com diferentes concentrações de radionuclídeos e formas físicas e químicas. Assim, os resíduos precisam ser descartados (com exceção dos radionuclídeos de vida curta), respeitando os programas nacionais. Para a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), haveriam seis classes de resíduos, além dos radionuclídeos de ocorrência natural (NORM e TENORM). Dessa forma, é importante estabelecer uma política nacional sobre resíduos, como um componente-chave da gestão ambiental. Nesse sentido, um marco regulatório sobre resíduos é um aspecto fundamental para a sustentabilidade. Logo, fatores ambientais, sociais e de governança (ESG) tornaram-se relevantes para o setor nuclear, tendo em vista questões envolvendo emissões de carbono e segurança pública e dos trabalhadores, por exemplo. Portanto, empresas nucleares com acreditação ESG são mais bem avaliadas em indicadores ambientais. Por exemplo, no aspecto “social”, a indústria nuclear é um empregador responsável e bem remunerado, com uma forte cultura de segurança; em “governança”, a existência de reguladores independentes, salvaguardas e tratados internacionais são importantes. Como muitos padrões ESG estão alinhados com a agenda 2030 da ONU, o setor nuclear acaba contribuindo direta ou indiretamente para todos os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Muito disso tem a ver com o fornecimento de grandes quantidades de eletricidade limpa, mas também com as muitas aplicações dos radioisótopos. E pode-se dizer que há uma relação direta entre segurança e sustentabilidade, uma vez que os princípios de Justificação, Otimização e Proteção para as Gerações Atuais e Futuras levam em consideração aspectos sociais, econômicos e ambientais. Este trabalho é uma análise da regulamentação brasileira sobre o tratamento desses resíduos, com base nos princípios da ESG. Nesse sentido, destacam-se: a Lei 6.453/77 (responsabilidade civil e criminal); a resolução nº 237/97 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (para o licenciamento ambiental); a Lei 10.308/01 da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN (para depósitos de resíduos radioativos); as normas CNEN NN 8.01/14 e 8.02/14 (para gestão e licenciamento, respectivamente, de rejeitos de baixo e médio nível); a norma CNEN NN 4.01/16 (para instalações minero-

industriais); com relação ao NORM, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) é responsável pelo licenciamento ambiental, enquanto a CNEN é a reguladora nuclear. Verifica-se assim a presença de ESG no processo de gestão, devido à atuação de órgãos ambientais e reguladores, porém ainda são necessários avanços na legislação quanto a processos sustentáveis, de prevenção à saúde humana e ao meio ambiente, principalmente sobre os aspectos NORM.

Referências bibliográficas: [1] IAEA. Classification of radioactive waste: safety guide. 2009.

Palavras-chave: ESG, Marco Regulatório Brasileiro, Gestão de Resíduos Radioativos

Trabalho 148**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Formação de recursos humanos**Título:** A Importância da Gestão do Conhecimento no processo de Descomissionamento**Autor principal:** FERNANDO BARCELLOS RAZUCK**Autores:****Instituição:** INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

Construir, coletar, transferir, compartilhar, preservar, manter e utilizar o conhecimento é essencial para desenvolver e manter a expertise técnica e as competências necessárias para a tecnologia nuclear. O conhecimento nuclear é único em muitos aspectos: é complexo, envolve altos custos de desenvolvimento, frequentemente exigindo apoio governamental significativo. O conhecimento avançado e especializado em ciência nuclear é necessário para o projeto, construção, licenciamento, comissionamento, operação, manutenção e descomissionamento seguros e eficazes de sistemas baseados em tecnologia nuclear, que podem ter longos ciclos de vida em contextos de mudança. Métodos apropriados de gestão do conhecimento nuclear (GCN) são necessários para a elaboração de competências, informações e registros, processos de trabalho, interpretação de dados e técnicas de análise e verificação. Preservar e aprimorar o conhecimento nuclear acumulado no passado se tornou um assunto oportuno de importância estratégica. Substituir funcionários aposentados e atrair a geração mais jovem para uma carreira na área nuclear são os principais desafios. A capacitação por meio de educação, treinamento e transferência de conhecimento é essencial. Reconhecendo a importância da GCN, a Agência Internacional de energia Atômica (AIEA) desenvolve metodologias e documentos de orientação para planejar, projetar e implementar programas de GCN e facilita a educação nuclear, fornecendo suporte, oportunidades de networking e troca de experiências. Os registros devem ser bem estruturados, com metadados incluídos para justificar decisões tomadas e demonstrar que os processos foram seguidos corretamente, e conhecimento detalhado passado para gerações subsequentes de trabalhadores para garantir a segurança contínua. Após o fechamento de uma instalação, informações sobre sua localização, projeto e inventário podem precisar ser retidas por muitos anos para manter a confiança em sua segurança. Este trabalho tem por objetivo apresentar algumas ferramentas de GCN disponibilizadas pela AIEA e que podem ser aplicadas ao processo de descomissionamento. O descomissionamento bem-sucedido de instalações nucleares depende da disponibilidade de pessoal competente, qualificado e capaz, e demandas rigorosas são colocadas sobre esse pessoal devido à complexidade da tecnologia usada e à necessidade de altos padrões de desempenho e conduta. Para esse

propósito, é necessário um sistema total de sistema de GCN de descomissionamento, onde é necessário organizar os dados e informações do projeto da planta, histórico de manutenção, eventos de problemas, registros de gerenciamento de resíduos etc. Os dados, informações e registros coletados devem ser organizados por sistema de banco de dados. Ele se torna uma base do conhecimento explícito. A preparação do conhecimento é o processo que coleta, gerencia e compartilha conhecimento de uma certa maneira para as próximas gerações.

Referências bibliográficas: RAZUCK, F. B.; CAVALCANTE, G. V. Gestão do conhecimento científico: análise do capital intelectual do programa de especialização do IRD. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, 8(1A). <https://doi.org/10.15392/bjrs.v8i1A.1039>. 2020. RAZUCK, F. B.; SILVA, F. C. Knowledge management on safety and security: evaluation of a seminar using concept map. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, v. 8, p. 1-20, 2020.

Palavras-chave: Gestão do Conhecimento Nuclear, Descomissionamento, Agência Internacional de Energia

Trabalho 149**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Tecnologia de materiais**Título:** Uma Análise da Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial aplicada à CNEN**Autor principal:** FERNANDO BARCELLOS RAZUCK**Autores:** GABRIEL DE LIMA GONÇALVES**Instituição:** INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

A quarta revolução refere-se à aplicabilidade e consolidação das ferramentas de tecnologia da informação e o uso de simuladores integrados que permitem a criação de modelos virtuais através do uso da computação. O conceito de indústria 4.0, surgiu na Alemanha em 2011, para se referir a uma política econômica governamental baseada em estratégias de alta tecnologia, caracterizado pela automação, digitalização de processos e uso de tecnologias eletrônicas e de informação na manufatura. A Indústria 4.0 é apoiada pelo desenvolvimento de sistemas, a internet das coisas (IoT) e a internet de pessoas e serviços; juntamente com outras tecnologias, como manufatura aditiva, impressão 3D, engenharia reversa, big data e analítica, inteligência artificial, etc, reduzindo as diferenças entre o mundo virtual e o físico, aumentando assim a eficiência. Nesse sentido, foi lançado em 2021 a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA 2021), que assume o papel de orientar as ações em prol do desenvolvimento de ações que estimulem a pesquisa, a inovação e o desenvolvimento de soluções em IA, bem como sua atuação consciente, ética e em direção a um futuro melhor. Alinhada às diretrizes da OCDE, a EBIA se baseia nos cinco princípios definidos pela Organização para a gestão responsável dos sistemas de IA, que são: i) crescimento inclusivo, desenvolvimento sustentável e bem-estar; ii) valores centrados no ser humano e equidade; iii) transparência e explicabilidade; iv) robustez, segurança e proteção; e v) responsabilidade ou prestação de contas. Os objetivos da EBIA são: Contribuir para o desenvolvimento de princípios éticos para o desenvolvimento e uso de IA responsável; Promover o investimento sustentado em pesquisa e desenvolvimento de IA; Remover barreiras à inovação em IA; Capacitar e capacitar profissionais para o ecossistema de IA; Estimular a inovação e o desenvolvimento de forma ambiente internacional; e Promover um ambiente de cooperação entre entidades públicas e privadas, indústria e centros de pesquisa para o desenvolvimento de IA. Na área nuclear, por exemplo, pode ser aplicada na segurança das instalações e equipamentos, da otimização de recursos energéticos, do tempo de resposta às emergências, de tratamentos, da produção de radiofármacos e da proteção radiológica, com a sua aplicação nas áreas de dosimetria, de metrologia, de gerência dos dados e de equipamentos. Assim, o objetivo deste trabalho é

realizar um levantamento bibliográfico junto aos institutos vinculados à Comissão Nacional de Energia Nuclear e verificar os trabalhos publicados referentes à Indústria 4.0. Em relação à CNEN, foram encontrados 33 trabalhos (artigos, dissertações, teses e artigos de conferências) nas seguintes áreas: realidade virtual (12); realidade aumentada (2); inteligência artificial (3); desenvolvimento de software (14); e 3D (2). Observa-se então o alinhamento da CNEN com a política da EBIA, com trabalhos relevantes para o setor nuclear, que virão a ser aplicados na área.

Referências bibliográficas: Razuck, F.; Perrotta, P.; Peixoto, J. Hacking Ion 2018 – knowledge management to develop entrepreneurship in the field of ionizing radiation metrology. J. Phys.: Conf. Ser. 1826 012047, 2021. Siqueiral FS, De Araujo CO, Variz RC, Martin AFC, Rosini AM 2017 Hackathon e gestão do conhecimento para planejamento estratégico da empresa Cia Makers – Escola de Inovação VII Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação. Nonaka I, Konno N 1998 The concept of "ba": Building a foundation for knowledge creation California Management Review, 40 (3), 40-54. Nonaka I, Takeuchi H 1997 Teoria da criação do conhecimento organizacional Gestão do Conhecimento Porto Alegre: Bookman. Razuck FB, Cavalcante GV 2020 Gestão do conhecimento na área nuclear: mapeamento do conhecimento crítico de um programa de pós-graduação do Instituto de Radioproteção e Dosimetria Brazilian Journal of Radiation Sciences, 08-01A, 01-18. Posolli GE 2012 Gestão da inovação e do conhecimento Curitiba: Editora Intersaberes.

Palavras-chave: Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial; CNEN, Inteligência Artificial.

Trabalho 150**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Medicina Nuclear**Título:** A Relação entre o Câncer e Radiação Ionizante de acordo com a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC)**Autor principal:** FERNANDO BARCELLOS RAZUCK**Autores:****Instituição:** INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

O espectro eletromagnético é dividido em radiação não ionizante e ionizante. Em média, fontes naturais contribuem com 80% para a dose total média de Radiação Ionizante (RI), enquanto os 20% restantes se originam de fontes artificiais, como procedimentos de diagnóstico médico, testes nucleares atmosféricos e acidentes em usinas nucleares. A inalação de radônio é a maior fonte de exposição. A RI é capaz de produzir alterações cancerígenas por mutações, alterações na estrutura de genes ou cromossomos e alterações na expressão gênica. A resposta do organismo à RI depende de fatores como a dose recebida, características orgânicas individuais, área irradiada, entre outros. A RI pode afetar as células de forma direta ou indireta, e os seus efeitos biológicos podem ser de dois tipos: determinísticos e estocásticos. No caso dos efeitos estocásticos, a modificação de uma única célula pode resultar em câncer. O câncer é a segunda causa mais comum de morte no mundo, sendo responsável por cerca de 9,6 milhões de mortes em 2018. Na Assembleia Geral das Nações Unidas em 2018, assumiu-se a responsabilidade pela prevenção e tratamento do câncer. O Relatório Mundial do Câncer (2020) é uma iniciativa da Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) e é publicado a cada 5 anos. Desde o início do Relatório, em 2003, a política editorial tem sido fornecer uma avaliação concisa e multidisciplinar da pesquisa atual. Por exemplo, estudos epidemiológicos envolvendo pessoas expostas a baixos níveis de RI do ambiente, ocupações ou procedimentos de diagnóstico médico demonstram que o risco de leucemia e outros cânceres aumenta com a dose de radiação. A latência entre a exposição à RI e a ocorrência de um risco excessivo de câncer varia de vários anos a várias décadas. Além disso, fatores como idade e sexo, modificam a relação dose-risco. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo apontar os resultados do IARC sobre a RI. Pode-se dizer que a pesquisa produzida pela IARC, trabalhando com pesquisadores ao redor do mundo, é essencial para o desenvolvimento de diretrizes e políticas baseadas em evidências pela OMS, e para decisões regulatórias por instituições nacionais para proteger a saúde de suas populações. Este Relatório apresenta informações atualizadas sobre prevenção do câncer, incluindo estatísticas, causas e

mecanismos, e como isso pode ser usado para implementar estratégias eficazes e apropriadas para prevenção e detecção do câncer. Entende-se que este Relatório é uma referência útil para pesquisadores, profissionais de câncer, profissionais de saúde pública e formuladores de políticas públicas.

Referências bibliográficas: Wild CP, Weiderpass E, Stewart BW, editors (2020). World Cancer Report: Cancer Research for Cancer Prevention. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. Available from: <http://publications.iarc.fr/586>. Licence: CC BY-NC-ND 3.0 IGO.

Palavras-chave: câncer, Relatório Mundial do Câncer 2020, Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC).

Trabalho 151**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Segurança de fontes e gestão de rejeitos**Título:** A Aplicação do Digital Twin em Sistemas de Gerenciamento de Rejeitos Radioativos**Autor principal:** FÁBIO DE OLIVEIRA NEVES**Autores:** TADEU AUGUSTO DE ALMEIDA SILVA**Instituição:** INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA - IRD**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

A aplicação de tecnologias emergentes, como o Digital Twin, em sistemas de gerenciamento de rejeitos radioativos oferece uma abordagem inovadora para a gestão eficaz e segura desses resíduos. O Digital Twin cria réplicas virtuais dos sistemas físicos, permitindo a simulação, monitoramento e análise em tempo real, o que potencializa a capacidade de prever e mitigar riscos associados à manipulação e armazenamento de rejeitos radioativos de alta segurança. Este estudo apresenta o desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento de Rejeitos Radioativos de Alta Segurança (SGRRAS) integrado ao Digital Twin, destacando sua arquitetura, principais características e as interações entre suas entidades e seus respectivos atributos. A metodologia adotada envolve a modelagem baseada em banco de dados relacional, complementada pela aplicação de tecnologias de simulação e inteligência artificial. Os resultados indicam que a integração do Digital Twin ao SGRRAS não só melhora a segurança e a eficiência operacional, mas também abre novas perspectivas para simulações avançadas, como cenários de emergência e avaliações de impacto ambiental. Conclui-se que a adoção do Digital Twin é um passo importante na modernização das políticas de gerenciamento de rejeitos radioativos, sugerindo direções para pesquisas futuras, incluindo a exploração de capacidades preditivas e a aplicação em outras áreas de gestão de riscos.

Referências bibliográficas: SUMINI, Marco; TEODORI, Francesco; ISOLAN, Lorenzo. Digital twins in dosimetry and radiotherapy, a survey and some applications. *Radiation Physics and Chemistry*, Bologna, v. 218, p. 111649, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2024.111649>. Acesso em: 14 ago. 2024. GLAESSGEN, E.; STARGEL, D. The digital twin paradigm for future NASA and U.S. Air Force vehicles. In: 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2012. JIANG, Y.; FENG, J.; LU, J.; ZHOU, S. A review of digital twin capabilities, technologies, and applications based on the maturity model. *Advanced Engineering Informatics*, China,

v. 62, p. 102592, 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.advengininform.2024.102592>. Acesso em: 14 ago. 2024. EMMERT-STREIB, F. What is the role of AI for digital twins? *AI*, 2023, v. 4, p. 721–728. CIMINO, C.; ATTARAN, M.; CELIK, B. G.; WRIGHT, L.; DAVIDSON, S. Digital twin: benefits, use cases, challenges, and opportunities. *Decision Analytics Journal*, 2023, v. 6, p. 100165.

Palavras-chave: Digital Twin, Gerenciamento de Rejeitos Radioativos, Banco de Dados Relacional, Segurança Operacional

Trabalho 152**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radioterapia**Título:** CÂNCER DE MAMA E RADIOTERAPIA DE INTENSIDADE MODULADA COMO ALIADA: UMA REVISÃO DE LITERATURA**Autor principal:** ALEXANDRE D'AGOSTINI ZOTTIS**Autores:** Andrea Huhn, Cristiane Maria Almeida, Geresa Ribeiro, Caroline de Medeiros,**Instituição:** Instituto Federal de Santa Catarina**Cidade-UF:** Florianópolis

Introdução: O aprimoramento das terapias elevou consideravelmente a sobrevida global das portadoras da neoplasia mamária, trazendo outros desafios às equipes responsáveis pelos tratamentos oferecidos no sentido de minimizar os efeitos colaterais agudos e tardios inerentes aos diversos procedimentos envolvidos no tratamento oncológico. **Objetivos:** Demonstrar os benefícios da Radioterapia de Intensidade Modulada para sobrevida de pacientes com câncer de mama. **Método:** Revisão de literatura, realizada por busca livre, com os descritores “radioterapia, neoplasia da mama, radioterapia de intensidade modulada”. **Resultados:** A radioterapia é parte integrante do tratamento adjuvante, produzindo benefícios no controle local, reduzindo as falhas locorregionais em 70% e aumentando as taxas de sobrevida livre de doença (em 85 a 90%). Avanços significativos foram feitos na radioterapia, incluindo a modernização de técnicas de imagem, equipamentos e sistemas de planejamento, permitindo melhor precisão na definição e entrega de dose no volume alvo de tratamento. A mais recente técnica de tratamento, a Radioterapia de Intensidade Modulada, permite tratamentos com intensidade variável em campos de irradiação, permitindo que a dose possa ser perfeitamente adaptada para ajustar à anatomia do paciente, resultando em melhor proteção às estruturas críticas, mantendo uma adequada cobertura de dose no volume tumoral, reduzindo as taxas de recorrências locais e provocando aumento da taxa de sobrevida em 10 anos de paciente tratadas com a radioterapia adjuvante. Nesse contexto a redução dos eventos de toxicidades tardias se tornam cada vez mais relevantes, em especial com a redução da cardiotoxicidade relacionada às neoplasias de mamas esquerdas, além da redução de eventos de toxicidade relacionados a eritema e fibrose em pele, subcutâneo e tecido muscular e cosmese tanto em mamas esquerdas quanto direitas e suas áreas de alto risco de disseminação secundária representadas pelos níveis linfonodais em axilas, fossa supra e infraclaviculares. **CONCLUSÃO:** A Radioterapia de Intensidade Modulada mostra-se como uma técnica de radioterapia complexa, com uso cada vez mais difundido, importante no contexto de

redução do risco de toxicidades tardias, em especial cardíaca, nas portadoras das neoplasias malignas da mama.

Referências bibliográficas: 1. Barnett GC, Wilkinson JS, Moody AM, et al. 2011. The Cambridge Breast Intensitymodulated Radiotherapy Trial: patient- and treatment-related factors that influence late toxicity. *Clin. Oncol.* 23:662–73. 2. Donovan E, Bleakley N, Denholm E, et al. 2007. Randomised trial of standard 2D radiotherapy (RT) versus intensity modulated radiotherapy (IMRT) in patients prescribed breast radiotherapy. *Radiother. Oncol.* 82:254–64. 3. HSIN-HUA, L. et al. Intensity modulated radiotherapy with simultaneous integrated boost vs. Convencional radiotherapy with sequential boost for breast câncer – A preliminar result. *The Breast*, 24 (5): 656-660;, 2015. 4. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. a. Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/wcm/incidencia/2017>. Rio de Janeiro, 2017. 5. Julie A. Bradley and Nancy P. Mendenhall, *Novel Radiotherapy Techniques for Breast Cancer*. Annual Review of Medicine, 2018:69. 6. STEWART, B. W. Et al. *World Cancer Report: 2014* Lyon: IARC, 2014

Palavras-chave: radioterapia, neoplasia da mama, radioterapia de intensidade modulada

Trabalho 153**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** A radioatividade de águas minerais na perspectiva da divulgação científica**Autor principal:** ISADORA TOMANQUEVES COSTA**Autores:** Marcos Araquem Scopel, Ana Paula Nunes Pires Lopes, Daiane Cristini Barbosa de Souza, Junior Cesar Alves Santana**Instituição:** Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Santa Catarina**Cidade-UF:** Florianópolis - SC

Resumo: A água mineral pode conter substâncias radioativas, conhecidas como radionuclídeos, que, em níveis elevados, podem representar riscos à saúde humana. No entanto, esses riscos são geralmente menores quando comparados com outros potenciais microrganismos e produtos químicos presentes na água. Entre todas as fontes naturais de radiação ionizante às quais os seres humanos estão expostos, a dose de radiação resultante do consumo de água mineral é consideravelmente menor do que a recebida de outras fontes. Apesar disso, é importante conhecer os radionuclídeos e os níveis de radioatividade presentes nas águas minerais para garantir conformidade com as regulamentações vigentes e assegurar o consumo seguro. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi analisar os níveis de concentração radioativa informados em rótulos de marcas de água mineral consumidas na região Sul do Brasil, à luz das normativas vigentes, e promover a divulgação científica sobre o tema. A coleta de dados sobre a radioatividade das águas minerais foi realizada pela leitura direta das informações disponibilizadas nos rótulos de 24 marcas provenientes de fontes com localizações geográficas distintas, e nenhuma marca era representada por mais de uma fonte. Foram selecionadas marcas disponíveis no mercado, desde que classificadas como água mineral natural, sem critérios específicos adicionais. Após a leitura dos valores de radioatividade, as marcas foram classificadas de acordo com o Código de Águas Minerais. Das 24 marcas analisadas, 15 (62,5%) apresentaram valores de radioatividade nos rótulos, conforme exigido pela legislação vigente. Dentre essas, uma foi classificada como não radioativa (com concentração de atividade na fonte $67,5 \text{ Bq.l}^{-1}$), oito como fracamente radioativas ($67,5$ à 135 Bq.l^{-1}) e seis como radioativas (135 à 675 Bq.l^{-1}). Este estudo procurou responder às principais dúvidas de consumidores relacionadas ao tema radioatividade da água mineral no formato de Frequently Asked Questions (FAQ) abordando os seguintes tópicos: radioatividade; composição radioativa da água mineral e legislação brasileira aplicada.

Referências bibliográficas: WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION - Technical document - Guidelines for drinking-water quality, 4th ed., incorporating the 1st addendum (chapters) p. 203-218.EUA,2021. Disponível em [https://www.who.int/publications/m/item/guidelines-for-drinking-water-quality-4th-ed.-incorporating-the-1st-addendum-\(chapters\)](https://www.who.int/publications/m/item/guidelines-for-drinking-water-quality-4th-ed.-incorporating-the-1st-addendum-(chapters)) Acesso em: 26 jun. 2024. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 274, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para águas envasadas e gelo. Disponível em http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/res0274_22_09_2005.html Acesso em: 24 jun. 2024. CUNHA, H. F. A. et al. Qualidade Físico-Química da Microbiológica de Água Mineral e Padrões da Legislação Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 7, n.3, 2012. Disponível em <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.908>. Acesso em: 26 jun. 2024. OLIVEIRA, J. Determinação dos níveis de radioatividade natural em águas utilizadas para abastecimento público no estado de São Paulo 1998. 159 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) - Instituto De Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 1998. Disponível em http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Joselene%20de%20Oliveira_D.pdf. Acesso em: 23 Jun. 2024. Journal Article reference example: SILVA, V. A.; ANDRADE, L. H. C. Etinobotânica Xucuru: mystical species. Biotemas, Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 45-57, 2002. Book Chapter reference pattern: [Author LAST NAME], [Author First/Middle Name Initial(s)]. [Title of the chapter]. In: [Author/Editor LAST NAME], [Author/Editor First/Middle Name Initial(s)]. ([abbr. Contributor's Role as applicable]). [Title of the book]. [Publisher Location]: [Publisher Name], [Publication Year]. p. [Page number starts]-[ends]. ISBN [Number]. Book Chapter reference example: O'NEIL, J. M.; EGAN, J. Men's and women's gender role journeys: A metaphor for healing, transition, and transformation. In: WAINRIB, B. R. (Ed). Gender issues across the life cycle. New York, NY, US: Springer Publishing Co, 1992. p. 107-123. ISBN 0-8261-7680-1. Published Conference Paper reference pattern: [Author LAST NAME], [Author First/Middle Name Initial(s)]. [Title of the conference paper]. In: [TITLE OF THE PROCEEDINGS] [Date and Location of the Conference]. [Document Title]... [Publisher Location]: [Publisher Name], [Publication Year]. Published Conference Paper reference example: PIERSON, E.; ALTHOFF, T.; LESKOVEC, J. Modeling individual cyclic variation in human behavior. In: PROCEEDINGS OF THE 2018 WORLD WIDE WEB CONFERENCE 2018, Lyon, France. Anais... Republic and Canton of Geneva, Switzerland: International World Wide Web Conferences Steering Committee, 2018. Website reference pattern: [Organization NAME] or [Author LAST NAME], [Author First/Middle Name Initial(s)]. [Name of the Website]. Disponível em: [URL]. Acesso em: [Access date]. Website reference example: REACT. Rapid Early Action for Coronary Treatment. Disponível em: <http://www.epi.umn.edu/react/>. Acesso em: 17 jan. 2018. More ABNT examples: EBSCO. EBSCO Host. ABNT Style. Available at: https://support.ebsco.com/help/?int=ehost&ver=live&lang=en&feature_id=ABNT. Accessed on: 27 Dec. 2023. DUQUE, B. B. L.; FERNANDES, L. C.; LOPES, J. G. S Pg 70-85. "A ciência que fazemos": aproximando pesquisadores e estudantes de escolas públicas In FAGUNDES, V.; BREDER, N. (org) Divulgação científica: boas práticas.

Iniciativas, experiências e reflexões no contexto da Rede Mineira de Comunicação Científica. Belo Horizonte: Fapemig, 2022. cap. 4, p. 70-85.

Palavras-chave: Águas Minerais; Radioatividade; Comunicação e Divulgação Científica.

Trabalho 154**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radiobiologia**Título:** Efeitos Biológicos da Radiação Ionizante e Impactos na Saúde Pública: Com Ênfase no Acidente de Goiânia com Césio-137**Autor principal:** ALEXANDRE D'AGOSTINI ZOTTIS**Autores:** REGIANE RIBEIRO LIBERATO DE JESUS, AMANDA CLARICE DA SILVA SANTOS**Instituição:** Instituto Federal de Santa Catarina**Cidade-UF:** Florianópolis

O acidente radiológico ocorrido em Goiânia no estado de Goiás no Brasil em setembro de 1987 provocou a contaminação na espécie humana, animal, vegetal e ambiental por um radionuclídeo. A exposição à radiação ionizante resulta em diferentes tipos de lesões no DNA. Os efeitos mutagênicos da radiação ionizante na linha germinativa são especialmente preocupantes porque podem perdurar por várias gerações, levando a um aumento na taxa de mutações em filhos de pais irradiados. Assim, avaliar os mecanismos biológicos da radiação ionizante em células somáticas e germinativas, com consequente determinação da taxa de mutações, é de extrema importância para a estimativa de riscos genéticos. O objetivo da pesquisa é de estimar a taxa de mutações germinativas na prole de indivíduos expostos acidentalmente à radiação ionizante de Césio-137.

Referências bibliográficas: [1] LEITE, HP; PINTO, IP; OLIVEIRA, LG; COSTA, EOA; CRUZ, AS; SILVA, DM; SILVA, CC; CAETANO, ARC; CRUZ, AD. Deviation from Mendelian transmission of autosomal SNPs can be used to estimate ionizing radiation. PubMed. Italy. 2020. [2] CURADO, MP; OLIVEIRA, MM; VALVERDE, NJL; CRUZ, AD. Cancer incidence in the cohort exposed to Cesium-137 accident in Goiânia (Brazil) in 1987. Lilacs. J. Health Biol. Sci. (Online) ; v. 7(3); pág. 228-232, São Paulo/Brasil. 2019. [3] MARIANO, BM; NUNES, GGQ; FIGUEIREDO JÚNIOR, JF; SOUTO, RCF; SOUTO, R. Perfil Sociodemográfico e Situação de Saúde dos Pacientes Expostos ao Césio 137 em Goiânia. Lilacs. Rev. Cient. Esc. Estadual Saúde Pública de Goiás Cândido Santiago; 9: 9b7, 2023. [4] COSTA, EOA; PINTO, IP; GONÇALVES, MW; SILVA, JF; OLIVEIRA, LG; CRUZ, AS; SILVA, CC; PEREIRA, RW; CRUZ, AD. Small de novo CNVs as biomarkers of parental exposure to low doses of ionizing radiation of caesium-137. Pubmed. Scientific Reports; 2018. [5] HORTAA, Z.P.; B. JR. CASE, C.M; DICARLOA, A.L. Use of Growth Factors and Cytokines to Treat Injuries Resulting from a Radiation Public Health Emergency. 2021 [6] LAGEL, L.B.; JUNIOR, R.F.; CORRÊA,

R.D.S.; SANTOS, E.E.D.; FERREIRA, N.C.; SILVA, N.C.; SOARES, L.R. Evaluation of ionizing radiation as a risk factor for the incidence of breast cancer: long-term analysis after the cesium-137 accident in Goiânia, Brazil. An ecological study. 2020. [7] BARRETO, PMC; DA FONSECA, É. O acidente radiológico do Cs-137 em Goiânia, Brasil: Condições e resultados da radiometria aérea. Revista Brasileira de Ciência da Radiação - BJRS. Rio de Janeiro/Brasil. 2023. [8] OLIVEIRA, L.G.; PEREIRA, S.S.S.; UCHOA, E.M.G.S.; SILVA, D.D.M.E.; COSTA, E.O.A.; GIGONZAC, T.C.V.; SILVA, C.C.D; CRUZ, A.D.D Como a genética

Palavras-chave: Césio-137, Radiação Ionizante, Goiânia, Saúde Pública, Efeitos Biológicos.

Trabalho 155**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Mapeamento das teses e dissertações brasileiras sobre Proteção Radiológica e Física das Radiações: um olhar para o ensino e aprendizagem.**Autor principal:** JOSÉ MARCIO DA SILVA**Autores:****Instituição:** Universidade de Ciências da Saúde do Estado de Alagoas**Cidade-UF:** Maceió-AL

Introdução: procedimentos que utilizam a radiação ionizante beneficiam centenas de milhões de pessoas anualmente, mas para seu uso com segurança é fundamental observar os princípios da proteção radiológica. Entretanto, diversos autores mostram que profissionais da saúde apresentam conhecimentos equivocados e/ou deficitários de Proteção Radiológica. Objetos: mapear a produção brasileira, teses e dissertações, de forma a evidenciar propostas educativas que favoreçam o processo de ensino e aprendizagem de Proteção Radiológica e Física das Radiações. Materiais e Métodos: a coleta de dados será realizada por meio da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e do Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A amostra foi catalogada em planilha eletrônica, editada para a formulação de um corpus textual e introduzida no software Iramuteq para análise, também foram analisados alguns indicadores de produção dos trabalhos, os resultados foram apresentados por meio de tabelas, gráficos e de medidas descritivas. Resultados: obteve-se um total de 30 trabalhos para a formação do corpus textual, distribuídos em 25 programas de pós-graduação e disponibilizados por 24 instituições de ensino superior do país. Não foram identificadas teses dentro do objetivo da pesquisa. Conclusão: os resultados mostram que houve um aumento no interesse do ensino em Física das Radiações no país, contudo é necessário o incentivo a pesquisa de metodologias para ensino de Proteção Radiológica. A região Sul, destaca-se na produção de dissertações. A análise dos textos evidência a interligação entre os temas, ambos centrados no ensino e abordagens metodológicas.

Referências bibliográficas: AGRA, G. K. R. Produção do jogo $\alpha.\beta.\gamma$.game e avaliação de sua eficiência no aprendizado de radiobiologia. Dissertação. Mestrado em ensino de ciências e educação matemática - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2018. Disponível em: <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/3502> BATISTA, V. M. D. Avaliação do conhecimento e atitudes dos profissionais de saúde de um hospital de ensino sobre proteção radiológica. Dissertação. Mestrado profissional em educação nas

profissões da saúde - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Sorocaba, 2016. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/19870>. BORTOLI, L. Visitas ao setor de radiologia hospitalar como um recurso potencialmente significativo para o ensino de radiações ionizantes. Dissertação. Mestrado em ensino de ciências e matemática - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2017. disponível em: <https://repositorio.ucs.br/handle/11338/3118> "BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a Base. Brasília, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc>. Acesso em: 20/07/2024. CAMARGO, B. V e JUSTO A. M. Tutorial para uso do software de análise textual IRAMUTEQ. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil (2013). CAPES. Catálogo de Teses e Dissertações, 2024. Disponível em: <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>. Acesso em: 20/07/2024. FEITOSA, J. M. R. Sequência didática aplicada ao ensino médio: Aspectos da física e sua relação com os tratamentos radioterápicos. Dissertação. Mestrado Nacional Profissional em ensino de física - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2022. FRANCO, L. G. e MUNFORD, D. Reflexões sobre a Base Nacional Comum Curricular: Um olhar da área de Ciências da Natureza. Horizontes, v. 36, n. 1, p. 158-170, jan./abr. 2018. GAVRILAS, L e KATSIS K. T. Assessing elementary understanding of electromagnetic radiation and its implementation in wireless technologies among preservice teachers. International Journal of Professional Development, Learners and Learning, Learners and Learning, 5(2), ep2309. 2023 GOMBRADE, R. A Interpretação da física das radiações ionizantes por meio da leitura de textos. Dissertação. Mestrado em ensino e processos formativos - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2018. disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/157085> GONÇALVES, O. D e ALMEIDA I. P. S. A. A energia nuclear. Ciências Hoje, vol. 37, nº 220 p. 36-44, out. 2005. HALFELD, A. P. C. Contradições sobre o uso e desuso da energia nuclear com enfoque CTS. Dissertação. Mestrado profissional em ensino de física - universidade federal fluminense, Volta Redonda, 2020. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/22238>. IBICT. Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), 2024. Disponível em: <https://btdt.ibict.br/vufind/>. Acesso em: 20/08/2023. MEDEIROS, C. et. Al. Análise do conhecimento sobre radiações ionizantes e qualidade do equipamento de proteção individual em um hospital público. Revista de Ciências Médicas e Biológicas, Salvador, v. 14, n. 2, p. 136-142, mai./ago. 2015. NASCIMENTO, J. P. A. Física Moderna no Ensino Médio: uma adaptação de uma sequência didática para ensino de Radiação e Radioatividade. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2022. PERROTTA, P. R. A energia nuclear e sua abordagem no ensino médio integrado: construção de uma sequência didática sobre as aplicações da energia nuclear. Dissertação. Mestrado em educação profissional e tecnológica - colégio pedro II, rio de janeiro, 2020. Disponível em <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/598172>. PINHEIRO, D. A. M. Ensino de física das radiações ionizantes: do senso comum ao conhecimento científico. Dissertação. Mestrado profissional de ensino de física - Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Amazonas \ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016. disponível em: <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/651>. PINO, E. S. e GIOVEDI, C. Radiações ionizantes e suas aplicações na indústria. Revista UNILUS ensino e pesquisa,

Santos, v 2, n 2, p. 47-51, jan/jun. 2005. PRIS. The Database on Nuclear Power Reactors, 2024. Disponível em: <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>. Acesso em: 20/07/2024. SILVA, G. P. S. e TRINDADE, N. M. Panorama and Perspectives of the Teaching of Radiation and Radioactivity at the High School Level. Science Education International, Volume 33, Issue 2. p 224-231

Palavras-chave: Física das Radiações; Proteção Radiológica; Mapeamento; Ensino-Aprendizagem.

Trabalho 156**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Comparison of calibration coefficients of KAP meters, at different laboratories, under the same conditions.**Autor principal:** JOSÉ NERES DE ALMEIDA JUNIOR**Autores:** Maria da Penha Albuquerque Potiens, Orlando Rodrigues Junior, Marcus Vinícius Teixeira Navarro, Eric Matos Macedo e Igor Garcia**Instituição:** IPEN/CNEN e IFBA**Cidade-UF:** São Paulo/SP e Salvador/BA

In recent years, there has been an increase in the number of interventional procedures involving the use of radiation, with fluoroscopy. The main measuring instrument used in these procedures is the kerma-area product (KAP) quantity meter. To ensure reliable delivery of dose to the patient and adequate protection of OEIs, it is necessary that such equipment is properly calibrated. The IEC 60580:2019 standard sets out the performance requirements for meters of this magnitude. The method normally used for the calibration of these meters is the use of cylindrical reference ionization chambers calibrated in the RQR radiation qualities, according to ISO 61267. However, these reference ionization chambers feature a different manufacturing geometry than KAP meters. In this project, it was proposed the implementation of a methodology for calibration of KAP meters, using the substitution technique, according to TRS457. Once the reference equipment is calibrated, the methodology is applied in different laboratories to compare the measurements in the Laboratory of Calibration of Instruments (LCI) of IPEN, with the Labprosaud's Laboratory (IFBA), to analyze the main technical parameters for the implementation of this methodology. In order to determine the calibration methodology, the present project implemented the calibration of KAP meter by the substitution technique, as follows: from the calibration with the reference ionization chamber in Kerma and KAP, the patient dose calibrator (PDC) instrument is placed at the same position, so that it is calibrated. After calibration of the PDC in Kerma and KAP, in the same position and with the correct diaphragms to define the field size, the clinical KAP meter is placed at the same position to evaluate the direct radiation quality (RQR) beams. These measurements allow the establishment of a calibration protocol for the use of KAP meters, using the PDC as a reference, comparing the factors that influence the calibration factors. The calibration factors observed for the ionization chamber are within the margin of errors and compared to the PDC, it maintains reproducibility with the ionization chamber, within the margin of uncertainty. And in the comparison between PDC and clinical meter, reproducibility is

maintained, with greater energy dependence being observed in the clinical meter, with the factors that influence being better studied in the continuation of the project. From the comparison between the calibration with the reference ionization chamber versus PDC versus the clinical meter with the calibration in the Labprosaud's Laboratory (IFBA), we verified the traceability of the system. As a complement, in the future, the radiation beams will be simulated by the Monte Carlo Method, as well as the energy dependence of the PDC and the clinical meter, as well as the effect of the field size on KAP measurements.

Referências bibliográficas: International Atomic Energy Agency (IAEA), 2007. Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice. Technical Reports Series N° 457, Vienna. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TRS457_web.pdf International Electrotechnical Commission (IEC), 2005. Medical Diagnostic X-rays Equipment – Radiation Conditions for Use in the Determination of Characteristics. IEC 61267. Geneva. International Electrotechnical Commission (IEC), 2019. Medical Electrical Equipment – Dose Area Product Meters. IEC 60580. Geneva. Available from: https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60580%7Bed3.0%7Db.pdf Costa NA., 2013. Desenvolvimento De Uma Metodologia De Calibração E Testes De Medidores Do Produto Kerma-Área [dissertation]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.. Available from: <https://doi.org/10.11606/D.85.2013.tde-14082013-144903> Almeida Junior JN, Silva MC, Terini RA, Herdade SB., 2011 Calibration of PKA meters against ion chambers of two geometries. Rev Bras Fís Méd. 5(1):15-20. Available from: <https://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/115/v5n1p15>

Palavras-chave: Calibration with X-Ray Systems, Metrology, Diagnostic Radiology, Radiation Protection, Laboratorial Comparison

Trabalho 157**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Avaliação das concentrações de radionuclídeos naturais em solos de nascentes da Serra da Mantiqueira**Autor principal:** CARLOS EDUARDO CUNHA RODRIGUES**Autores:** Sandra Regina Damatto, Lucio Leonardo**Instituição:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - USP**Cidade-UF:** São Paulo - SP

O estudo da radioatividade natural presente no meio ambiente é uma ótima ferramenta na compreensão dos processos geoquímicos de interação rocha, solo, sedimento e água (CHARLES, 2001; TSOULFANIDIS; LANDSBERGER, 2021). Os radionuclídeos naturais das séries do ^{238}U e ^{232}Th e o radionuclídeo ^{40}K estão presentes nos diferentes ecossistemas do ambiente, bem como alguns radionuclídeos artificiais como o ^{137}Cs (MOREIRA, 2010; UNSCEAR, 2008). A variabilidade natural nas concentrações desses elementos está relacionada a diversos fatores como o tipo de solo, o uso da terra e a proximidade de fontes de enriquecimento (PERES, 2007; VIEIRA, 2022). Existem lacunas no conhecimento sobre a distribuição e atividade de concentração desses radionuclídeos nas diversas regiões geográficas e ecossistemas mundiais (FILGUEIRAS, 2019). Compreender essas lacunas é essencial para uma melhor gestão de políticas ambientais. O objetivo deste estudo foi determinar as concentrações de atividade de radionuclídeos naturais em sete amostras de solo de nascentes de água localizadas na Reserva de Patrimônio Nacional Particular (RPPN) Fazenda Renópolis, município de Santo Antônio do Pinhal, Vale do Paraíba, região Sudeste do Estado de São Paulo (SOARES, 2020). O local pertence ao Circuito Paulista das Águas da Serra da Mantiqueira e a cidade possui fontes de água mineral, sendo algumas delas consideradas como água mineral radioativa (CARMO, 2020; MENEGHINI, 2019). As concentrações dos foram determinadas por espectro radionuclídeos naturais ^{228}Ra e ^{210}Pb pertencentes à série natural de decaimento do ^{238}U , os radionuclídeos naturais ^{228}Ra e ^{228}Th da série do ^{232}Th , e os radionuclídeos ^{40}K e ^{137}Cs foram determinados por espectrometria gama. O método baseia-se em medir a energia correspondente aos fótons emitidos a partir do decaimento radioativo de núclídeos que possam estar presentes na amostra analisada. Cada isótopo possui sua energia discreta associada, e é assim que a identificação é realizada. Também se determinou o tamanho das partículas e o teor de matéria orgânica das amostras. Os radionuclídeos determinados apresentaram as seguintes variações nas concentrações de atividade para as amostras de solo: ^{40}K de 458 - 689 Bq kg⁻¹ (média geométrica de $607,4 \pm 1,2$ Bq kg⁻¹); ^{210}Pb de 43 -

155 Bq kg⁻¹ (média geométrica de $74,9 \pm 1,4$ Bq kg⁻¹); ²²⁸Ra de 40 - 53 Bq kg⁻¹ (média geométrica de $46,5 \pm 1,1$ Bq kg⁻¹); ²²⁶Ra de 17-29 Bq kg⁻¹ (média geométrica de $20,9 \pm 1,2$ Bq kg⁻¹); ²²⁸Th de 45 - 65 Bq kg⁻¹ (média geométrica de $54,7 \pm 1,1$ Bq kg⁻¹) e ¹³⁷Cs de 0,69 - 1,67 Bq kg⁻¹ (média geométrica de $1,23 \pm 0,89$ Bq kg⁻¹). Observou-se uma variação significativa quanto à granulometria das amostras (porcentagens de areia, silte e argila) com uma maior predominância do percentual de areia. O teor de matéria orgânica das amostras variou de moderado a alto. Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que as amostras de solo das nascentes de água da RPPN Fazenda Renópolis apresentam diversidade significativa, em relação às concentrações de atividade dos radionuclídeos analisados, em comparação aos valores de referência para o estado de São Paulo. Este estudo contribui para a compreensão das características geoquímicas

Referências bibliográficas: CARMO, A. P. DO. Avaliação da concentração de atividade dos radionuclídeos Ra-226, Ra-228, Pb-210, Po-210 e caracterização química inorgânica das águas minerais da cidade de Amparo, SP. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 20 fev. 2020. CHARLES, M. UNSCEAR report 2000: sources and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Journal of Radiological Protection: Official Journal of the Society for Radiological Protection, v. 21, n. 1, p. 83–86, mar. 2001. FILGUEIRAS, R. DE A. Padrões de concentrações, mapeamento e estimativa de dose de radionuclídeos naturais em solos do Estado de Alagoas e distribuição da concentração de ¹³⁷Cs. fev. 2019. MENEGHINI, A. A. Avaliação da concentração de atividade de radionuclídeos naturais e caracterização química elementar das águas minerais da cidade de Caxambu, MG. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 24 jan. 2019. MOREIRA, S. R. D. Radionuclídeos naturais das séries do ²³⁸U e ²³²Th, elementos traço e maiores determinados em perfis de sedimento da baixada santista para avaliação de áreas impactadas. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 1 jul. 2010. PERES, A. C. Proposta de modelo para o estabelecimento de valores orientadores para contaminação radioativa de solos. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 18 out. 2007. SOARES, G. C. Contribuição de uma área natural particular na conservação de felinos da Serra da Mantiqueira, SP. 2020. TSOULFANIDIS, N.; LANDSBERGER, S. Measurement and Detection of Radiation. 5. ed. Boca Raton: CRC Press, 2021. UNSCEAR 2008 Report Volume I. Disponível em: . Acesso em: 15 jul. 2023. VIEIRA, R. F. SULFATO DE AMÔNIO ORIUNDO DO REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA CARBONATADA DO PROCESSO PRODUTIVO DE PÓ DE DIÓXIDO DE URÂNIO (UO₂) NA AGRICULTURA. 2022.

Palavras-chave: Radionuclídeos Naturais, Solos de Nascentes, Espectrometria Gama

Trabalho 158**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Desenvolvimento de radiofármacos**Título:** Radon Exhalation Rate Measurement in Amazon Forest Soil**Autor principal:** OMAR SANTIAGO LAKIS SANTOS**Autores:** Mauricio Morales, Bruno Tappiz, Caroline Kako Ostermann, José Oscar William Vega Bustillos e Paulo Sérgio Cardoso Da Silva**Instituição:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**Cidade-UF:** São Paulo - SP

Abstract: Soil plays a fundamental role as a source of life support and it is a significant contributor to natural background radiation. This study aimed to characterize different soil types in the Amazon Tall Tower Observatory ATTO region and determine their ^{222}Rn exhalation rates, to better understand the dynamics of gases in the tropical forest and their environmental implications. **Introduction:** Soil is essential for life on Earth and influences atmospheric, biological, and geophysical dynamics, including the emission of terrestrial gases such as radon (^{222}Rn). **Fundamentals:** Soil consists of organic and inorganic materials, including radionuclides like ^{238}U , ^{232}Th , and ^{40}K , which contribute to the radiation dose received by humans. Radon gases (^{222}Rn and ^{220}Rn) are released from soil as part of the natural radioactive decay process. **Materials and Methods:** Soil samples were collected from three distinct ecosystems in ATTO: Terrace, Plateau, and Campina. Soil pH and moisture content were determined using KCl solution and loss on ignition analysis. ^{222}Rn measurements were conducted using the RAD7 detector, based on a nonlinear regression curve fitted to experimental data. **Results:** The results showed significant variations in organic matter content (0.92% to 12.7%) and pH (negative ΔpH values) among different soil types. ^{222}Rn exhalation rates were highest in Terrace soils (32 ± 7 $\text{mBq/cm}^2 \cdot \text{s}$), followed by Plateau (18 ± 2 $\text{mBq/cm}^2 \cdot \text{s}$) and Campina (12 ± 6 $\text{mBq/cm}^2 \cdot \text{s}$). The values found are close to the literature where samples analyzed in Atlantic Forest soils showed an exhalation rate of (13.5 ± 1.6 $\text{mBq/cm}^2 \cdot \text{s}$) to (20 ± 2 $\text{mBq/cm}^2 \cdot \text{s}$). **Conclusions:** The study concluded that different soil types in the ATTO region exhibit varying ^{222}Rn exhalation rates, indicating variations in gas dynamics within the tropical forest. No clear correlation was observed between ^{222}Rn exhalation rates and soil parameters such as moisture and pH, suggesting the need for further investigation to fully understand these relationships. This study contributes to understanding geochemical and environmental processes in tropical ecosystems, and provides important data for future studies on biogeochemical cycles and greenhouse gas emissions in the Amazon region. This condensed summary highlights the study's key findings and implications regarding ^{222}Rn

exhalation rates in different soil types in the ATTO region, offering a comprehensive view of the methodologies used and the results obtained.

Referências bibliográficas: [1] M. Kumar, N. Sharma, “Estimation of ^{222}Rn , ^{220}Rn exhalation rate and ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K radionuclides in the soil samples of different regions of Gurdaspur district, Punjab”, *Materials Today: Proceedings*, vol 49 (8), pp. 3396-3402, (2022). [2] W. W. Nazaroff, and A. V. Nero Jr. (Eds.), *Radon and Its Decay Products in Indoor Air*. Wiley, New York, pp. 65-69, (1988). [3] M. O. Andreae, O. C. Acevedo, A. Araùjo, P. Artaxo, C. G. G. Barbosa, H. M. J. Barbosa, J. Brito, S. Carbone, X. Chi, B. B. L. Cintra, N. F. da Silva, N. L. Dias, C. Q. Dias-Júnior, F. Ditas, R. Ditz, A. F. L. Godoi, R. H. M. Godoi, M. Heimann, T. Hoffmann, J. Kesselmeier, T. Könemann, M. L. Krüger, J. V. Lavric, A. O. Manzi, A. P. Lopes, D. L. Martins, E. F. Mikhailov, D. Moran-Zuloaga, B. W. Nelson, A. C. Nölscher, D. Santos Nogueira, M. T. F. Piedade, C. Pöhlker, U. Pöschl, C. A. Quesada, L. V. Rizzo, C.-U. Ro, N. Ruckteschler, L. D. A. Sá, M. de Oliveira Sá, C. B. Sales, R. M. N. dos Santos, J. Saturno, J. Schöngart, M. Sörgel, C. M. de Souza, R. A. F. de Souza, H. Su, N. Targhetta, J. Tóta, I. Trebs, S. Trumbore, A. van Eijck, D. Walter, Z. Wang, B. Weber, J. Williams, J. Winderlich, F. Wittmann, S. Wolff, and A. M. Yáñez-Serrano, “The Amazon Tall Tower Observatory (ATTO): overview of pilot measurements on ecosystem ecology, meteorology, trace gases, and aerosols”, *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 15, pp. 10723-10776 (2015). [4] Empresa Brasileira de Agropecuária, EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. Centro Nacional de Pesquisas de Solos, Rio de Janeiro, 2ª ed., (1997). [5] DURRIDGE COMPANY INC. RAD7 Radon detector. User manual. Disponível em: < <http://www.durridge.com/documentation/RAD7Manual.pdf> > Acesso em: 27 fev. 2023. [6] K. T. Osman, *Organic Matter of Forest Soils*. *Forest Soils*, pp. 63–76, (2013). [7] G. K. Kome, R. K. Enang, B. P. K. Yerima, M. G. R. Lontsi, “Models relating soil pH measurements in H_2O , KCl and CaCl_2 for volcanic ash soils of Cameroon”, *Geoderma Regional*, vol. 14, pp. e00185, (2018). [8] S. de Martino, C. Sabbarese, G. “Monetti, Radon emanation and exhalation rates from soils measured with an electrostatic collector”. *Applied Radiation and Isotopes*. Vol. 49(4), pp. 407-413, (1998). [9] E. E. G. de Farias, P. C. da Silva Neto, E. M. de Souza, E. J. de França, C. A. Hazin. “Radon levels and transport parameters in Atlantic Forest soils”, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* vol. 307, pp. 811–815, (2016).

Palavras-chave: Soil dynamics, ^{222}Rn exhalation rates, Tropical forest, Environmental implications

Trabalho 159**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Investigating the Impact of Gold Nanoparticles on Fricke Xylenol Gel Dosimeter Sensitivity**Autor principal:** PRISCILA SANTOS RODRIGUES**Autores:** Burin, A. L.; Silva, A. C. K. S.; Talacimon, C. F.; Medeiros, I. M. M. A.; Teodoro, L. E. H.; Angelocci, L. V.; Rigo, M. E. Z.; Gesserame, M. M. F.; Tavares, P. V. S.; Sgrignoli, S. S.; Miranda, S. L. P.; Nogueira, T. C.; Rosero, W. A. A.; Zeituni, C. A**Instituição:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Universidade de São Paulo**Cidade-UF:** São Paulo - SP

Cancer treatment demands constant innovation in radiation therapy. Gold nanoparticles (AuNPs) have emerged for their ability to intensify the effects of ionizing radiation, enabling more personalized treatments and precise monitoring. Fricke xylenol gel (FXG) dosimeters are effective and accessible tools, offering tissue equivalence and ease of use. Recognizing the potential of AuNPs to enhance radiotherapy effectiveness and the growing demand for more sensitive and precise dosimeters, this study investigates how the incorporation of AuNPs can increase the sensitivity of FXG dosimeters, focusing on the direct interaction between radiation and the dosimetry medium at doses of up to 5 Gy for radiation therapy applications. The AuNPs were synthesized using an adaptation of the Turkevich method, resulting in 10 nm particles. Concentrations of 1%, 3%, and 5% AuNPs were added to the FXG, which was irradiated with doses ranging from 1 to 5 Gy. Spectrophotometry revealed a linear increase in absorbance, indicating the applied dose as ferrous ions were oxidized. The addition of 1% AuNPs to the FXG resulted in a significant increase in dosimeter sensitivity, while higher concentrations did not yield additional improvements and presented challenges in gel synthesis. Optical computed tomography (OCT) confirmed increased radiation attenuation with the addition of AuNPs, particularly at doses of 1 Gy and 5 Gy. Therefore, the incorporation of small amounts of AuNPs into FXG appears promising for improving dosimeter sensitivity, enhancing the precision of radiation therapy, and offering a potentially customizable approach to cancer treatment.

Referências bibliográficas: -**Palavras-chave:** gold nanoparticles, Fricke xylenol gel, radiation dosimetry, sensitivity enhancement.

Trabalho 160**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Requisitos técnicos para aprovação de um serviço de monitoração individual externa em Moçambique**Autor principal:** ADELAIDE BENEDITA ARMANDO FRANCISCO**Autores:****Instituição:** Agência Nacional de Energia Atómica**Cidade-UF:** Maputo, Moçambique

Introdução Para a realização de práticas que envolvem exposição a radiações ionizantes, os trabalhadores devem utilizar dosímetros pessoais capazes de medir a dose recebida pelo indivíduo durante o período de monitoração (IAEA, 2020). Essa avaliação deve ser uma estimativa da dose efetiva recebida pelo trabalhador, perante um sistema dosimétrico que normalmente aplica uma das seguintes técnicas: dosimetria fotográfica, dosimetria termoluminescente (TL) ou dosimetria opticamente estimulada (OSL). Para um serviço de monitoria individual (SMIE) operar, carece de autorização da Autoridade Reguladora do País, a qual avalia e realiza teste de conformidade do sistema de acordo com os requisitos por ela indicados. Actualmente Moçambique só possui um laboratório que fornece o serviço de monitoria individual, o qual pertence a Autoridade Reguladora. Este laboratório foi concebido também para aprovar os laboratórios de monitoria individual de singulares e/ou organizações a nível nacional. Actualmente está em processo de elaboração dos requisitos para aprovação de laboratórios que pretendem fornecer o serviço de monitoria individual, visto que maior parte dos operadores ainda aderem a serviços de monitoria individual fornecido por laboratórios exteriores não reconhecidos pela Autoridade Reguladora. Desta forma, de acordo com as condições locais e respeitando as exigências dos documentos normativos (ISSO's) internacionais e nacionais, foram elaborados os requisitos mínimos para se autorizar a operacionalização de um SMI em Moçambique.

Metodologia Para a identificação e descrição dos requisitos a serem seguidos por um SMIE em Moçambique, foi realizada uma revisão bibliográfica baseada em literaturas específicas da área de dosimetria, especialmente em documentos internacionais (Brasil, Zimbabwe, AIEA, Normas e ISSO da área, TCC) normativos e de padronização, que abordam aspectos operacionais, requisitos técnicos, de qualidade e de desempenho de um sistema dosimétrico. A partir deles, foi realizada uma análise crítica para a identificação dos critérios a serem adotados no laboratório e que podem ser adequados as condições locais.

Resultados 1. A identificação, definição e descrição dos requisitos técnicos a serem adoptados por um SMIE para iniciar a prestação de serviço em Moçambique, que são

apresentados em forma de Requisitos para aprovação de um Laboratório de Monitoria Individual em Moçambique; 2. Adequação dos procedimentos técnico para laboratórios do exterior do país. Conclusão Os requisitos para funcionamento de um laboratório de dosimetria garantem que o sistema utilizado para a monitoração forneça resultados tecnicamente confiáveis e aprovados pela Autoridade Reguladora, permitindo a demonstração do cumprimento dos critérios padrões estabelecidos por normas nacionais e internacionais. A formulação destes requisitos é importante, visto que, através da implementação de um serviço de monitoração individual externa, reconhecido pela Autoridade Reguladora nacional, as doses recebidas pelos indivíduos serão consideradas fiáveis e com valor legal para a monitoria individual. Os procedimentos técnicos num serviço de dosimetria, adequados de acordo com a disponibilidade dos equipamentos e instrumentos auxiliares, permitirão com que o país não aceite a monitoria individual realizada por laboratórios cujos critérios de controlo de qualidade e procedimentos são desconhecidos pela Autoridade Reguladora.

Referências bibliográficas: Rerefncia bibliográficas 1. Adelaide Benedita Armando Francisco, Requisitos técnicos para a implantação de um serviço de monitoração individual para avaliação da grandeza $h_p(10)$ utilizando dosimetria termoluminescente, Instituto de Radioproteção e Dosimetria – Comissão Nacional de Energia Nuclear, Coordenação de Pós-Graduação, 2016. 2. GARCIA-ALVES, J. et al. Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation. Radiation Protection No 160. European Commission, Luxemburg, p. 52, 2009. 3. INTERNATIONAL STANDARD, IEC, 61066. Thermoluminescence dosimetry systems for personal and environmental monitoring. Segunda edição, Junho 2006. 4. Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards, GSR Part 3, IAEA, 2014. 5. ISSO 17025, 2018 6. ISO 4037, 7. Decreto 49/2018 Regulamento de Proteção Radiológica, Agência Nacional de Energia Atómica, 2018.

Palavras-chave: Dosimetria Individual, Laoboratório de Dosimetria,

Trabalho 161**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Simulação matemática**Título:** Determinação das curvas-resposta de detectores NaI(Tl) para aplicações de técnicas nucleares.**Autor principal:** VINICIUS ARAÚJO SILVA MARQUES**Autores:** William Luna Salgado, César Marques Salgado e Ademir Xavier da Silva**Instituição:** Universidade Federal do Rio de Janeiro**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

O detector de radiação é um dispositivo essencial para detecção e medição de radiação em diversos meios. Entre os tipos de detectores, os cintiladores de NaI(Tl) são amplamente utilizados devido à sua operação eficiente em temperatura ambiente e ao seu baixo custo [1], sendo especialmente usados em aplicações de técnicas nucleares como medidores de densidade e espessura. Este trabalho focou na modelagem computacional de um detector cintilador de NaI(Tl) com dimensões $2'' \times 2''$, que será utilizado em futuros projetos e pesquisas no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN). A calibração e caracterização do detector foram realizadas determinando-se parâmetros essenciais, como a tensão de operação, a curva de eficiência absoluta de fotopico e a curva de resolução de energia. Para essa finalidade, foram utilizados cinco diferentes padrões de radioisótopos (Cs137, Co60, Ho166, Eu152 e Am241). O modelo computacional foi desenvolvido com auxílio do código computacional MCNP6 [2], baseado no método de Monte Carlo, e sua validação foi feita por meio de comparação com espectros experimentais. Os resultados mostraram que a tensão de operação ideal do detector é de 850 V, onde se observou a menor variação de contagem para pequenas variações da tensão elétrica. As curvas de eficiência absoluta de fotopico e de resolução de energia foram ajustadas com funções matemáticas específicas. O parâmetro coeficiente de regressão R^2 foi obtido para avaliar a adequação do ajuste aos dados experimentais. Os valores de R^2 foram 0,994 para a curva de eficiência energética e de 0,9971 para a resolução de energia, indicando um bom ajuste dos dados experimentais. A modelagem computacional gerou espectros simulados que foram comparados com os espectros experimentais obtidos no laboratório, utilizando as fontes de Cs137 e Am241 que representam energia alta e baixa, respectivamente. Por fim, foi calculado a eficiência dos espectros simulados, mostrando que os valores simulados estavam muito próximos dos valores experimentais, com um erro relativo máximo de 12,38%. Em conclusão, os resultados mostraram que os espectros simulados apresentaram uma boa concordância com os experimentais. A calibração do detector foi eficaz, com curvas-resposta que indicam uma modelagem precisa.

Referências bibliográficas: [1] N., Tsouflanidis, Measurement and Detection of Radiation, McGraw-Hill, New York & USA (1983). [2] GOORLEY, T., JAMES, M., BOOTH, T., BROWN, F., BULL, J., COX, L.J., DURKEE, J., ELSON, J., FENSIN, M., FORSTER, R.A., HENDRICKS, J., HUGHES, H.G., JOHNS, R., KIEDROWSKI, B., MARTZ, R., MASHNIK, S., MCKINNEY, G., PELOWITZ, D., PRAEL, R., SWEEZY, J., WATERS, L., WILCOX, T., ZUKAITIS, T., 2016.” Features of MCNP6”, Annals of Nuclear Energy, Vol.87, pp. 772-783.

Palavras-chave: detector, modelagem, validação, coeficientes.

Trabalho 162**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Análise da associação entre resultados de varredura gama em ambientes externos e medições com dosímetros termoluminescentes (TLD) em ambientes internos de Belo Horizonte - MG**Autor principal:** ISABELA NICOMEDES SILVA FERREIRA**Autores:** Júlia Batista Severo, Laura Cardoso Takahashi, Peterson Lima Squair, Ricardo Gomes Passos**Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)**Cidade-UF:** Belo Horizonte - MG

Os principais radionuclídeos que compõem a radioatividade natural são o urânio, tório e potássio, e seus produtos de decaimento. A distribuição deles nos solos depende do conteúdo radioativo das rochas que os originaram. Por isso, estudos radiométricos visam determinar áreas com alta concentração de radionuclídeos e o possível risco associado à exposição à radiação ionizante. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a relação entre os valores obtidos pelo detector RS-230 (RadiationSolutions/CANADÁ), utilizado para realização de uma varredura da radiação gama em ambientes externos, com os valores obtidos por dosímetros termoluminescente (TLDs) de LiF: Mg, Cu, P (MCP), utilizados para registro da dose de radiação decorrente da radiação gama em ambientes internos. A área selecionada para estudo foi Belo Horizonte/MG, que apresenta características geológicas sugerindo a existência de áreas com background elevado. Pesquisadores do Laboratório de Radioatividade Natural do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (LRN/CDTN) realizaram varreduras gama pela cidade, utilizando o espectrômetro RS-230, acoplado a um Sistema de Posicionamento Global (GPS). As coordenadas foram usadas no geoprocessamento, através do programa ArcGis®, identificando de forma quantitativa e qualitativamente os radionuclídeos ^{238}U , ^{232}Th e ^{40}K . A Campanha de Monitoração de Radônio em Ambientes Internos (CMRAI-BH), desenvolvida pelo LRN/CDTN, também analisou a radiação gama por meio de TLDs do tipo LiF: MCP, obtendo a grandeza equivalente de dose ambiente $H^*(10)$. A varredura foi realizada em 9496 pontos da cidade com o valor máximo de 41349 contagens por segundo (cps), média de 185 cps e mediana de 163 cps. A região de BH que apresentou maior valor de cps foi a região centro-sul, seguido da região Nordeste, Oeste e Leste. A CMRAI-BH analisou 412 ambientes internos distribuídos homogeneamente ao longo da cidade. A média dos valores, em mSv/ano, medidos em cada região foi: 1,26 (Centro-sul), 1,30 (Venda-Nova), 1,30 (Norte), 1,31 (Pampulha), 1,33 (Nordeste), 1,37 (Oeste), 1,40 (Barreiro), 1,43 (Noroeste) e

1,43 (Leste), com os pontos mais altos registrados, em mSv/ano, nas regiões Oeste (3,07), Noroeste (2,99) e Leste (2,01). Estudos demonstram que o valor do equivalente de dose ambiente $H^*(10)$ considerados normais estão na faixa de 0,7 a 3 mSv/ano. Os estudos quantitativos não apontam, inicialmente, uma associação evidente dos valores obtidos na varredura gama e nos TLDs. No entanto, a visualização qualitativa em um mapa dos dados obtidos poderia indicar hotspots, os quais não estão agrupados por valores de regiões e sim por locais específicos da cidade. É importante salientar que a varredura gama é realizada a, aproximadamente, 1 m do chão e os ambientes internos estudados contou com casas com mais de um andar e apartamentos. O presente trabalho conclui que BH apresenta hotspots identificados pela varredura gama em ambientes externos. Já em relação à dose ambiente $H^*(10)$, apenas um ponto apresentou valor acima do recomendado, sendo assim, não apontando anomalia dentro dos ambientes internos em uma região específica.

Referências bibliográficas: CARDSO, G. P. “Simulação de Monte Carlo e medidas experimentais da resposta do detector MTS-N a fótons de radiação X e gama”. Tese de mestrado do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil (2020). DUARTE, M. P. "Interpretation of the natural radioactive anomalies in the central area of Belo Horizonte/Brazil". International Nuclear Atlantic Conference - INAC, 2017. TAKAHASHI, L. C. “Região metropolitana de Belo Horizonte: potencial de estudo da radioatividade natural”. In: Anais da Semana Nacional de Engenharia Nuclear e da Energia e Ciências das Radiações. Brasil, Belo Horizonte, 2022. TAKAHASHI, L. C. "Instrumentation for measuring equivalent ambient dose in urban buildings using TLDs". Applied Radiation and Isotopes, Vol. 202, December 2023.

Palavras-chave: Varredura gama, Radionuclídeos, Dosímetros termoluminescentes.

Trabalho 163**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Formação de recursos humanos**Título:** Exame para avaliação da qualificação de candidatos a supervisores de proteção radiológica: CNEN habilitando profissionais para supervisão da aplicação das medidas de radioproteção**Autor principal:** TANIA MARA MUGUET HAISMAN**Autores:** Flávia Cristina da Silva Teixeira; Gustavo Ferrari de Moraes**Instituição:** Comissão Nacional de Energia Nuclear**Cidade-UF:** Rio de Janeiro, RJ

O exame para avaliação da qualificação de candidatos a Supervisores de Proteção Radiológica (SPR) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) apresenta significativas particularidades em relação a habilitação profissional, tendo em vista ser um requisito normativo em razão dos riscos associados às instalações radiativas e nucleares. Com o objetivo de propiciar maior compreensão da importância da certificação da qualificação desses profissionais, o presente trabalho apresenta uma análise resumida dos principais aspectos históricos progressivos das resoluções que deram origem à atual norma CNEN NN 7.01, de 2020, destacando-se as resoluções de 1974 e 1995 por terem dado origem aos requisitos necessários à certificação. Complementarmente, apresentamos a atual estrutura da certificação na CNEN e o papel dos principais atores jurídicos e físicos no processo de concessão do certificado. De acordo com análises feitas da relação entre o atual número de profissionais certificados e o número de instalações licenciadas, nos últimos três anos é observado que as áreas de atuação de medidores nucleares e radioterapia continuam sendo as que mais certificam. A certificação de SPR não só confere ao profissional uma importante responsabilidade na cadeia hierárquica da proteção radiológica em uma instalação, mas também um status, que podemos entender como um facilitador e beneficiador em termos de empregabilidade em instalações radiativas e nucleares.

Referências bibliográficas: Decretos: BRASIL. Decreto n.º 51.726, de 19 de fevereiro de 1963. Aprova o Regulamento para execução da Lei n.º 4.118, de 27 de agosto de 1962. Diário Oficial da União, Brasília, 1963. BRASIL. Decreto n.º 5.667, de 10 de janeiro de 2006. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2006. Leis: BRASIL. Lei n.º 6.189, de 16 de dezembro de 1974. Altera a Lei n.º 4.118, de 27 de agosto de 1962, e a Lei n. 5.740, de 1º de dezembro de 1971, que criaram, respectivamente, a comissão Nacional de Energia

Nuclear - CNEN e a Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear - CBTN, que passa a denominar-se Empresas Nucleares Brasileiras Sociedade Anônima - NUCLEBRÁS, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 1974. BRASIL. Lei nº 7.781, de 27 de junho de 1989. Conversão da MPV nº 64, de 1989. Dá nova redação aos artigos 2º, 10 e 19 da Lei nº 6.189, de 16 de dezembro de 1974, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 1989. Resoluções: BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN 6/73, de 19 de junho de 1973. Aprovação da Norma Básica de Proteção Radiológica. Rio de Janeiro: CNEN, 1973. BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN 2/74, de 19 de fevereiro de 1974. Constituição de uma comissão para credenciar pessoas físicas e jurídicas para o exercício de atividades inerentes à Proteção Radiológica, operação com materiais radioativos e equipamentos geradores de radiação e dirimir dúvidas na aplicação das Normas Básicas de Proteção Radiológica baixadas pela Resolução CNEN 6/73. Rio de Janeiro: CNEN, 1974. BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN 3/74, de 10 de fevereiro de 1974. Normas para credenciamento de pessoas físicas ou jurídicas para supervisão e aplicação das medidas de proteção radiológica. Rio de Janeiro: CNEN, 1974. BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN 9/88, de 19 de julho de 1988. Aprovação, em caráter experimental, a Norma Certificação da Qualificação de Supervisores de Radioproteção. Rio de Janeiro: CNEN, 1988. BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN 5/95, de 21 de agosto de 1995. Aprovação da Norma CNEN-NN-3.03 Certificação da Qualificação de Supervisores de Radioproteção. Rio de Janeiro: CNEN, 1995. BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN 12/99, de 16 de setembro de 1999. Revogação do item 6.6 da Norma Nuclear CNEN-NN-3.03 – “Certificação da Qualificação de Supervisores de Radioproteção”. Rio de Janeiro: CNEN, 1999. BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN 111/11, de 05 de setembro de 2011. Estabelecimento dos requisitos necessários à certificação da qualificação de supervisores de proteção radiológica. Rio de Janeiro: CNEN, 2011. BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN 146/13, de 20 de março de 2013. Dispõe sobre a certificação da qualificação de supervisores de proteção radiológica. Rio de Janeiro: CNEN, 2013. BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN 259/20, de 02 de março de 2020. Dispõe sobre a certificação da qualificação de supervisores de proteção radiológica. Rio de Janeiro: CNEN, 2020. Sítio Eletrônico COMISSÃO Nacional de Energia Nuclear. Glossário do Setor Nuclear e Radiológico Brasileiro: Rio de Janeiro: CNEN, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/normas/glossario/glossario-do-setor-nuclear-e-radiologico-brasileiro.pdf> Acesso em: 04 set 2024. TEIXEIRA, F. C. S. Processo de Certificação de Supervisores de Proteção Radiológica – CNEN. WiN BRASIL, 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=oVKEy_km9ro Acesso em: 04 set 2024.

Palavras-chave: supervisor de proteção radiológica, certificação, instalações radiativas e nucleares

Trabalho 164**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** Food Irradiation for Navy Operations to Enhance Storage and Preservation of Fresh Food**Autor principal:** DENISE LEVY**Autores:** Pedro Alexandre Pinto Celestino e Roberto Ortiz**Instituição:** Marinha do Brasil / IPEN CNEN**Cidade-UF:** São Paulo

It is estimated that one third of the world's food production is lost before reaching the consumers. The United Nations (UN) recommends actions to reduce losses, taking into account food safety and sustainability, as well as the balance of food supply and demand. Food irradiation is a safe method for food preservation, eliminating or inactivating insect larvae, parasites, fungi and bacteria present in food, mitigating the risk of foodborne diseases. Moreover, it allows the inhibition or delay of physiological processes, such as sprouting and ripening, extending shelf life. Therefore, food irradiation can play a crucial role for food preservation and safety in naval environments. Submarine missions often involve extended periods without access to ports or external supply sources. The autonomy of the vessel depends on the ability to maintain a sustainable food reserve for the entire crew during these prolonged operations. Ensuring adequate food preservation is a strategic priority. Nevertheless, despite the undeniable benefits of food irradiation, research indicates that a large part of the population is unaware of the matter. Unfounded prejudices influence the risk perception and the public acceptance. Even though, literature review indicates that short trustful information has a great impact on risk perception and new attitudes. This study presents a qualitative descriptive study as an instrument to assess knowledge about food irradiation among the Brazilian Navy military population. The methodology to prepare this research was based on the works of Modanez (2012), Levy, Sordi and Villavicencio (2018) and Juliana Gallo et al. (2022). The survey included 50 respondents aged between 28 and 58, who work with the Brazilian Navy in different roles and distinct states throughout the country. In the first phase of the survey, based on prior knowledge, 28% of respondents demonstrated a negative perception of food irradiation and 54% claimed to be aware of food irradiation, demonstrating acceptance of the process. After receiving information through slides and videos, the negative perception dropped to 12% and the intention to consume increased to 82%. Indeed, the results indicate that trustworthy informative actions shall promote a substantial increase in the willingness to consume irradiated foods. Food irradiation is recognized by health surveillance authorities in 37

countries, among which twenty-four have already adopted irradiation in commercial practices, corroborating its effectiveness and global acceptance. The authors highlight (1) the potential value of food irradiation technology for the Brazilian Navy, offering potential benefits to the health and well-being of naval personnel, and (2) the influence of adequate and sufficient information on replacing wrong risk perceptions by tangible health benefits, as the advantage of consuming fresh products during prolonged operations.

Referências bibliográficas: [1] Irradiação Site Embrapa. Available in: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/tipos-de-processos/irradiacao>. [2] LEVY, D., SORDI, G.M.A.A., VILLAVICENCIO, A.L.C.H. Construindo pontes entre ciência e sociedade: divulgação científica sobre irradiação de alimentos. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, vol. 6, n. 1, pp. 1-13 (2018). DOI: <https://doi.org/10.15392/bjrs.v6i1.343>. [3] LEVY, D., SORDI, G.M.A.A., VILLAVICENCIO, A.L.C.H. Irradiação de alimentos no Brasil: revisão histórica, situação atual e desafios futuros. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, vol. 8, n. 3, pp. 1-16 (2020). DOI: [10.15392/bjrs.v8i3.1241](https://doi.org/10.15392/bjrs.v8i3.1241). [4] MODANEZ, L. Aceitação de Alimentos Irradiados: Uma questão de Educação. 2012. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) – IPEN-CNEN/SP, São Paulo. [5] GALLO, J. M. A. S., SANTOS, E. M., BUSSADORI, S. K., GONÇALVES, M. L. L., TABOADA, A. P. S., RAIMUNDO, D., LUCIO, C. F., FERNANDES, M. T. L., AZEVEDO, M. R. (2022). Avaliação sobre o conhecimento e aceitação de alimentos irradiados no banco de alimentos no Brasil - divulgação sobre os benefícios da tecnologia. [10.56238/sevcipcsv1-034](https://doi.org/10.56238/sevcipcsv1-034).

Palavras-chave: Naval Environments ; Food Irradiation; Risk Perception; Public Acceptance

Trabalho 165**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Utilização de um Sistema de Informação Geográfica – SIG na caracterização radiométrica dos sedimentos da bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas, Planalto de Poços de Caldas.**Autor principal:** HEBER LUIZ CAPONI ALBERTI**Autores:****Instituição:** LAPOC/CNEN**Cidade-UF:** Poços de Caldas-MG

Este trabalho teve como objetivo realizar uma caracterização da concentração dos elementos radioativos nos sedimentos ao longo das drenagens da bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas. A bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas é responsável pela drenagem de 70% do Planalto de Poços de Caldas, onde está inserida a primeira instalação de mineração e beneficiamento de urânio do Brasil, a Unidade em Descomissionamento de Caldas (UDC), pertencente às Indústrias Nucleares do Brasil – INB. O Planalto de Poços de Caldas é considerado uma região de elevada radioatividade natural devido a sua formação geológica e a mineração e beneficiamento de minério acarretaram a geração de grandes quantidades de resíduos que podem resultar na alteração da concentração de elementos radioativos no sedimento. A caracterização radiométrica dos sedimentos foi realizada através da estruturação de um banco dados cartográficos contendo os resultados de monitoramento ambiental realizado pelo LAPOC, nos últimos 10 anos, em 3 diferentes projetos: (I) Projeto 1 – Câmara Municipal de Poços de Caldas; (ii) Projeto 2 – DMED e (iii) Projeto 3 – PMRA LAPOC. A elaboração de um banco de dados geográficos permitiu integrar os resultados de monitoramento e visualizar os resultados de forma espacial. Desta forma, foi possível determinar que: (i) as concentrações médias de urânio encontradas no Ribeirão das Antas apresentaram valores acima de 1000 Bq/Kg, sendo que eventualmente ocorrem valores de concentração acima de 2.500 Bq/kg; (ii) as concentrações de elementos radioativos nos afluentes do Ribeirão das Antas, ou seja, sem influência da INB/UDC, apresentam valores abaixo de 500 Bq/Kg; (iii) nos primeiros 5 km do Ribeirão das Antas as concentrações de Urânio no sedimento são, no mínimo, cerca de 5 vezes maior do que o background do Planalto de Poços de Caldas. Nos próximos 15 km rio abaixo, essas concentrações são cerca de 3 vezes maior. E na cabeceira da Represa do Bortolan, localizada cerca de 40 km rio abaixo, as concentrações de urânio no sedimento são 2 vezes maior do que o background e (iv) se considerarmos que os 40 km de curso d'água a jusante da barragem de Águas Claras possuem uma largura média no canal de 4 metros, podemos

dizer que são cerca de 16 hectares de leito de rio com concentrações de U acima de 40 mg/kg.

Referências bibliográficas: CNEN, DMA, DMAE E INB. Relatório técnico da Comissão das Águas: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS E SEDIMENTOS DAS MICROBACIAS DO RIBEIRÃO DAS ANTAS E DO RIBEIRÃO DE CALDAS NO PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS. 2012. CNEN/LAPOC. Relatório técnico: Estudo da qualidade química, física, radiométrica e biológica da água e do sedimento em bacia hidrográfica sob influência de mineração de urânio e elevada radioatividade natural: técnicas convencionais e nucleares. 2017. INB. RELATÓRIO DO PROGRAMA DE MONITORAÇÃO RADIOLÓGICA AMBIENTAL DA UDC - ANO 2020, a INB/UDC.

Palavras-chave: sedimentos, geoprocessamento, radioproteção ambiental

Trabalho 166**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Avaliação de peptídeo antimicrobiano (PAM) irradiado com radiação ionizante visando o desenvolvimento de biossensor para detecção de agentes de uso em bioterrorismo. +**Autor principal:** MARCELA RABELO DE LIMA**Autores:** Garbimb, F. M.; Bandeirab, J. N. C.; Pereirab, G. S.; Serranoc, N. F. G.; Boareto-Mendesb, A. J.; Araujo-Moreirab, F.M.**Instituição:** Instituto Militar De Engenharia-IME**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

A crescente preocupação com agentes biológicos que podem ser usados como bioarmas em incidentes de bioterrorismo ressalta a necessidade de materiais e métodos eficazes para a sua detecção. Este estudo se concentra no peptídeo antimicrobiano (PAM) denominado NS-3, avaliando seu comportamento antimicrobiano em condições adversas após a sua exposição a diferentes tipos de radiação ionizante (gama, raios x, nêutrons e UV-C). O objetivo do trabalho visa desenvolver um biossensor baseado no PAM NS-3 que possa detectar agentes de guerra biológica, assim como verificar a sua eficácia em ambientes de combate onde esse tipo de radiação estiver presente. Também, numa etapa futura, esse mesmo PAM terá avaliado seu potencial como antídoto para combatentes em campo contra diversos agentes patogênicos. O peptídeo NS-3 será exposto a diferentes tipos de radiação ionizante para investigar as alterações estruturais e funcionais que possam ocorrer. Serão realizados ensaios de difusão em ágar, micro diluição associada a MTT para determinar a concentração inibitória mínima (IC50) e análises de efeito citopático em células permissivas a diferentes tipos de microrganismos para avaliar a eficácia do NS-3 irradiado. O biossensor baseado no NS-3 será desenvolvido visando detectar e quantificar esses microrganismos com alta sensibilidade e especificidade. Seu desempenho será comparado com métodos tradicionais. O projeto está em andamento, e os resultados preliminares indicam que o NS-3 sofre alterações significativas em suas propriedades antimicrobianas após exposição a radiações ionizantes dos tipos antes mencionados. O desenvolvimento do biossensor está em fase inicial, com testes preliminares que mostram a sua capacidade de detectar microrganismos com precisão e sensibilidade mesmo após o PAM ter sofrido irradiação por agentes ionizantes. O biossensor em desenvolvimento mostra-se uma ferramenta promissora para avaliar a eficácia de peptídeos antimicrobianos em condições de irradiação. Com o avanço dos testes e validações, este biossensor baseado no NS-3

poderá fornecer uma solução prática contribuindo para a segurança e defesa nacional contra ameaças biológicas.

Referências bibliográficas: 1. Em início do processo de patenteamento junto ao INPI via AGITEC, Agência de Gestão e Inovação Tecnológica do Exército (2022). 2. <http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf> 3. Efeitos biológicos das radiações ionizantes - Instituto de Engenharia 4. Sanderson, J. M.; Peptide–lipid interactions: insights and perspectives; *Organic & Biomolecular Chemistry*, v.3, n.2, p.201-212 (2005). 5. Bechinger, B.; The structure, dynamics and orientation of antimicrobial peptides in membranes by multidimensional solid-state NMR spectroscopy; *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes*, v.1462, n.1-2, p.157-183 (1999). 6. Shai, Y.; Mode of action of membrane active antimicrobial peptides; *Biopolymers*, v.66, n.4, p.236-248 (2002). 7. Bechinger, B. e Lohner, K.; Detergent-like actions of linear amphipathic cationic antimicrobial peptides; *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes*, v.1758, n.9, p.1529-1539 (2006). 8. Zasloff, M.; Antimicrobial peptides of multicellular organisms; *Nature*, v.415, n.6870, p.389-395(2002)

Palavras-chave: biossensor; peptídeos antimicrobianos; irradiação; biodefesa; radiação ionizante.

Trabalho 167**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Explorando o Uso de Nanopartículas de Óxido de Cério (CeO₂) para Detecção de Radônio (Rn)**Autor principal:** SUELEN CRISTINA SILVA OLIVEIRA**Autores:** Fernando Manuel Araújo Moreira**Instituição:** Instituto Militar de Engenharia (IME)**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

O radônio (Rn) é um gás radioativo natural proveniente do decaimento do urânio (U) e do tório (Th), sendo considerado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) a segunda principal causa de câncer de pulmão, atrás apenas do tabagismo. Dada a sua prevalência e os riscos significativos à saúde, a detecção eficiente do radônio é crucial para a mitigação de exposições prolongadas. Este artigo investiga o potencial do óxido de cério (CeO₂) como um material promissor para dispositivos de detecção de radônio, destacando suas propriedades físico-químicas, como alta capacidade de oxidação e reatividade química. A análise teórica sugere que nanopartículas de (CeO₂) podem oferecer melhorias significativas em termos de sensibilidade e especificidade em relação às tecnologias de detecção existentes. Apesar do caráter exploratório, este estudo aponta para a viabilidade do uso do (CeO₂) em sensores inovadores, abordando tanto as vantagens como os desafios associados ao desenvolvimento desses dispositivos. Futuras etapas experimentais serão delineadas para validar os conceitos apresentados e avaliar a integração prática desses sensores em sistemas de monitoramento de radônio.

Referências bibliográficas: [1] Souza Filho, O.A., Rocha, Z. (2018). Programa de Risco de Radônio para o Brasil. VIII Simpósio Brasileiro de Geofísica. Disponível em: https://sbgf.org.br/mysbgf/eventos/expanded_abstracts/VIII_SimBGf/PROGRAMA%20D E%20RISCO%20DE%20RAD%C3%94NIO%20PARA%20O%20BRASIL.pdf. Acesso em: 05 set. 2024. [2] World Health Organization (WHO). Handbook on indoor radon: a public health perspective / Ed. Zeeb, H.; Shannoun, F. World Health Organization, Geneve, 94 p. 2019. [3] World Health Organization (WHO). WHO Handbook on Radon in Indoor Settings: A Public Health Perspective/edited by Hajo Zeeb and Ferid Shannoun. – São Paulo, SP: 1st Edition, 2016. [4] Kshitij RB Singh et al. Cerium oxide nanoparticles: properties, biosynthesis and biomedical application. Royal Society of Chemistry. 21st July 2020. DOI: 10.1039/D0RA04736H (Review Article) RSC Adv., 2020, 10, 27194-27214. [5] OpenAI – ChatGPT. Figura 1. Disponível em: < <https://chat.openai.com/chat>>. Acesso

em: 30 ago. 2024. [6] Correa, R. T., (2016). Radiometric Map of Brazil (first edition). Scale 1: 25,000,000. Brasília, CPRM - Geological Survey of Brazil. [7] AGÊNCIA GOV. Estudos vão avaliar concentração de gás radônio em municípios do Amapá. 2024. Notícia de 19 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202402/servico-geologico-do-brasil-e-instituto-de-radioprotecao-e-dosimetria-irao-avaliar-gas-radonio-em-municipios-do-amapa>. Acesso em: 05 set. 2024. [8] El-Taher, Atef. (2018). An Overview of Instrumentation for Measuring Radon in Environmental Studies. *Journal of Radiation and Nuclear Applications*. J. Rad. Nucl. Appl. 3, No. 3, 135-141 (2018). DOI:10.18576/JRNA/030302. [9] Baskaran, M. (2016). Radon Measurement Techniques. In: *Radon: A Tracer for Geological, Geophysical and Geochemical Studies*. Springer Geochemistry. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21329-3_2. [10] Agência FAPESP. Grupo estudada o uso de nanopartículas de óxido de cério na detecção de monóxido de carbono. Notícia de 05 de abril de 2022. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/grupo-estuda-o-uso-de-nanoparticulas-de-oxido-de-cerio-na-deteccao-de-monoxido-de-carbono/38304>. Acesso em: 05 set. 2024. [11] Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD). Laboratório de Radônio do IRD participa de exercício internacional de intercomparação para medições de radônio. Notícia de 29 de maio de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ird/pt-br/assuntos/noticias/noticias-2024/laboratorio-de-radonio-do-ird-participa-de-exercicio-internacional-de-intercomparacao-para-medicoes-de-radonio>. Acesso em: 06 set. 2024. [12] Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD). IRD recebe novo equipamento para medir concentrações de radônio. Notícia de 04 de outubro de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ird/pt-br/assuntos/noticias/noticias-2021/ird-recebe-novo-equipamento-para-medir-concentracoes-de-radonio>. Acesso em: 06 set. 2024.

Palavras-chave: radônio, óxido de cério, nanopartículas, sensores.

Trabalho 168**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Radão. Um inimigo a saúde pública.**Autor principal:** RAIMUNDO SATELA**Autores:** Alexandre Maphossa, Moniz Zuca**Instituição:** Agência Nacional de Energia Atômica (ANEA)-Moçambique**Cidade-UF:** Maputo

O gás radioactivo radão-222, é um gás incolor, inodor e insípido, que não pode ser detectado pelos cinco sentidos do homem, com um período de semi—desintegração ($T_{1/2}$) de 3,82 dias, é resultante do decaimento radioactivo de urânio e tório e é responsável por uma dose média anual de 2,4 mSv correspondente à 55% de dose de radiação que o homem está exposto na terra por radioactividade natural. . O presente trabalho visa medir os níveis de radão em ambientes fechados onde decorrem as actividades laborais. Para o efeito utilizou se o método de detecção activa do radão, por meio de um detector de radão o RadonScout Plus. Escolheu-se cinco distritos da Cidade de Maputo e em cada distrito escolheu-se quatro residências feitas de material conveccional e que não existiam fumantes, e em cada residência foram feitas medições contínuas em 72 horas (3 dias). Para o cálculo da dose equivalente utilizaram-se dois métodos, nomeadamente o método de Chouby e Ramola (1997) e o método da UNSCEAR (2000b). A média de concentração de ^{222}Rn na Cidade de Maputo é de $10,367 \pm 6$ Bq/m³, correspondente a uma dose equivalente anual de 0,388 mSv e uma taxa de dose equivalente de 0,039 mSv/ano para o método 1. Para o método 2 obteve-se uma dose equivalente anual de 22,365 mSv e taxa de dose equivalente de 2,239 mSv/ano. Estes valores de dose equivalente estão abaixo do recomendado pela ICRP para a exposição pública ao ^{222}Rn (3—10 mSv/ano). A concentração de ^{222}Rn na Cidade de Maputo está abaixo dos limites estabelecidos pela UNSCEAR (40 Bq/m³) e pela US. EPA (148 Bq/m³) para o interior de residências. Pela análise dos resultados obtidos concluí-se que não se pode chegar à uma relação quantitativa entre a incidência do cancro do pulmão e as concentrações do ^{222}Rn na Cidade de Maputo.

Referências bibliográficas: Andreucci, R.(2003) “Aspectos Industriais. Protecção Radiológica.” Brazil.abede. Bevelacqua, J.J. “Contemporary Health Physics” Second, Updated and Enlarged Edition. Wiley-VCH. USA. 2009 Committee on Risk Assessment of Exposure to Radon in Drinking Water. National Academy press Washington, D.C. 1999. Cothorn, C.R e Smith Jr, J.E.(1987)”Environmental Radon” Plenum Press, New York.

Gruppen, C. "Introduction to Radiation Protection" 4th Edition. Springer, Berlin, Germany, 2010.

Palavras-chave: Radão, concentração de radão, dose equivalente anual.

Trabalho 169**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Reatores Nucleares Avançados**Título:** THE ROLE OF SMALL MODULAR REACTORS IN ENHANCING GLOBAL ENERGY SECURITY A comparative analysis of deployment strategies in diverse energy markets and economies**Autor principal:** LEONAM DOS SANTOS GUIMARAES**Autores:** KARLA LEPETITGALAND**Instituição:** ABDAN e AMAZUL**Cidade-UF:** São Paulo

The paper comprehensively assesses the potential deployment of small modular reactors (SMRs) in global energy markets. Section one examines the current energy security landscape and contextualizes the role SMRs may play in meeting expanding energy needs while promoting sustainability. Energy security concepts will be explored alongside geopolitical factors influencing policies. Section two provides a comparative analysis of SMR deployment strategies across developed and developing country contexts. Hypothetical case studies and scenarios will assess economic feasibility, regulatory environments, and infrastructural readiness factors for various implementation approaches. Realistic opportunities and challenges for both near-term and long-term adoption will be identified. Section three explores how SMRs can complement intermittent renewable technologies like solar and wind to create reliable hybrid energy systems and support green hydrogen hubs feasibility. The potential for SMRs to enhance the stability and resilience of grids integrating high shares of renewables is analyzed. Technical integration considerations and projected cost-competitiveness compared to alternatives is also addressed. The final section offers policy recommendations necessary to successfully integrate SMRs domestically and internationally. By taking a multidisciplinary look at technical, economic, political and environmental factors, the paper presents a comprehensive analysis of SMR deployment options. The topic directly engages with priorities around energy access, sustainability and innovation, ensuring its relevance to ongoing scientific and policy discussions.

Referências bibliográficas: [1] IEA, World Energy Outlook 2022, International Energy Agency, Paris (2022). [2] IPCC, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Cambridge University Press, Cambridge (2022). [3] WEC, Energy Security Scenarios to 2050, World Energy Council, London (2017). [4] IAEA. Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, INFCIRC/854, IAEA, Vienna

(2021). [5] WEC, World Energy Trilemma Index 2022, World Energy Council, London (2021). [6] IRENA, Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi (2022). [7] NEA, Advanced Nuclear Power Technologies for Sustainable Development: Small Modular Reactors, OECD Nuclear Energy Agency, Paris (2023). [8] IAEA, "Advancing Nuclear Innovation: Opportunities and Challenges for Small Modular Reactors", IAEA Nuclear Energy Series No. NP-T-3.25, International Atomic Energy Agency, Vienna (2019). [9] IAEA, "The Role of Nuclear Energy in National Energy Strategies for Attaining Sustainable Development Goals", IAEA Nuclear Energy Series No. NG-G-2.1A, International Atomic Energy Agency, Vienna (2023). [10] IAEA, "Nuclear-Renewable Energy Synergies for a Sustainable Energy Future", IAEA Nuclear Energy Series Working Paper No. NW-T-1.17, International Atomic Energy Agency, Vienna (2019). [11] Study in International Journal of Hydrogen Energy "Techno-economic analysis of integrated renewable hydrogen production" (2021) [12] U.S. Department of Energy report "H2@Scale Vision Study" (2020). [13] IAEA, "Deployment of Small and Medium Sized Nuclear Reactors: Status, Prospects and Policy Challenges", IAEA Nuclear Energy Series Working Paper No. NP-T-1.17, International Atomic Energy Agency, Vienna (2020). [14] NuScale Power. "NuScale SMR Technology Integrated with Renewable Energy Sources: Technical and Economic Considerations." White Paper, NuScale Power LLC, 2020. https://www.nuscalepower.com/sites/default/files/2021-02/WP-1150_Nuclear-Renewable_Integration.pdf. [15] Rosatom State Corporation. "Akademik Lomonosov Floating Nuclear Power Plant." Rosatom, 2021. <https://www.rosatom.ru/en/innovations/akademik-lomonosov/>.

Palavras-chave: small modular reactor deployment

Trabalho 170**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** Humanização no Atendimento em Radiodiagnóstico: Desenvolvimento, Aplicação e Análise de um Questionário com Profissionais da Saúde.**Autor principal:** JOSE CLÁUDIO DE JESUS**Autores:** Carla Daruich de Souza, Maria da Penha Albuquerque Potiens**Instituição:** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**Cidade-UF:** SAO PAULO - SP

O presente estudo teve como objetivo criar, aplicar e analisar um questionário voltado à avaliação da humanização no atendimento a pacientes submetidos a procedimentos de radiodiagnóstico, realizado por profissionais da saúde. A criação do questionário baseou-se em aspectos centrais da humanização no cuidado, seguindo as diretrizes da Política Nacional de Humanização (PNH), com foco na comunicação, empatia, respeito à dignidade e à redução de exposições desnecessárias à radiação. A aplicação do questionário foi realizada por meio de uma plataforma online, garantindo a confidencialidade das respostas e facilitando o acesso dos profissionais. Os participantes incluíram tecnólogos, técnicos e outros profissionais de saúde envolvidos diretamente no atendimento a pacientes em radiodiagnóstico. Após a coleta, os dados foram analisados quantitativa e qualitativamente, identificando-se percepções dos profissionais sobre a importância da humanização no atendimento, as dificuldades enfrentadas e as práticas adotadas para minimizar a repetição de exames e proteger os pacientes. Os resultados parciais mostraram percepções apontaram áreas críticas para melhorias e a necessidade de treinamentos adicionais em proteção radiológica e abordagem humanizada. A análise final subsidiará a criação de uma cartilha de recomendações práticas para qualificar o atendimento e otimizar a relação entre segurança técnica e humanização no radiodiagnóstico.

Referências bibliográficas: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. A Experiência da Diretriz de Ambiente da Política Nacional de Humanização – PNH. 1 ed. Brasília. 2017. Disponível em link. https://redehumanizasus.net/wpcontent/uploads/2017/09/experiencia_diretriz_ambiente_a_humanizacao_pnh.pdf. <https://www.grupounibra.com/repositorio/RADI/2021/atendimento-humanizado-naradiologia9.pdf> Oliveria, O. Política nacional de humanização, o que é implementar (Síntese das diretrizes e dispositivos da PNH em perguntas e respostas). Brasília. Nov. 2010 Pott FS, Stahlhoefer T, Felix JVC, Meier MJ. Medidas de conforto e comunicação nas

ações de cuidado de enfermagem ao paciente crítico. Rev. Bras. Enferm. 2013;66(2):174-79. <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-71672013000200004> Santos, L. Humanização na área da Radiologia e Saúde. Disponível em link. <https://portalhospitaisbrasil.com.br/artigo-humanizacao-na-area-da-radiologia-esaude/>. Santos MR dos, Silva L, Misko MD, Poles K, Bouso RS. Desvelando o cuidado humanizado: percepções de enfermeiros em oncologia pediátrica. Texto Contexto Enfermagem. 2013;22(3):646-53. <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-07072013000300010> Silva IN, Pereira VA, Araújo LCN. Implantação da Política Nacional de Humanização (PNH): conquistas e desafios para a assistência em saúde. Gepnews [Internet]. 2018;1(1):2-7. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/gepnews/article/view/4674> Silva, I. Junior, V. Humanização no setor de radiologia: um relato de experiência. Rio Grande do Norte. 2017 Trombaco AL, Negrisoni L. Função do tecnólogo em radiologia no setor de radioterapia [Internet]. 7ª Jornada Científica e Tecnológica da Fatec de Botucatu; 2018; Botucatu, SP. Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIIJTC/VIIJTC/paper/viewFile/1687/2008>

Palavras-chave: HUMANIZAÇÃO, ATENDIMENTO, RADIODIAGNÓSTICOS, PACIENTES.

Trabalho 171**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radiobiologia**Título:** Extrato da cebola comum (*Allium cepa*): radioprotetor ou radiosensibilizador?**Autor principal:** FABIANA FARIAS DE LIMA GUIMARÃES**Autores:** Oliveira, R. C.; Ferreira, O. D.; Araújo, E. M. L.; Hwana, S. F.; Melo, A. M. M. A.**Instituição:** CENTRO REGIONAL DE CIÊNCIAS NUCLEARES DO NORDESTE - CRCN-NE/CNEN**Cidade-UF:** RECIFE-PE

Introdução: Reporta-se que cerca da metade dos portadores de câncer irão necessitar da radioterapia. Logo, como forma de radioproteção, é imprescindível o uso de compostos radioprotetores, que irão proteger as células saudáveis da radiação; bem como agentes que aumentem a morte induzida pela irradiação de células tumorais (radiossensibilizadores). Dentre estes agentes, a literatura cita compostos de origem natural [1], sendo um deles a *Allium cepa*, conhecida popularmente como “cebola”; planta com potencial medicinal por possuir flavonoides, como as antocianinas e quercetinas, compostos com propriedades antitumorais e antioxidantes, capazes de neutralizar radicais livres e enzimas pró-oxidantes [2]. Com isso, faz-se necessária a confirmação do extrato de *A. cepa* quanto à capacidade antioxidante, radioprotetora e radiosensibilizadora, para exposições planejadas à radiação ionizante [3]. **Fundamentação:** Avaliar a capacidade antioxidante, radioprotetora e radiosensibilizadora do extrato de *Allium cepa* em linfócitos humanos, uma vez que a literatura cita a importância de agentes naturais como radiomodificadores, como também a capacidade antioxidante desta espécie [1,2]. **Materiais e métodos:** Bulbos de *A. cepa* foram lavados e triturados em liquidificador (100 g de bulbo para 200 mL de água destilada). Em seguida, a mistura foi filtrada, liofilizada e diluída para concentrações entre 25 a 400 µg/mL de NaCl 0.15 M. A partir das diluições, foi realizado teste de viabilidade celular (MTT) e capacidade antioxidante (ABTS e DPPH) e destas foram escolhidas duas concentrações com viabilidade acima de 70% para trabalho (50 e 200 µg/mL). Em seguida, estas duas concentrações foram adicionadas a amostras de sangue periférico, com posterior irradiação em fonte de ⁶⁰Co (2Gy). A análise de micronúcleos presentes nos linfócitos foi realizada segundo protocolo da Agência Internacional de Energia Atômica [4]. **Resultados:** Na maior concentração testada (400 µg/mL), o extrato apresentou percentual antioxidante de apenas 5.74%. Em menores concentrações, não foi observada atividade antioxidante. O ensaio de micronúcleo demonstrou que, quanto maior a concentração do extrato nas amostras, maior a frequência de micronúcleos nos linfócitos tendo sido de 0,130, 0,140 e

0,237, nos grupos controle irradiado (sem extrato), irradiado contendo 50 µg/mL do extrato e irradiado contendo 200 µg/mL do extrato, respectivamente. Para os grupos controle negativo e controle do extrato (não irradiados), a frequência permaneceu abaixo de 0,016. Conclusões: Nossos resultados preliminares sugerem que, apesar da indicação de que *A. cepa* possui atividade antioxidante e radioprotetora, esses efeitos não foram confirmados por meio dos testes ABTS, DPPH e CBMN. Além disso, nota-se a propriedade radiosensibilizadora do extrato à medida que sua concentração nas amostras aumenta. Assim, infere-se que este extrato poderá ser aplicado como um promotor de morte celular às células cancerígenas expostas à radioterapia. Entretanto, sugere-se novas testagens do extrato com outras concentrações, diferentes doses absorvidas de radiação e indivíduos.

Referências bibliográficas: [1] Sabah Nisar, Tariq Masoodi, Kirti S. Prabhu, Shilpa Kuttikrishnan, Lubna Zarif, Summaiya Khatoon, Shahid Ali, Shahab Uddin, Ammira Al-Shabeeb Akil, Mayank Singh, Muzafar A. Macha, Ajaz A. Bhat, Natural products as chemo-radiation therapy sensitizers in cancers, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, Volume 154, 2022. [2] KUMAR, R.; KUMAR, D. Comprehensive metabolomics and antioxidant activity of *Allium* species viz. *Allium semenovii*, *A. sativum* and *A. cepa*: An important spice. *Food Research International*, v. 166, p. 112584, abr. 2023. [3] KENNETH, C. N. et al. Radiation protection and anti-oxidative effects of garlic, onion and ginger extracts, x-ray exposed albino rats as model for biochemical studies. *African Journal of Biochemistry Research*, v. 8, n. 9, p. 166–173, 30 nov. 2014. [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Cytogenetic dosimetry: applications in preparedness for and response to radiation emergencies*. Third edition, 2011.

Palavras-chave: Radioproteção, *Allium cepa*, Micronúcleo, Dosimetria Biológica

Trabalho 172**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radiobiologia**Título:** Biosensors for Detecting Oxidative Stress Induced by Ionizing Radiation: A Review and Emerging Technological Innovations**Autor principal:** CAROLINE DE OLIVEIRA BASTOS**Autores:** André Ben-Hur da Silva Figueiredo; Fernando Manuel Araújo Moreira**Instituição:** Instituto Militar de Engenharia - IME**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

This work reviews the use of biosensors in ionizing radiation, focusing on cell membranes as effective biosensors for monitoring radiation-induced oxidative stress. Biosensors detect biochemical or biophysical changes in biological systems, converting this information into measurable signals. Cell membranes are particularly sensitive to alterations caused by ionizing radiation, making them useful in detecting oxidative damage through structural and functional changes (Benderitter et al., 2003). A key example is the increase in lipid peroxidation, detected by indicators such as malondialdehyde (MDA), which compromises the fluidity and rigidity of cell membranes. The effects of radiation also include reduced activities of antioxidant enzymes, such as catalase and glutathione peroxidase, which diminishes the cell's ability to combat oxidative stress (Benderitter et al., 2003). These changes provide detectable signals for biosensors, which is crucial for medical applications, such as monitoring the effects of radiotherapy, allowing for precise adjustment of radiation doses according to the patient's response (Vincent-Genod et al., 2003). Such monitoring can prevent collateral damage to healthy tissues. Recent studies highlight the use of semiconductors in radiation biosensors, which increase sensitivity in detecting low doses of radiation and allow the identification of single ionization events (Bendas et al., 2023). This technological innovation is promising in areas such as nuclear safety and radiological protection, helping to ensure that workers and the environment are not exposed to dangerous levels of radiation. An additional advancement in the field is the incorporation of nanoparticles into biosensors, which enhance the detection of various types of environmental stress, such as the presence of toxins and ionizing radiation (Castillo et al., 2022). Such biosensors can be used for rapid detection in nuclear disaster scenarios or in areas of radioactive contamination, providing real-time responses that are crucial for mitigating risks to public health and the environment (Castillo et al., 2022). In conclusion, the integration of new technologies in biosensors, such as semiconductors and nanoparticles, opens up new possibilities for precise monitoring of ionizing radiation in

various fields, including medicine, radiological safety, and environmental protection (Bendas et al., 2023; Castillo et al., 2022).

Referências bibliográficas: BENDAS, Rasha; LAHER, Ismail; RAAZ, Ulrich. The impact of ionizing radiation on human cardiovascular health: the role of molecular and cellular biosensors. *Bioelectrochemistry*, v. 150, p. 108271, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2023.108271>. BENDERITTER, M.; VINCENT-GENOD, L.; POUGET, J. P.; VOISIN, P. The cell membrane as a biosensor of oxidative stress induced by radiation exposure: A multiparameter investigation. ***Radiation Research***, v. 159, n. 4, p. 471-483, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1667/0033-7587\(2003\)159\[0471:TCMAAB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1667/0033-7587(2003)159[0471:TCMAAB]2.0.CO;2). CASTILLO, Elodie; JIMÉNEZ, Juan; SÁNCHEZ, Rosa. Advances in the design of nanoparticle-based biosensors for radiological monitoring. *Biosensors and Bioelectronics*, v. 210, p. 114223, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2022.114223>. HUI, Chang-ye; HU, Shun-yu; YANG, Xue-qin; GUO, Yan. A panel of visual bacterial biosensors for the rapid detection of genotoxic and oxidative damage: A proof of concept study. ***Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis***, v. 883, p. 503639, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2023.503639>. KUZNETSOVA, L. A.; COAKLEY, W. T. Applications of ultrasound streaming and radiation force in biosensors. ***Biosensors and Bioelectronics***, v. 22, n. 11, p. 1567-1577, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2006.08.023>. LIDDELL, Lauren C.; GENTRY, Diana M.; GILBERT, Rachel; MARINA, Diana; MASSARO TIEZE, Sofia; PADGEN, Michael R.; AKIYAMA, Kylie; KEENAN, Kyra; BHATTACHARYA, Sharmila; SANTA MARIA, Sergio R. BioSentinel: Validating sensitivity of yeast biosensors to deep space relevant radiation. ***Astrobiology***, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/ast.2022.0124>. SALMANOGLI, A.; ROSTAMI, A. Simulation of tumor targeting enhancement by amplifying of targeted nano-biosensors radiation intensity. ***IEEE Transactions on Biomedical Engineering***, v. 60, n. 5, p. 1358-1366, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TBME.2012.2234124>. TOMAGRA, Giulia et al. Diamond-based sensors for in vitro cellular radiobiology: Simultaneous detection of cell exocytic activity and ionizing radiation. ***Biosensors and Bioelectronics***, v. 220, p. 114876, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2022.114876>. VINCENT-GENOD, L.; BENDERITTER, M.; VOISIN, P. Membrane structural changes as biosensors of oxidative stress after low dose irradiation. *Radiation Research*, v. 159, n. 4, p. 471-483, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1667/0033-7587\(2003\)159\[0471:TCMAAB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1667/0033-7587(2003)159[0471:TCMAAB]2.0.CO;2).

Palavras-chave: Biosensors, Ionizing radiation, Oxidative stress, Nanoparticles.

Trabalho 173**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional na Indústria**Título:** Eventos ocorridos nos serviços de radiografia industrial no Brasil de 2005 a 2023**Autor principal:** CRISTIANE DE QUEIROZ OLIVEIRA**Autores:** JOSILTO OLIVEIRA DE AQUINO**Instituição:** CNEN**Cidade-UF:** RIO DE JANEIRO-RJ

A análise dos eventos ocorridos no Brasil com trabalhadores, expostos a doses a partir de 4 mSv em empresas prestadoras de serviços de radiografia industrial, no período de 2005 a 2023, leva à observação das principais características desses eventos, o nível de Cultura de Segurança generalizada dessas empresas no país, os tipos de falhas humanas, falhas de projeto e organizacionais mais frequentes e a proporção do número de fontes de radiação em relação ao número de eventos ocorridos. Observou-se que os eventos ocorreram com maior frequência no início da semana, no turno noturno, nas empresas contratantes dos serviços de Radiografia Industrial, com doses até 15 mSv, com o uso de Ir-192, com apenas dois casos com alterações citogenéticas. A medida preventiva mais aplicada foi a reciclagem de treinamentos e que 57% dos eventos ocorreram por falha humana dos operadores de radiografia industrial, 20% por falha mecânica dos irradiadores de gamagrafia e 22% por falha organizacional. Por fim, houve aumento significativo no número de fontes autorizadas e no número de eventos. No entanto, esse número está diminuindo devido à crise econômica e também à Covid-19.

Referências bibliográficas: CNEN-NN-6.04, CNEN-NN-3.01**Palavras-chave:** Radiografia industrial, gamagrafia, Ir-192, acidente, incidente

Trabalho 174**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Espectrometria de raios gama in situ de baixa resolução aplicada na caracterização de NORM produzidos na mineração e na indústria de óleo e gás**Autor principal:** NIVALDO CARLOS DA SILVA**Autores:** Smith, R. B.; Silva, M. A.; Antonioni, T.; Tiné, F. D.; Siqueira, Y. D.**Instituição:** COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR- CNEN**Cidade-UF:** POÇOS DE CALDAS - MG

Nas atividades de mineração, assim como na indústria de óleo e gás, os radionuclídeos de origem natural podem se acumular e se concentrar nas várias etapas de seus processos produtivos, dando origem ao denominado NORM (Material radioativo de ocorrência natural). A norma CNEN 3.01, em sua revisão de 2024, estabeleceu o critério de dispensa incondicional de 1 Bq/g para cada radionuclídeo das séries do urânio e tório. A caracterização destes materiais se tornou um grande desafio para aqueles que gerenciam tais materiais, trata-se de materiais de grandes volumes, heterogêneos e por vezes perigosos (como nos casos das borras oleosas da indústria de óleo e gás). A primeira abordagem para a caracterização tem sido a amostragem e análise dos radionuclídeos em laboratórios contratados. O maior desafio desta prática é assegurar a amostragem representativa (devido ao grande volume e heterogeneidade) e tempo para obtenção dos resultados. Para superar tais desafios buscou-se uma alternativa utilizando a espectrometria raios gama de alta resolução in situ com detectores de Germânio hiperpuros – HPGe. Esta técnica apresenta como vantagens a análise de uma amostra de grande volume (centenas de quilogramas) e os resultados são obtidos quase em tempo real. Como desvantagens destacam-se que ela se aplica somente aos radionuclídeos emissores gama (ou em cadeia de decaimento em equilíbrio secular), necessita de informação sobre a composição química e densidade da amostra e o custo para a sua realização. Além disto um grande desafio é o transporte do equipamento, que é de elevado custo, pesado e frágil, em situação de campo na área de mineração e da indústria de óleo e gás. Neste trabalho foi avaliada a aplicabilidade da espectrometria gama in situ de baixa resolução utilizando detectores de NaI para a caracterização de NORM. Utilizou-se um monitor Mirion Inspector 1000 com a sonda IPRON 1 (Detector NaI 1pol x 1pol). Será apresentada a geometria de contagem (do NORM) assim como ajuste das configurações do amplificador para análise dos fotópicos de interesse. Foram avaliados NORM da mineração e da indústria de óleo e gás. Observou-se que as principais vantagens deste procedimento são a dimensão, baixo custo e robustez do equipamento utilizado, que poderá ser utilizado por um operador devidamente treinado. Por

outro lado, a calibração em eficiência e a capacidade de discriminar os diversos fotopicos de um espectro típico de um NORM são as principais desvantagens quando são utilizados detectores de NaI.

Referências bibliográficas: Holistic Approach to Management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM): A Case Study in Brazil International Atomic Energy Agency (IAEA), IAEA-TECDOC-2071, Vienna, 2024. Radiological Characterization of NORM Residues from the Oil and Gas Industry International Atomic Energy Agency (IAEA), IAEA-TECDOC-1424, Vienna, 2004.

Palavras-chave: NORM characterization, gamma spectrometry, NaI detector.

Trabalho 175**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Segurança de fontes e gestão de rejeitos**Título:** Solidificação de Rejeitos Orgânicos em Geopolímeros**Autor principal:** MARIANA ÁVILA ZANETTI**Autores:** Hellen Késia Santos de Souza**Instituição:** CDTN**Cidade-UF:** Belo Horizonte - MG

As instalações de pesquisa voltadas para o desenvolvimento da tecnologia nuclear geram uma variedade de rejeitos radioativos devido à aplicação de radioisótopos nas pesquisas realizadas. Dessa forma, os rejeitos radioativos devem ser caracterizados e segregados de acordo com suas características físicas e químicas para que seja possível seu tratamento correto. Eles podem ser gerados nas formas sólida, líquida e gasosa, e podem ser inorgânicos ou orgânicos. No entanto, os rejeitos líquidos que não atendem às especificações da norma devem ser solidificados em uma matriz. A solidificação de resíduos orgânicos é um desafio devido às características específicas deste material. Os geopolímeros podem ser utilizados para solidificar e imobilizar resíduos orgânicos. Assim sendo, em conformidade com as normas previstas pela CNEN e com o objetivo de armazenar corretamente os rejeitos dos laboratórios do CDTN, iniciou-se uma pesquisa sobre a solidificação de rejeitos radioativos orgânicos.

Referências bibliográficas: [1] Comissão Nacional de Energia Nuclear, “Glossário do Setor Nuclear e Radiológico Brasileiro”, Rio de Janeiro, Brasil, 2012. [2] BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Norma CNEN NN 3.01. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/NormaCNENNN3.01.pdf>. [3] FREIRE, Carolina Braccini et al. Rejeitos e gerência de rejeitos radioativos. 2007. [4] Schimanowski, Eric Renã Zavitzki; Oliveira, Gabrielli Tápia; Pedrozo, Éder Claro. Geopolímeros na engenharia civil: uma alternativa ao cimento convencional. 2021. [5] Nogueira, Arissa Silva; Alves, Lais Amaral. O uso de Geopolímeros como alternativa sustentável na construção civil. 2018. [6] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Norma CNEN NN 8.01. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-8/grupo8-nrm801.pdf>. Acesso em: 11 set. 2024. [7] SILVA, S. M; FREIRE, C. B. Metodologia para síntese de geopolímero visando o tratamento de rejeitos radioativos orgânicos. 2022. [8] FERREIRA, R.V. Biodegradação de rejeitos radioativos líquidos orgânicos provenientes do reprocessamento do combustível nuclear. 2008

Palavras-chave: Solidificação, rejeitos radioativos orgânicos, geopolímero

Trabalho 176**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Emergência radiológica e nuclear**Título:** O POTENCIAL DA CAFEÍNA NA DOSIMETRIA BIOLÓGICA**Autor principal:** SUY FERREIRA HWANG**Autores:** Trigo, L. M. S. Moraes, F. C. T. Diniz, L.V.G. Hwang, S.F. Melo , A. M. M. A. Lima b, F.F.**Instituição:** Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste - CRCN-NE/CNEN**Cidade-UF:** Recife-PE

A análise cromossômica tem sido utilizada há cerca de 60 anos na Dosimetria Biológica para estimar ou confirmar a exposição a radiações ionizantes, como raios-X e gama. Biomarcadores observados em linfócitos periféricos, como cromossomos dicêntricos, padrão-ouro da Biodosimetria, e micronúcleos, úteis para triagem, são fundamentais no diagnóstico e prognóstico de indivíduos irradiados. Para estimar as doses absorvidas, é necessário se utilizar de curvas de calibração dose-resposta. Essas curvas são limitadas à dose máxima de 5 Gy devido à apoptose radioinduzida; entretanto, alguns acidentes revelam exposições superiores a 5 Gy. Pesquisas indicam que concentrações adequadas de cafeína são promissoras para o tratamento de células irradiadas in vitro, permitindo a construção de curvas de calibração para doses acima de 5 Gy, graças à sua influência sobre o ciclo celular, permitindo sua progressão. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre as ações da cafeína no ciclo celular seu potencial no âmbito da dosimetria biológica, embasando estudos experimentais in vitro com doses acima de 5 Gy. Para tal, foram realizadas consultas nas bases de dados PubMed, ScienceDirect e Periódicos Capes. Os descritores empregados foram: caffeine, cell cycle, biodosimetry, high doses e cytogenetic, e os critérios de inclusão consideraram artigos em língua inglesa publicados no período de 2014 a 2024, excluindo-se artigos de revisão. No total, foram catalogados 23 artigos, dos quais 10 foram selecionados para a composição da revisão. Segundo os artigos encontrados, a cafeína pode atuar de diversas formas no ciclo celular por ser um composto análogo à xantina, uma base nitrogenada presente em alguns tecidos do corpo humano. A nível celular, a cafeína pode afetar a estrutura e a síntese do DNA (fase S), como pode paralelamente, em altas concentrações, anular o ponto de verificação do ciclo celular G2/M, permitindo assim que as células danificadas prossigam para as próximas fases do ciclo celular. Como a ativação do ponto de verificação G2 facilita o reconhecimento de danos ao DNA e a parada de células danificadas, a cafeína é usada para liberar linfócitos bloqueados por G2, superando os problemas de saturação do índice mitótico e do rendimento dicêntrico e permitindo a análise dessas alterações, mesmo em

exposições a altas doses. Além disso, estudos utilizando cultura de células irradiadas in vitro, demonstraram que a cafeína suprime focos γ H2AX, que é o sinal inicial para o recrutamento de proteínas adicionais de resposta a danos no DNA, além de inibir esta proteína através da supressão da ativação das proteínas ataxia telangiectasia mutada (ATM) e ataxia telangiectasia relacionadas a Rad3 (ATR). Assim, concentrações na faixa de 0,1M de cafeína são promissoras para serem utilizadas no tratamento das células irradiadas in vitro, possibilitando a obtenção de curvas de calibração dose-resposta com altas doses de radiação ionizante, para ensaios de dosimetria biológica. Cafeína, Biodosimetria, Ensaio Citogenéticos, Emergência.

Referências bibliográficas: GIL, Octávia Monteiro; MARTINS, João Oliveira; ROSÁRIO, Pedro. Use of biological dosimetry to confirm radiation exposure: Case study. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 171, p. 108683, 2020. HATZI, Vasiliki I.; KARACHRISTOU, Ioanna; PANTELIAS, Alexandros; PANTELIAS, George; TERZOUDI, Georgia I. Low concentrations of caffeine induce asymmetric cell division as observed in vitro by means of the CBMN-assay and iFISH. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, v. 793, p. 71-78, 2015. KARACHRISTOU, Ioanna; KARAKOSTA, Maria; PANTELIAS, Alexandros; HATZI, Vasiliki; PANTELIAS, George; THANASSOULAS, Andreas; KARAIKOS, Panagiotis; DIMITRIOU, Petros; TERZOUDI, Georgia I. Biodosimetry for high-dose exposures based on dicentric analysis in lymphocytes released from the G2-block by caffeine. *Radiation Protection Dosimetry*, v. 172, n. 1-3, p. 230-237, 2016. DOI: 10.1093/rpd/ncw151. MORENO ONOFRE, M.; ARCEO MALDONADO, C.; GUERRERO CARBAJAL, C. Chromosomal aberration analysis using modified protocol for G2+ caffeine dicentrics. *31 SNM Annual Congress: 30 years of nuclear power in Mexico*, Mexico: Sociedad Nuclear Mexicana, 2020. PIOTROWSKI, Igor; ŚLIWIŃSKA, Dorota; GÓRSKI, Pawel; KACZMAREK, Stefan; STRZAŁKA, Wioletta; DREWNOWSKI, Stanisław. Use of biological dosimetry for monitoring medical workers occupationally exposed to ionizing radiation. *Radiation*, v. 1, n. 2, p. 95-115, 2021. PUJOL, M.; BARRIOS, L.; PUIG, P.; CABALLÍN, M. R.; BARQUINERO, J. F. A new model for biological dose assessment in cases of heterogeneous exposures to ionizing radiation. *Radiation Research*, v. 185, n. 2, p. 151-162, 2016. PUJOL-CANADELL, M.; PERRIER, J. R.; CUNHA, L.; SHURYAK, I.; HARKEN, A.; GARTY, G.; BRENNER, D. J. Cytogenetically-based biodosimetry after high doses of radiation. *PloS One*, v. 15, n. 4, p. e0228350, 2020. PUJOL, Mònica; CABALLERO, Esther; SUCH, Ethel; RAMOS, Diana; CABALLERO, Pere; TENDERO, Montserrat; CLAVER, Núria; COGOLLUDO, Olga; MONTSERRAT, Joan; BARQUINERO, Joan Francesc. A new model of biodosimetry to integrate low and high doses. *PLoS One*, v. 9, n. 12, p. e114137, 2014. ROYBA, E.; REPIN, M.; PAMPOU, S.; KARAN, C.; BRENNER, D. J.; GARTY, G. RABiT-II-DCA: A fully-automated dicentric chromosome assay in multiwell plates. *Radiation Research*, v. 192, n. 3, p. 311-323, 2019. TEJ, Gullanki Naga Venkata Charan; NAYAK, Prasanta Kumar. Mechanistic considerations in chemotherapeutic activity of caffeine. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 105, p. 312-319, 2018. YAO, Bo; WANG, Lei; LIU, Li-Qing; FU, Xiang-Dong; LIU, Jian-Cheng. Estimation of the biological dose received by five victims of a radiation accident using

three different cytogenetic tools. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, v. 751, n. 1, p. 66-72, 2013. ZHANG, Zhe-Wei; XIAO, Jing; LUO, Wei; WANG, Bo-Han; CHEN, Ji-Min. Caffeine suppresses apoptosis of bladder cancer RT4 cells in response to ionizing radiation by inhibiting ataxia telangiectasia mutated-Chk2-p53 axis. Chinese Medical Journal, v. 128, n. 21, p. 2938-2945, 2015. DOI: 10.4103/0366-6999.168065.

Palavras-chave: Cafeína, Biodosimetria, Ensaio Citogenéticos, Emergência.

Trabalho 177**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radiobiologia**Título:** Extrato do Ginkgo biloba: estudo preliminar do potencial radiomitigador com a técnica de cromossomos dicêntricos**Autor principal:** FABIANA FARIAS DE LIMA GUIMARÃES**Autores:** SILVA, J. C. G.; BARROS, C. V.; SILVA, E. S.; MENDES, M. E.; LOPES, I. M. S. S.; MELO, A. M. M. A.; LIMA, F. F.**Instituição:** CENTRO REGIONAL DE CIÊNCIAS NUCLEARES DO NORDESTE - CRCN-NE/CNEN**Cidade-UF:** RECIFE-PE

O interesse científico à procura de novas substâncias radioprotetoras e radiomitigadoras possui demanda crescente, tendo em vista que estas substâncias podem proteger ou diminuir o dano radioinduzido no organismo, seja pelo efeito antioxidante, indução da apoptose celular, bloqueio de processos inflamatórios ou proteção contra danos a medula óssea. Estas características podem fornecer novas terapias para pacientes expostos à radiação ionizante em procedimentos médicos ou em caso de acidentes radiológicos. Esta pesquisa buscou investigar o potencial radiomitigador do extrato de Ginkgo biloba por meio da análise da frequência de cromossomos dicêntricos em linfócitos humanos do sangue periférico irradiados. Foi realizada a coleta de sangue periférico de um indivíduo saudável e não fumante. Uma amostra foi mantida como controle no laboratório e outra foi irradiada em ^{60}Co (irradiador Gammacel 220) no Departamento de Energia Nuclear (DEN-UFPE) com dose absorvida de 2 Gy. Após irradiação, as amostras seguiram ao Laboratório de Dosimetria Biológica (LDB) do Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN/NE), onde foram colocadas na estufa por 2 horas. Em seguida, o extrato de Ginkgo biloba (Merck) foi aplicado nas concentrações aprovadas pelo teste de viabilidade celular-MTT kit (Merck) de 0,05 e 0,025 $\mu\text{g/ml}$ no grupo irradiado e no grupo controle do extrato, iniciando-se então a cultura celular segundo protocolo padrão da Agência Internacional de Energia Atômica. Foram confeccionadas lâminas a partir dos precipitados de células obtidos e foram colocadas para secar a temperatura ambiente durante 24 horas. As lâminas foram coradas com Giemsa a 5% durante 7 minutos, seguindo para análise em microscópio óptico (Leica DM500). As lâminas foram analisadas em busca de metáfases viáveis, segundo critérios já pré-estabelecidos. Os dados obtidos foram submetidos a testes estatísticos para a avaliação quanto à conformidade ao modelo de Poisson, por meio do teste u de Papworth, com intervalo de confiança de 95%. Para avaliar o comportamento entre os diferentes tipos de amostras, foi utilizado o teste de ANOVA e Tukey. O estudo

revelou que, quando comparadas as frequências de cromossomos dicêntricos entre a amostra irradiada não tratada ($Y = 0,170$) e as amostras testes ($Y = 0,092$ e $0,132$), nas concentrações de 0.025 e 0.05, respectivamente, observa-se que a frequência de alterações é maior na amostra que não foi tratada com o extrato de Ginkgo. O teste ANOVA revelou uma diferença estatisticamente significativa entre as amostras irradiadas e não irradiadas ($p < 0,05$). Esta diferença é detalhada por meio do teste de Tukey, que demonstrou uma significativa diferença entre os grupos irradiados sem tratamento com a Ginkgo e os grupos irradiados e tratados nas duas concentrações estudadas ($p < 0,05$). Diante disso, o extrato de Ginkgo biloba demonstrou capacidade de reduzir a frequência de cromossomos dicêntricos, evidenciando uma ação radiomitigadora. Entretanto, novos testes com diferentes doses e diferentes indivíduos precisam ser realizados para confirmação de tal potencial.

Referências bibliográficas: [1] MUN, GI, Kim, S., Choi, E., Kim, CS, & Lee, YS. Pharmacology of natural radioprotectors. *Pharmaceutical Research Archives*, 41(11), 1033-1050, 2018. [2] ZHAO, Beibei et al. UV-B promotes flavonoid synthesis in Ginkgo biloba leaves. *Industrial Crops and Products*, v. 151, p. 112483, 2020. [3] MONTORO, Alegría, et al. Radioprotectors, Radiomitigators, and Radiosensitizers. In: *Radiobiology Textbook*. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 571-628. [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA. *Cytogenetic dosimetry: applications in preparedness for and response to radiation emergencies*. IAEA, 2011.

Palavras-chave: Citogenética, Radiomitigadores, Ginkgo biloba, Dicentricos.

Trabalho 178**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Radiometric Assessment of Citrus latifolia Tanaka at the São José de Itaboraí Paleontological Park, RJ, Brazil**Autor principal:** GABRIELA RODÉ DE ASSIS DA SILVA**Autores:** Silvaa, R. L. ; Netoa, L. S. L. ; Silvab, L. B. ; Orejuelab, C. O. P. ; Limab, I. C. B. ; Florenzanao, R. C. ; Limaa, M. A. F. ; Camposa, V. M. J. S. ; Freirea, A. F. M. ; Kelecoma, A. G. A. C. ; Silvab, A. X. ; Thalhofera,b, J. L.**Instituição:** Universidade Federal Fluminense**Cidade-UF:** RJ

The São José de Itaboraí Paleontological Park (PPSJI) is recognized as the oldest fossil-bearing basin in Brazil, dating back to the late Cenozoic era.. In addition to its paleontological significance, the park also hosts a variety of fruit-bearing species, such as Citrus latifolia Tanaka (Tahiti lime), which are consumed by both visitors and local residents. Brazil is a leading producer of C. latifolia, a fruit widely distributed across the country and known for its high vitamin C content. The aim of this study was to evaluate the presence of radionuclides in the soil of PPSJI and in the C. latifolia plant, and to assess whether the consumption of the species from PPSJI presents any health risks. The activity concentration (AC) analysis in the soil and plant structures (stem, leaf, and fruit) was carried out using gamma spectrometry (HPGe), revealing low AC values for ^{226}Ra , ^{228}Ra , and ^{40}K when compared to other soil studies in Brazil, and below the UNSCEAR-established average value of $400 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Moreover, the radiological hazard indices related to soil exposure (Raeq, ADR, AEDR, and ELCR) were found to be below the recommended safety thresholds, indicating that the region poses no radiological risk.

Referências bibliográficas: Bergqvist, L.P et al. (2009). Geological and Paleontological Sites of Brazil. v. 2, p. 413-432, 2009. Ribeiro, F.C.A. et al. (2018) Journal of environmental radioactivity, 182, 34-43. UNSCEAR (2000). 453-487.**Palavras-chave:** São José de Itaboraí Paleontological Park, Citrus latifolia, gamma spectrometry.

Trabalho 179**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radiobiologia**Título:** An approach to plant breeding research: combination of X-ray irradiation and CRISPR/Cas**Autor principal:** DAILI DE ANDRADE DOS SANTOS BARREIRA**Autores:** BIANCA GUIMARAES NEGRÃO,LUZ MÉRIDA RONDAN FLORES,JOÃO PEDRO ALVES DE BARROS,PRISCILA REIS RODRIGUES,ANNA LUCIA HASSIS CASANAS VILLAVICENCIO**Instituição:** IPEN-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**Cidade-UF:** São Paulo-SP

Abstract: The development of cultivars with superior agronomic characteristics is an objective of plant breeding. The combination of traditional techniques and genomic tools has significantly accelerated this process. In this work we present a review of the literature on the combined use of X-ray irradiation and the CRISPR/Cas9 genome editing technique in plant breeding. Nuclear technology has been used for more than 70 years to create mutants and identify genes associated with phenotypes of interest in plants. CRISPR/Cas9 is a molecular biology technique that allows scientists to precisely edit the DNA of organisms. The acronym for clustered regularly interspaced short palindromic repeats - CRISPR and the "scissor" action of enzymes such as Cs9Csf1, Cas3, Cas10, Cas12a act to precisely edit specific genes, allowing the introduction of targeted changes. The CRISPR/Cas system stands out for its simplicity, low cost and high efficiency of the technique in relation to other editing tools, currently is the main genome editing tool used. Reviewed studies demonstrate that the combined approach has several advantages over traditional plant breeding techniques. X-irradiation allows the identification of new sources of genetic variability, while CRISPR/Cas9 allows us to explore these variations quickly and efficiently. This approach allows for the creation of plants with favorable allele combinations that would be difficult to obtain through crossbreeding conventional, and allows you to accelerate the process of developing cultivars with desirable characteristics, contributing to food security and agricultural sustainability. It is important to consider the expansion of applications of this combination to different cultivated species and the ethical and regulatory aspects related to genome editing. Carrying out additional studies, such as meta-analysis of the reviewed studies, to quantify the effects of combining the techniques. And discuss with the scientific community future research directions and possible applications of the approach.

Referências bibliográficas: Sedeek, K. E. M.; Mahas, A.; Mahfouz, M. Plant Genome Engineering for Targeted Improvement of Crop Traits. *Frontiers in Plant Science*, 2019. Schaffer KA, Wu WH, Colgan DF, et al. Unexpected mutations after CRISPR-Cas9 editing in vivo. *Nat. methods*. [internet]. 2017 [acesso em 2019 jul 12]. 14:457-548. Zhang, Y. et al. The emerging and uncultivated potential of CRISPR technology in plant science. *Nature Plants*, 2019. <https://croplifebrasil.org/conceitos/crispr-a-surpreendente-tecnica-de-edicao-genetica/>

Palavras-chave: plant breeding, X-irradiation, CRISPR, radiobiology

Trabalho 180**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** IMPORTANCIA DE UN PROGRAMA DE EDUCACIÓN EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA EL PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO EN LA PRÁCTICA MÉDICA**Autor principal:** MILLER ALEJANDRO ARBOLEDA GARCÍA**Autores:** Bibiana Andrea Peña Velásquez; Carolina Marcela Viloría Barragán.**Instituição:** Universidad Nacional de Colombia**Cidade-UF:** Medellín-Colombia

El uso de radiaciones ionizante (RI) en el ámbito médico, diagnóstico y tratamiento, ha aumentado significativamente en los últimos años, lo que hace que la protección radiológica (PR) se consolide como un aspecto fundamental en entornos donde el personal ocupacionalmente expuesto (POE) desempeña su labor. En este contexto, este estudio tiene como objetivo evaluar la necesidad de un programa de educación integral en PR dirigido a estos profesionales (POE), con el fin de garantizar la seguridad tanto de los trabajadores como del público en general, evitando los riesgos asociados con el uso de la radiación. En Colombia los programas de PR son un requisito legal. Estos programas proporcionan conocimientos esenciales sobre los principios físicos de las RI, efectos biológicos, principios de PR y las medidas preventivas necesarias para minimizar el riesgo. Además de ser un requisito legal respaldado por organizaciones internacionales como la ICRP, la IAEA y la IRPA, estos programas permiten fomentar una cultura de seguridad dentro de las instituciones médicas. El estudio realizado incluyó una revisión de la literatura, en la cual inicialmente se seleccionaron 3600 artículos. Luego de aplicar una serie de criterios de inclusión que sirvieron como filtros se redujo el número de artículos a 72. A continuación, se extrajo información relevante considerando variables como la importancia de la educación y capacitación en PR para el POE, así como el contenido temático de los programas de PR, tanto generales como especializados en ciertas áreas médicas. Finalmente, se realizó un análisis cualitativo de la información, identificando tendencias emergentes y temas recurrentes relacionados con la importancia de la PR, así como el contenido temático de programas específicos en especialidades como Odontología, Radiología, Oncología y Medicina Nuclear. Los resultados obtenidos indican que los programas de PR bien estructurados mejoran significativamente la comprensión de la seguridad radiológica en el POE y, a su vez, fomentan una cultura de seguridad en los establecimientos médicos. Estos resultados demuestran que es necesario implementar medidas específicas de PR para asegurar la seguridad y minimizar los riesgos asociados a la

práctica. Asimismo, se destacó la necesidad de un programa educativo con una estructura que incluya contenido de PR general como especializado en distintas áreas médicas que utilizan radiación ionizante. En consecuencia, la implementación de un programa de educación en PR, integral y obligatorio para el POE es esencial para garantizar la seguridad radiológica en entornos médicos. Para ello, es fundamental que estos programas, tanto generales como especializados, se actualicen de manera continua, reflejando los avances tecnológicos y las modificaciones regulatorias. De esta forma, se asegura una práctica radiológica segura y eficaz en cada contexto clínico.

Referências bibliográficas: Bárdyová, Z., Horváthová, M., Pinčáková, K., & Budošová, D. (2021). The importance of public health in radiology and radiation protection. In *Journal of Public Health Research* (Vol. 10). Boice Jr, J., Dauer, Lawrence, Kase, K., Mettler Jr, F., & Vetter, Richard J. (2020). Evolution of radiation protection for medical workers 1. <https://academic.oup.com/bjr/article/93/1112/20200282/7452018> Brink, J. A., & Miller, D. L. (2018). NCRP Program Area Committee 4: Radiation Protection in Medicine. In *Health Physics* (Vol. 114, Issue 2, pp. 251–253). Lippincott Williams and Wilkins. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000000745> Ploussi, A., & Efstathopoulos, E. P. (2016). Importance of establishing radiation protection culture in Radiology Department. *World Journal of Radiology*, 8(2), 142. <https://doi.org/10.4329/wjr.v8.i2.142> Ploussi, A., Efstathopoulos, E. P., & Brountzos, E. (2021). The Importance of Radiation Protection Education and Training for Medical Professionals of All Specialties. In *CardioVascular and Interventional Radiology* (Vol. 44, Issue 6, pp. 829–834). Springer. <https://doi.org/10.1007/s00270-020-02744-7> Abe, T. (2022). The Effort for Radiation Protection Increases the Value of Interventional Radiology. *Interventional Radiology*, 7(2), 37–39. <https://doi.org/10.22575/interventionalradiology.2022-0002>

Palavras-chave: protección radiológica, exposición ocupacional, programa de educación.

Trabalho 181**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Evaluation of Alpha and Beta Radiation Levels and Physicochemical Properties in Drinking Water from the State of Rio de Janeiro**Autor principal:** RAYLINE LEITE DA SILVA**Autores:** Silva, G. R. A. ; Lima, T. A. ; Ferreira, I. B. M. ; Souza, E. M. ; Ferreira, C. A. ; Kelecom, A. G. A. C. ; Silva, A. X. ; Thalhfer, J. L.**Instituição:** Universidade Federal Fluminense**Cidade-UF:** Niterói

Water contamination, including the presence of radioactive isotopes emitting alpha and beta particles, poses a considerable risk to public health[1]. This study aims to assess the levels of gross alpha and gross beta radiation in drinking water samples, alongside their physicochemical properties, to later correlate these findings with the incidence of cancer in the population, aiming to provide crucial data for public policy, regulation, and prevention. The physicochemical analysis of the water samples was performed using the AK88 multiparameter meter from AKSO, while total alpha and beta analyses were conducted using the ZnS(Ag) plastic scintillator detector, model 3030-2, from Ludlum. Based on the gross alpha and gross beta measurements conducted so far, no results have been observed that deviate from the standards set by the National Nuclear Energy Commission (CNEN)[2], and the physicochemical parameters were in line with those established by the Ministry of Health[3]. However, some significant variations were found when comparing treated water samples with untreated groundwater samples.

Referências bibliográficas: [1] Mateo-Sagasta, et al. A Global Review of Water Pollution from Agriculture. FAO, 2018. [2] CNEN (2020). Posição Regulatória 3.01/012:2020. [3] BRASIL (2017). Portaria de Consolidação nº 5.**Palavras-chave:** Gross Alpha and Gross Beta Activity, Radioactivity and Potable Water.

Trabalho 182**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Emergência radiológica e nuclear**Título:** Considerations on emergency preparedness and response during the return of contaminated scrap metal to Brazil**Autor principal:** RAUL DOS SANTOS**Autores:** Patrick Rodrigues Perrotta, Nilton Barros da Silva e Vanessa De Bonis**Instituição:** Instituto de Radioproteção e Dosimetria**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

In December 2021, CNEN was informed by the shipping company MSC that a container with scrap metal, transported by it, from Brazil to Bangladesh, had been detained in Malta due to the presence of radioactive material. The information was transmitted to MSC by the Malta Commission for Ionizing and Non-Ionizing Radiation Protection, which operates a system of portal-type detectors to monitor container transshipment operations on that island. The presence of the radionuclide ^{226}Ra was identified in a hot spot, with a dose rate of $400\ \mu\text{Sv/h}$ on one side of the container. No external contamination was detected. In these cases, according to international maritime legislation, the sealed container, with all its cargo, must return to the country of origin. The shipping company subsequently contracted an international company providing radiation protection services to carry out an independent assessment. The absence of external contamination in the container and the presence of the radionuclide ^{226}Ra were confirmed. However, the dose rate measured at the hot spot was reported to be $2\ \text{mSv/h}$. This work describes the planning, preparation and response actions for the receipt of the container and rescue of the aforementioned radioactive source, which occurred on June 23, 2022, at the Port of Suape, Pernambuco, Brazil.

Referências bibliográficas: IAEA, GSR Part 7, Emergency Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2015.**Palavras-chave:** emergency preparedness, emergency response, scrap metal, Radium-226

Trabalho 183**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Physical-Chemical Interferences for Radiometric Analysis in Seawater**Autor principal:** IRIS BOMFIM MARTINS FERREIRA**Autores:** Silva, G. R. A.; Neto, L. S. L.; Silva, R. L.; Lima, T. A.; Lima, M. A. F.; Gomes, A. S.; Silva, A. X.; Kelecom, A. G. A. C.; Thalhoffer, J. L.**Instituição:** Universidade Federal Fluminense**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

Human activities have led to the accumulation of pollution in the environment, particularly in the marine environment. Industries, households, mining products, and many other human activities have contributed to the introduction of substances into the environment that can directly and indirectly impact human health, including stable chemical elements, radioisotopes, organic and inorganic materials, plastics, and detergents [1]. In estuarine regions near large urban centers, these problems are more pronounced, such as in Guanabara Bay, one of the coastal environments most affected by pollution [2]. Since a significant portion of the population uses the bay for activities such as fishing and recreation, monitoring water quality becomes a necessary activity. However, the methodology for radiological analysis in seawater is scarce, making it difficult to conduct analyses and evaluate water quality. EPA 900 revision 1 and ISO 10704-2019 establish protocols for radiological analysis in drinking water, so they were used as a preliminary reference to be adapted for saline water analysis, considering the physical-chemical differences present between the matrices. Therefore, the objective of this work was to develop a protocol for the treatment of seawater analysis, specifically to determine the concentration and amount of nitric acid (HNO₃) required for the samples to reach a pH value < 2, as described in the EPA[3] and ISO[4] protocols for radiological analysis in drinking water. The results of experimental assays with 30 mL aliquots showed that a 5% concentration was the most effective and that a volume of 0.5 mL was sufficient. Additionally, the experimental assays showed that the pH reduction in the samples was not linearly proportional to the increase in HNO₃. Thus, when acidifying the actual analysis volumes (300 mL), it was found that 4 mL of HNO₃ was effective in achieving a pH value < 2, as recommended by EPA and ISO guidelines. Finally, to evaluate the possible interference of a common contaminant in the seawater of Guanabara Bay, the acidification process was carried out with the addition of detergent, and a volume of 4 mL was sufficient to achieve the desired efficiency.

Referências bibliográficas: [1] Cunha, L., et al. (1994). p 795-797 [2] Filho, J., et al (2020). Valore, Vol 5: 5022. [3] Environmental Protection Agency (2018). EPA 900.0, Rev 1.0. [4] Water quality - Gross alpha and gross beta activity (2019). ISSO 10704.

Palavras-chave: Tissue substitutes; X-and gamma-rays; Dosimetry

Trabalho 184**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Segurança de fontes e gestão de rejeitos**Título:** In situ characterization and data mining techniques to discriminate oil and gas**Autor principal:** YUNIEL TEJEDA MAZOLA**Autores:** 1Camila Gerdes Gyuricza Silva; 2Marcelo Macedo Valinhas; 1Beatriz Rodrigues Fernandes Pedersane; 2Daniela Dias de Oliveira**Instituição:** 1 GLP Laboratórios; 2 Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras**Cidade-UF:** PIRACICABA-SP

Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) is a by-product waste of oil production that causes restriction of operability and potential radiological health hazards. Large volumes of NORM are generated from this activity and classified by some countries as HV-VLLW-LL (High volume, very low-level waste, long-lived). This work aimed to obtain mathematical models that allow the prediction of the origin of O&G sludge, based on its radiometric characterization, to be used to improve the management of said material. A comprehensive sampling of 656 sludges was collected from a basin of exploration of oil and gas, 80 were carried out of a floating production storage and offloading (FPSO) unit and 576 from five fixed platforms. Samples were stored on 200 L drums and characterized by in-situ gamma-ray spectrometry using high purity germanium (HPGe) radiation detectors. Efficiency curves were generated for each drum with the ISOCS (In Situ Object Counting System) and the ISOCS Uncertainty Estimator (IUE) was implemented to improve the quality of the gamma-spectroscopy uncertainty estimate. Classification and Regression Tree (CART), Multilayer Perceptron (MLP), Naïve Bayes (NB), Random Forest (RF) and Sequential Minimal Optimization (SMO) algorithms were used to obtain classification models. Significant correlations were found between the radioactive concentration of ^{226}Ra , ^{228}Ra and the superficial dose rate. Artificial Intelligence allowed performing models to discriminate oil and gas sludge from different origins with 92 % classification accuracy.

Referências bibliográficas: *IAEA TECDOC SERIES No.2071. Holistic Approach to Management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM), 2024. *Mirion Technologies. Technical Advantages of ISOCS™/LabSOCS™. Application Note. C39530 - 04/2012

Palavras-chave: gamma-ray spectrometry; waste management; oil sludge; ISOCS.

Trabalho 185**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Radon Exhalation Rate Measurement in Amazon Forest Soil**Autor principal:** PAULO SERGIO CARDOSO DA SILVA**Autores:** Lakis, O. S.; Morales, M.; Tappiz, B.; Ostermann, C. K.; Bustillos, J. O.**Instituição:** Insituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**Cidade-UF:** São Paulo-SP

Abstract: The soil plays a fundamental role as a source of life support and a significant contributor to natural background radiation. This study aimed to characterize different soil types in the Amazon Tall Tower Observatory ATTO region and determine their ^{222}Rn exhalation rates, to better understand the dynamics of gases in the tropical forest and their environmental implications. **Introduction:** Soil is essential for life on Earth and influences atmospheric, biological, and geophysical dynamics, including the emission of terrestrial gases such as radon (^{222}Rn). **Fundamentals:** Soil consists of organic and inorganic materials, including radionuclides like ^{238}U , ^{232}Th , and ^{40}K , which contribute to the radiation dose received by humans. Radon gases (^{222}Rn and ^{220}Rn) are released from soil as part of the natural radioactive decay process. **Materials and Methods:** Soil samples were collected from three distinct ecosystems in ATTO: Terrace, Plateau, and Campina. Soil pH and moisture content were determined using KCl solution and ignition loss analysis. ^{222}Rn measurements were conducted using the RAD7 detector, based on a nonlinear regression curve fitted to experimental data. **Results:** The results showed significant variations in organic matter content (0.92% to 12.7%) and pH (negative ΔpH values) among different soil types. ^{222}Rn exhalation rates were highest in Terrace soils (32 ± 7 $\text{mBq}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$), followed by Plateau (18 ± 2 $\text{mBq}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$) and Campina (12 ± 6 $\text{mBq}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$). The values found are close to the literature where samples analyzed in Atlantic Forest soils showed an exhalation rate of 13.5 ± 1.6 $\text{mBq}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ to 20 ± 2 $\text{mBq}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$. **Conclusions:** The study concluded that different soil types in the ATTO region exhibit varying ^{222}Rn exhalation rates, indicating variations in gas dynamics within the tropical forest. No clear correlation was observed between ^{222}Rn exhalation rates and soil parameters such as moisture and pH, suggesting the need for further investigation to fully understand these relationships. This study contributes to understanding geochemical and environmental processes in tropical ecosystems, and provides important data for future studies on biogeochemical cycles and greenhouse gas emissions in the Amazon region. This condensed summary highlights the study's key findings and implications regarding ^{222}Rn exhalation rates in different soil

types in the ATTO region, offering a comprehensive view of the methodologies used and the results obtained.

Referências bibliográficas: M. Kumar, N. Sharma, “Estimation of ^{222}Rn , ^{220}Rn exhalation rate and ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K radionuclides in the soil samples of different regions of Gurdaspur district, Punjab”, *Materials Today: Proceedings*, vol 49 (8), pp. 3396-3402, (2022). M. O. Andreae, O. C. Acevedo, A. Araùjo, P. Artaxo, C. G. G. Barbosa, H. M. J. Barbosa, J. Brito, S. Carbone, X. Chi, B. B. L. Cintra, N. F. da Silva, N. L. Dias, C. Q. Dias-Júnior, F. Ditas, R. Ditz, A. F. L. Godoi, R. H. M. Godoi, M. Heimann, T. Hoffmann, J. Kesselmeier, T. Könemann, M. L. Krüger, J. V. Lavric, A. O. Manzi, A. P. Lopes, D. L. Martins, E. F. Mikhailov, D. Moran-Zuloaga, B. W. Nelson, A. C. Nölscher, D. Santos Nogueira, M. T. F. Piedade, C. Pöhlker, U. Pöschl, C. A. Quesada, L. V. Rizzo, C.-U. Ro, N. Ruckteschler, L. D. A. Sá, M. de Oliveira Sá, C. B. Sales, R. M. N. dos Santos, J. Saturno, J. Schöngart, M. Sörgel, C. M. de Souza, R. A. F. de Souza, H. Su, N. Targhetta, J. Tóta, I. Trebs, S. Trumbore, A. van Eijck, D. Walter, Z. Wang, B. Weber, J. Williams, J. Winderlich, F. Wittmann, S. Wolff, and A. M. Yáñez-Serrano, “The Amazon Tall Tower Observatory (ATTO): overview of pilot measurements on ecosystem ecology, meteorology, trace gases, and aerosols”, *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 15, pp. 10723-10776 (2015). DURRIDGE COMPANY INC. RAD7 Radon detector. User manual. Disponível em: < http://www.durridge.com/documentation/RAD7_Manual.pdf > Acesso em: 27 fev. 2023. E. E. G. de Farias, P. C. da Silva Neto, E. M. de Souza, E. J. de França, C. A. Hazin. “Radon levels and transport parameters in Atlantic Forest soils”, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* vol. 307, pp. 811–815, (2016).

Palavras-chave: Soil dynamics, ^{222}Rn exhalation rates, Tropical forest, Environmental implications.

Trabalho 186**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Comparativo das taxas de kerma no ar obtidas por dois modos de operação de uma câmara de ionização**Autor principal:** ELLEN VILARINHO DA SILVA**Autores:** Vitória de Lima Ribeiro Baptista, Leonardo de Castro Pacifico, Luis Alexandre Gonçalves Magalhães**Instituição:** Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Laboratório de Ciências Radiológicas**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

O levantamento radiométrico é fundamental para avaliar os níveis de radiação em áreas das instalações que utilizam radiação ionizante, assegurando que as exposições individuais não ultrapassem os limites de dose estabelecidos pela legislação. As câmaras de ionização (CI) são ferramentas essenciais para tal avaliação, sendo de suma importância que o profissional conheça as limitações da CI que usa, a fim de se manter uma confiabilidade nos resultados apresentados, uma vez que pode haver significativa dependência temporal dependendo do modo de operação da CI utilizado. O objetivo do trabalho foi comparar as taxas de kerma no ar obtidas através de dois modos de operação de uma CI a partir de três qualidades de radiação para fins de proteção radiológica com rastreabilidade metrológica: N-60, N-80 e N-100, dadas pela norma ISO 4307-1. A fonte de raios X foi o tubo COMET modelo MXR-160/22. As tensões elétricas nominais foram de 60 kV, 80 kV e 100 kV, respectivamente. A corrente elétrica nominal foi de 10 mA para todas as qualidades. Foi utilizada uma CI Fluke Victoreen de 600 cm³, modelo 451B-RYR. A distância foco-detector foi de 200 cm. A CI possui dois modos de operação: integrado e taxa. Foram realizadas 5 medições em cada modo para cada qualidade de radioproteção nos tempos de 0,1 s, com incremento de 0,1 s e para 1,5 s. Quando usado no modo integrado, a taxa de kerma no ar foi calculada através do respectivo tempo de exposição. A CI apresentou dependência temporal para tempos menores do que 0,8 s para N60 e menores do que 1,5 s para N80 e N100. As maiores incertezas combinadas relativas foram: para N60, 26% no modo integrado e 50% no modo taxa, ambos para 0,1 s; para N80, 31% no modo integrado e 17% no modo taxa, ambas para 0,5 s; para N100, 49% no modo integrado, para 0,2 s e 15% no modo taxa para 0,6 s. Tal comportamento sugere que a CI deve ser usada com parcimônia para tempos abaixo de 1,5 s, sendo necessário a aplicação de fatores de correção para a dependência temporal apresentada pela CI em ambos os modos de operação. Embora o fabricante deixa claro que a CI deve ser usada para tempos superiores a

2,0 s, o presente trabalho estudou o comportamento dos valores das taxas de kerma no ar em ambos os modos de operação da CI, tendo concluído a necessidade de aplicação de fatores de correção para ambos os modos de operação, fatores estes que serão apresentados em um próximo trabalho.

Referências bibliográficas: Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC N° 611, DE 9 DE MARÇO DE 2022. Brasília, 2022. Knoll, GF: Radiation Detection and Measurement, 1979, John Wiley & Sons, Inc. ISO 4037-1. Radiological protection - X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy Part 1: Radiation characteristics and production methods. 2017. Pacifico L de C. Caracterização das qualidades de radioproteção N10 a N150 no laboratório de metrologia do Departamento de Ciências Radiológicas LABMETRO/DCR/IBRAG/UERJ. Rio de Janeiro: UERJ; 2020.

Palavras-chave: Detector de radiação, câmara de ionização, radioproteção

Trabalho 187**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Entrenamiento de una red U-Net para la determinación del porcentaje de glandularidad.**Autor principal:** JUAN CAMILO BOTERO RENDON**Autores:** Hernández Curiela, D.A.; Viloría Barragana, C.M., Peña Velásquez, B.A.**Instituição:** Instituto Tecnológico Metropolitano**Cidade-UF:** Medellin, Colombia

Abstract: En los últimos años, se han desarrollado diversas técnicas para la segmentación del tejido mamario en imágenes médicas, lo que ha permitido calcular el porcentaje de glandularidad y, posteriormente, estimar la dosis glandular media (DGM), medida del riesgo radiológico asociado a este tipo de examen. En este trabajo, se exploró el uso de redes neuronales convolucionales, específicamente la arquitectura U-Net y sus variantes con mecanismos de atención, para optimizar el proceso de segmentación. La U-Net ha demostrado ser altamente efectiva en tareas de segmentación gracias a su capacidad para capturar características a múltiples escalas y su arquitectura simétrica, que combina capas de convolución y expansión. No obstante, a pesar de su éxito, la U-Net convencional puede no ser completamente óptima en escenarios donde se requiere una discriminación más precisa entre regiones adyacentes o con variaciones sutiles, como ocurre con los patrones del tejido mamario: tejido fibroglandular y tejido graso. Para mejorar la precisión, se implementó una red U-Net con mecanismos de atención, los cuales permiten al modelo enfocarse en áreas relevantes de la imagen, asignando diferentes pesos a distintas regiones basadas en su importancia contextual. El uso de atención en la U-Net dirige el foco hacia las regiones clave del tejido mamario, mejorando la capacidad de segmentación en presencia de estructuras complejas o ruidosas, como tejidos superpuestos o artefactos en la imagen. Para entrenar la red, se utilizaron las máscaras creadas en el trabajo “Generación de máscaras para entrenar una red U-Net en la determinación del porcentaje de glandularidad”. Los resultados muestran que las U-Net con atención superan a las U-Net estándar en métricas clave como la precisión y sensibilidad, en el caso del tejido mamario donde las fronteras del tejido son ambiguas o el contraste entre diferentes tipos de tejido es bajo. De esta manera, los mecanismos de atención integrados en la U-Net entregan un resultado más preciso en la segmentación del tejido glandular. Lo que permite, a su vez, una mejor estimación del porcentaje de glandularidad.

Referências bibliográficas: 1. Vaswani, A., et al. Attention Is All You Need. Arxiv, 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762> 2. ICRP, “ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging,” Ann. ICRP, vol. 46, no. 1, pp. 1–144, 2017. 3. Withey, Daniel and Zoltan J. Koles. “A Review of Medical Image Segmentation: Methods and Available Software.” (2008). 4. Fedorov A., Beichel R., Kalpathy-Cramer J., Finet J., Fillion-Robin J-C., Pujol S., Bauer C., Jennings D., Fennessy F.M., Sonka M., Buatti J., Aylward S.R., Miller J.V., Pieper S., Kikinis R. 3D Slicer as an Image Computing Platform for the Quantitative Imaging Network. Magnetic Resonance Imaging. 2012 Nov;30(9):1323-41. PMID: 22770690. PMCID: PMC3466397.

Palavras-chave: glandularidad, U-Net, Mamografía, Mecanismos de atención.

Trabalho 188**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Concentração de Atividade de Ra-226, Ra-228, U-238, Th-232 e K-40 do solo do Parque Natural Paleontológico de São José de Itaboraí**Autor principal:** JARDEL LEMOS THALHOFER**Autores:** *, J. L; Silvab, G. R. A; Silvab, R. L; Florenzanoc, R. C; Limab, T. A; Ferreirab, I. B. M; Barbosaa, L. S; Orejuelaa, C. O. P; Kelecom¹, A ; Camposc, V. S; Freirec, A. F. M; Lopesd, Kelecom, A¹; Limaa, I. C. B; Silvaa, A. X.**Instituição:** Universidade Federal do Rio de Janeiro (LAASC / PEN)**Cidade-UF:** Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – Brasil

Resumo: O Parque Natural Municipal Paleontológico de São José de Itaboraí, foi amplamente explorado no século passado devido a presença de calcário, tendo contribuições relevantes para a construção da Ponte Presidente Costa e Silva (Rio-Niterói) e do Estádio Mário Filho (Maracanã). Neste período de exploração mineral, descobriram-se vestígios arqueológicos de mamíferos, gastrópodes, répteis e anfíbios, com destaque para o tatu mais antigo do mundo e o ancestral das emas, datado do o Paleoceno, cerca de 55 milhões de anos. Foram achados, também, fósseis de preguiça gigante e mastodonte, da Idade Pleistocênica (aproximadamente 20 mil anos). Em 1984 com o fim da exploração mineral, havia uma depressão de 70 metros, que foi progressivamente coberta com água da chuva e de veios subterrâneos, emergindo um lago. Em 1995, nascia o Parque Paleontológico de São José, eleito pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (Sigep), órgão ligado à Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), um dos patrimônios da humanidade. Atualmente, o parque é aberto a visitação do público com variadas trilhas e e outras atividades relacionadas ao ecoturismo. Assim, diante do contexto paleontológico e histórico-social, a área foi escolhida para a análise radiométrica de espécies vegetais e solo. Neste trabalho foi avaliado o solo presente em um ponto próximo ao lago tendo o seu perfil radiométrico estabelecido através do HPGe, com tempo de contagem de 28.800s. Após o período secular e contagem, foram estabelecidas as concentrações de atividade do Ra-226 (9,87 Bq/Kq), Ra-228 (12,03 Bq/Kq), U-238 (8,74 Bq/Kq), Th-232 (17,53 Bq/Kq) e K-40 (1463,45 Bq/Kq). Este trabalho em sua etapa preliminar, descreve apenas o perfil de uma das trilhas do parque, sendo necessário avaliar o perfil de transferência solo-planta e realizar a caracterização de mais pontos da área do Parque Natural Municipal Paleontológico de São José de Itaboraí, visando o monitoramento ambiental de todo o parque e uma análise mais precisa do solo e rocha encontrados na região.

Referências bibliográficas: Bergqvist, L. P., Mansur, K., Rodrigues, M. A., Rodrigues-Francisco, B. H., Perez, R., & Beltrão, M. C. (2009). Bacia São José de Itaboraí, RJ. Berço dos mamíferos no Brasil. *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*, 2, 413-432. Nicolet, J. P., & Erdi-Krausz, G. (2003). Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data.

Palavras-chave: Palavras Chave: Espectrometria gama, Solo e Concentração de Atividade

Trabalho 189**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radiobiologia**Título:** Análise do perfil radiométrico da planta *Erythrina verna* Vell.**Autor principal:** JARDEL LEMOS THALHOFER**Autores:** Silvaa*, G. R. A; Oliveirab, L.F; Silvaa, R.L; Lacerdac, M. T. C; Silvad, L. B; Orejuelad, C. O. P; Frotaa, M; Limad, I.C.B; Silvad, A. X; Joffilyb, A; Paivab, S. R; Kelecoma, A**Instituição:** Universidade Federal do Rio de Janeiro (LAASC / PEN)**Cidade-UF:** Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – Brasil

Resumo: A caracterização radiométrica de plantas nativas e/ou endêmicas de clima tropical é uma lacuna explicitada em 2003, pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) na ICRP 108, quando estabeleceu os Animais e Plantas de Referência (RAPs), frisando a necessidade do conhecimento sobre a biota não humana. Diante disso, e associado a ampla biodiversidade do bioma da Mata Atlântica, neste trabalho foi avaliado o perfil radiométrico da planta *Erythrina verna* Vell., conhecida popularmente, assim como outras espécies do gênero, como mulungu. Para isso, partes vegetativas foram coletadas a partir de indivíduo cultivado na Coleção Botânica Sítio E-jardim, Estrada do Aviário s/no, Xerém, Duque de Caxias-RJ, detalhes do local da coleta 22°34'14.6"S e 43°16'17.3"W. A *E. verna*, além de ser uma planta endêmica do Brasil encontrada nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia, é usada tradicionalmente, na forma de chá, como ansiolítico, sedativo e hipnótico. A análise da amostra de mulungu consistiu na espectrometria gama do solo (onde se encontravam as raízes), do caule e das folhas, sendo cada estrutura analisada de forma independente em detector de Germânio Hiper Puro (HPGe), da Canberra. As amostras foram analisadas úmidas, sendo encontrado no solo os valores de concentração de atividade de 26,50; 49,50 e 133,54 Bq/Kg para os radionuclídeos Ra-226, Ra-228 e K-40, respectivamente. Ao analisar o caule, os valores foram de 0,74 Bq/kg (Ra-226), 0,63 Bq/kg (Ra-228) e 17,34 Bq/kg (K-40). E para a folha os resultados foram de 0,14 Bq/kg (Ra-226), 1,58 Bq/kg (Ra-228) e 22,38 Bq/kg (K-40). Os resultados demonstram não haver um processo de absorção para os radionuclídeos analisados, por haver uma pequena quantidade desses elementos nas estruturas vegetativas analisadas, quando comparado aos teores presentes no solo. E este fato pode estar associado às características fisiológicas de absorção de nutrientes pela planta, não sendo uma planta com perfil de absorção para íons bivalentes, como o rádio.

Referências bibliográficas: Nicolet, J. P., & Erdi-Krausz, G. (2003). Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. MONOGRAFIA DA ESPÉCIE ERYTHRINA MULUNGU (MULUNGU) Organização: Ministério da Saúde e Anvisa. Fonte do Recurso: Ação 20K5 (DAF/ SCTIE/ MS)/2013; MINISTÉRIO DA SAÚDE Disponível em

Palavras-chave: Espectrometria Gama; Radionuclídeos; Radioecologia.

Trabalho 190**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Dosimetria e instrumentação**Título:** Experiência preliminar de leitura do gel dosímetro MAGIC-f com espectrofotometria**Autor principal:** DANYEL SCHEIDEGGER SOBOLL**Autores:** Beatriz Borinelli**Instituição:** UTFPR**Cidade-UF:** Curitiba-PR

Introdução: Este trabalho teve o objetivo de iniciar a experimentação do gel MAGIC-f pela leitura por espectrofotometria disponibilizada em laboratório da UTFPR. A verificação da viabilidade apontaria para a exploração de uma metodologia alternativa de leitura do gel dosímetro, uma técnica relativamente simples e ainda inexplorada que pode ser obtida dentro do ambiente acadêmico. **Fundamentação:** Géis dosímetros existem em diversas formulações e entre elas está o MAGIC (Methacrylic and Ascorbic acid in Gelatin Initiated by Copper), uma dissolução de monômeros em matriz gelatinosa. A radiação ionizante é capaz de produzir radicais livres que interagem com os monômeros e geram reações em cadeia, que levam o gel à polimerização. A adição de formaldeído criou o MAGIC-f, que apresenta vantagens em relação ao original. Pela espectrofotometria, a substância química analisada absorve luz incidente nela, de maneira que a luz que a atravessa, avaliada segundo os comprimentos de onda transmitidos, revela características da amostra. **Materiais e Métodos:** Inicialmente foi realizado um estudo piloto com duas amostras de gel MAGIC-f armazenadas em cubetas de quartzo, de forma que uma delas foi irradiada com feixe de fótons de alta energia para receber a dose de 30 Gy e a outra foi usada como controle. Depois, 25 novas amostras foram envasadas em cubetas de vidro óptico e foram organizadas em grupos de cinco unidades. Cada grupo recebeu uma dose diferente: 0, 15, 30, 40 e 50 Gy. As cubetas foram inspecionadas em espectrofotômetro UV/Vis e espectros de transmitância das amostras foram gerados com os dados obtidos. **Resultados:** No estudo piloto o gráfico de transmitância mostrou que a para uma ampla faixa do espectro (desde 350 até 900 nm) a curva da amostra de 30 Gy teve atenuação significativamente maior do que a da amostra de 0 Gy, sugerindo que valores intermediários e valores excedentes das doses aplicadas poderiam ser explorados em dosimetria. O piloto também mostrou que na região de UV há pouca diferenciação da resposta de transmitância, de maneira que não haveria prejuízo de perda de dados se as cubetas de quartzo fossem substituídas por cubetas mais baratas, como as de vidro óptico. No prosseguimento do estudo notou-se que as transmitâncias variaram segundo a dose absorvida e para doses menores que 30 Gy as

curvas se mostraram mais coesas e reprodutivas, principalmente na faixa entre 400 e 600 nm. Conclusões: A realização deste projeto mostrou que a leitura do gel dosimétrico MAGIC-f por espectrofotometria na faixa do visível é viável e promissora.

Referências bibliográficas: BALDOCK, C.; DEENE, Y. D.; DORAN, S.; IBBOTT, G.; JIRASEK, A.; LEPAGE, M.; MCAULEY, K. B.; OLDHAM, M.; SCHREINER, L. J. Polymer gel dosimetry. *Physics in Medicine and Biology*, v. 55, n.5, 2010. DEENE, Y. D. Essential characteristics of polymer gel dosimeters. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 3, n. 34, 2004. DHAKAL, R.; YOSOFVAND, M.; MOUSSA, H. Development and Application of MAGIC-f Gel in Cancer Research and Medical Imaging. *Applied Sciences*, v. 11, n.17, 2021. FERNANDES, J.P.; PASTORELLO, B.F.; ARAÚJO, D.B.; BAFFA, O. Formaldehyde increases MAGIC gel dosimeter melting point and sensitivity. *Physics in Medicine and Biology*, v. 53, n. 4, p. 53-58, 2008. FONG, P. M.; KEIL, D. C.; DOES, M. D. ; GORE, J. C. Polymer gels for magnetic resonance imaging of radiation dose distributions at normal room atmosphere. *Physics in Medicine and Biology*, v. 46, p. 3105–3113, 2001. MURAKAMI, N. S. PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO GEL MAGIC-f COM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA POR RAIOS-X, ESPECTROSCOPIA POR RMN E EPR E ESPECTROFOTOMETRIA UV/Vis. 2017. 69 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J, R. INTRODUÇÃO À ESPECTROSCOPIA: Tradução da 4ª edição norte-americana. São Paulo: CENGAGE Learning, 2010. PAVONI, J. F. Dosimetria tridimensional por imagens de ressonância magnética com gel Magic modificado, 2009, 185f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-graduação em Física Aplicada à Medicina e Biologia da Faculdade Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009. PAVONI, J. F.; PIKE, T. L.; SNOW, J.; DEWERD, L. A.; BAFFA, O. Dosimetria tridimensional usando gel MAGIC com formaldeído. *Revista Brasileira de Física Médica*, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 15-18, 2010.

Palavras-chave: gel dosimétrico, MAGIC-f, espectrofotometria, UV/Vis

Trabalho 191**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Análise da concentração de radônio em um galpão de rejeitos radioativos**Autor principal:** JÚLIA BATISTA SEVERO**Autores:** Isabela Nicomedes Silva Ferreira, Ricardo Gomes Passos, Carolina Santos Lamounier, Stela Dalva Santos Cota**Instituição:** Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN**Cidade-UF:** Belo Horizonte

O radônio, um gás inerte radioativo presente na natureza, tende a se acumular em ambientes fechados, como residências e ambientes de trabalho. A inalação desse gás representa um risco significativo à saúde em locais com alta ocupação. Diante disso, é crucial avaliar a concentração de radônio em ambientes fechados, especialmente em instalações que armazenam rejeitos radioativos de origem natural; os NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials). A International Commission on Radiological Protection (ICRP) recomenda um valor de referência para o radônio de 1000 Bq/m³ para locais de trabalho, acima do qual devem ser implementadas medidas de proteção radiológica ocupacional. Conforme a Lei 10.308/2001, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é legalmente responsável pelo armazenamento de rejeitos radioativos, que são encaminhados a seus institutos, como o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN). O galpão de estocagem do CDTN, considerado de armazenamento temporário, possui uma área de 450 m² e ventilação natural. Este estudo teve como objetivo avaliar a concentração de radônio no galpão de rejeitos radioativos do CDTN. Para tanto, foram utilizados três tipos de detectores: o monitor de radônio RAD7, a câmara de ionização de eletretos, e o detector passivo CR-39. O galpão foi dividido em 12 pontos para instalação dos eletretos e CR-39 em estruturas com altura de 1,50 m. Paralelamente, o RAD7 foi instalado em três outros pontos do galpão, selecionados com base na disposição dos rejeitos no local. O RAD7 permaneceu em operação contínua por 2 horas, o eletreto por 3 dias e o CR-39 por 3 meses. Durante as medições com os eletretos, todos os dispositivos zeraram sua voltagem, indicando que as concentrações de radônio superaram a capacidade de detecção. Assim, as concentrações exatas não puderam ser determinadas, mas é possível inferir que a concentração mínima em todos os pontos monitorados excede 1000 Bq/m³, valor definido pela ICRP. As medições do RAD7 e do CR-39 indicaram concentrações médias de radônio de 73,7 e 29,7 Bq/m³, respectivamente. O maior valor registrado pelo RAD7 foi de 147 Bq/m³, próximo a um rejeito contendo Ra-226, uma fonte significativa de emissão de radônio, o que justifica essa concentração elevada. Esta diferença significativa em relação

às concentrações inferidas a partir dos eletretos evidencia uma discrepância entre os métodos de medição, que precisa ser cuidadosamente avaliada. Além disso, os valores obtidos com o RAD7 e o CR-39 apresentaram bem abaixo do limite recomendado pela ICRP. Esses valores podem ter sido influenciados por características do ambiente, como o sistema de ventilação natural presente no galpão, que pode ter ajudado a dispersar o radônio, evitando sua acumulação em níveis mais elevados. Diante dessa discrepância nos resultados, algumas análises serão repetidas para investigar melhor as possíveis causas dessa variação. Além disso, outras variáveis devem ser consideradas para aprimorar a avaliação da concentração de radônio no galpão, como a influência do sistema de ventilação local e as variações diárias nas concentrações de radônio. Essas medidas permitirão uma compreensão mais precisa do comportamento do gás no ambiente monitorado.

Referências bibliográficas: UNEP - United Nations Environment Programme, Radiation Effects and Sources. What is radiation, (2016). ICRP – International Commission on Radiological Protection, Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. Annals of ICRP Publication, 115, 40, Canada, United States, 2010. BRASIL. Lei nº 10.308, de 20 de novembro de 2001. Dispõe sobre a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos, e dá outras providências.

Palavras-chave: radônio, rejeito radioativo

Trabalho 192**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Monitoreo de radiación ambiental en laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín**Autor principal:** MARIANA SOFIA TELLEZ MONTEJO**Autores:** David Correa Correa; Sergio Andres Puerto Rangel; Alejandro Rodríguez Montes; Bibiana Andrea PeñaVelásquez**Instituição:** Universidad Nacional de Colombia, sede Medellin**Cidade-UF:** Medellin

Los seres humanos en todo momento están expuestos a la radiación ambiental. Esta se refiere a la radiación ionizante que está presente de manera natural en nuestro entorno y que proviene de diferentes fuentes, tanto naturales como artificiales. Generalmente, en niveles bajos que no son dañinos. Sin embargo, esta radiación puede acumularse en espacios cerrados, lo que conlleva a una exposición prolongada, aumentando el riesgo de desarrollar diferentes problemas de salud. Al monitorear los niveles de radiación, se pueden identificar áreas donde las personas están expuestas a dosis más altas de lo normal, permitiendo implementar medidas de protección. Por tal motivo, el objetivo principal de este trabajo consistió en medir la radiación ambiental en diferentes laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Para esto, se estableció un plan de acción que permitió realizar el monitoreo ambiental en diferentes áreas. Primero se hizo un listado de laboratorios y se seleccionaron los que representaban un mayor interés radiológico considerando: el tipo de laboratorio, la frecuencia de uso y los sistemas de ventilación. Posteriormente, se estableció un protocolo de medición y se analizaron los datos. El proceso de medición se llevó a cabo usando filtros de carbón activado 2097 y un sistema para forzar el paso de aire a través de ellos, de manera constante y controlada. Luego se realizaron las mediciones de sus productos de desintegración (α y β), adicionalmente se usó un contador Geiger-Müller para analizar la tasa de dosis. Los resultados mostraron que, en todos los laboratorios UNALMED, los niveles de radiación ambiental están dentro de los valores normales comparados con las mediciones en el exterior. No se encontraron acumulaciones anormales ni áreas con altas concentraciones. Por tal motivo, no se recomienda implementar medidas adicionales ni realizar un monitoreo especial en ningún laboratorio. Sin embargo, se considera importante realizar medidas periódicas para verificar que está condiciones no cambien.

Referências bibliográficas: Bibliografía De las personas y el medio ambiente, P. la P. (s/f). Normas de seguridad del OIEA. Iaea.org. Recuperado el 15 de septiembre de 2024, de https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1785S_web.pdf Domínguez Durán, M. (2021). Estudio exploratorio de radón residencial en Bogotá, Colombia y municipios aledaños. repositorio.uniandes.edu.co. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/f78d004e-e492-4f86-91a2-ee9c0f3820c8> Giraldo-Osorio, A., Ruano-Ravina, A., Pérez-Ríos, M., Barros-Dios, J. M., & Arias-Ortiz, N. E. (s/f). en Manizales, Colombia Resultados de un estudio piloto. Infocancer.co:8080. Recuperado el 15 de septiembre de 2024, de http://www.infocancer.co:8080/archivos/sitiosInteres/1616178278832-Policy_brief_radon-091220.pdf Iaea. (s/f). Monitorización del aire en el lugar de trabajo. Iaea.org. Recuperado el 15 de septiembre de 2024, de <https://nucleus.iaea.org/sites/orpnet/training/workplacemonitoring/Shared%20Documents/Lección%206%20-%20Monitoreo%20del%20aire.pdf> Workplace monitoring. (s/f). Iaea.org. Recuperado el 15 de septiembre de 2024, de <https://nucleus.iaea.org/sites/orpnet/training/workplacemonitoring/SitePages/Home.aspx>

Palavras-chave: monitoreo ambiental, protección radiológica, aire, carbón activado

Trabalho 193**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Use of geopolymer for cesium sorption**Autor principal:** JUNIARA LOPES VERSIEUX**Autores:** Carolina Braccini Freire; Fernando Soares Lameiras**Instituição:** CDTN- CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR**Cidade-UF:** Belo Horizonte- MG

Silica-aluminous materials with structures ranging from amorphous to semicrystalline, when activated in an alkaline medium, were named "geopolymers" by researcher Davidovits in 1979. The raw materials for the synthesis of geopolymers can be natural aluminosilicates or co-products of industrial processes, which react through an alkaline activation route, generally using sodium or potassium hydroxide and silicate solutions. In this research, a residue from sand mining in the municipality of Inhaúma, Minas Gerais, was used as a source of aluminosilicate and sodium hydroxide and sodium silicate were used as alkaline solutions. Currently, this residue has no economic value, making this research pioneering in exploring its use as a geopolymer precursor. The residue was characterized by quantitative (mineralogical and elemental) and qualitative (degree of amorphization, surface and granulometric analysis) analyses. Based on these characterizations, in bench tests according to statistical plans performed by the authors and in the literature, the best mix for the production of geopolymer specimens was determined. After 28 days of curing, the specimens were ground in a pan mill and used as an adsorbent for inactive cesium chloride by the batch equilibrium method, according to procedures described in EPA 530 (1992), in which the geopolymer was used as solute. Two stages were performed, in which temperature, agitation and pH were controlled. First, the best solute: solution ratio was defined and, after the results of the first stage, the second was performed, determining the best equilibrium time. The material retained in the membrane during the sorption test was immobilized in a geopolymer matrix. Cylindrical specimens (10 x 5 cm) were also produced for compressive strength tests and visual physical analyses. After analyzing the results, it was found that the grinding process was satisfactory in adjusting the grain size, favoring the surface area available for the material's reactivity. It was possible to identify that the residue used has as constituents, among others, kaolinite and muscovite, having characteristics that favor sorption. It was also found in the steps performed and analyzed that the geopolymer after grinding is promising in cesium sorption. The results of the cesium sorption tests were satisfactory, with an average adsorptive

capacity greater than 50%, thus proving the technical feasibility of using the geopolymer with calcined residue, as an adsorbent material.

Referências bibliográficas: DAVIDOVITS, J.; SAWYER, J. L. Early high-strength mineral polymer. U.S. Patent n. 4,509,985, 9 abr.1985. EPA. (1991). Bach-type procedure for estimating soil adsorption of chemicals. (p. 116). EPA/530-SW-87-006-F. FREIRE, C. B. Estudo de Sorção de Césio e Estrôncio em Argilas Nacionais para sua utilização como barreira em Repositórios de Rejeitos Radioativos. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais) – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), Belo Horizonte, Minas Gerais, 2007. FREIRE, C. B., Santos, B. L. D. dos, Miranda, I. L. F. de, Rodrigues, M. A., & Lameiras, F. S. (2020). Influence of the Kaolinite Calcination Conditions on the Compressive Strength of Geopolymer. *KnE Engineering*, 2020, 1–10. <https://doi.org/10.18502/keg.v5i4.6790>. FREUNDLICH, H. *Colloid and Capillary Chemistry*. Methuen, London. 1926. DAVIDOVITS, J. 30 Years of Successes and Failures in Geopolymer Applications. *Market Trends and Potential Breakthroughs*. [s.l: s.n.]. Disponível em: . Cuccia, V., Freire, C. B., & Ladeira, A. C. Q. (2020). Radwaste oil immobilization in geopolymer after non-destructive treatment. *Progress in Nuclear Energy*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2020.103246>.

Palavras-chave: geopolymer; residue; mortar; residue; adsorption

Trabalho 194**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Divulgação na área radiológica e nuclear**Título:** Avaliação de Doses e Análise de Risco Ocupacional para Trabalhadores na Inspeção de Cargas Aeroportuárias e Portuárias por Raios X com energias entre 100 keV a 600 keV.**Autor principal:** SAMIR TORRES LUIZ**Autores:** Ícaro Costa Neves da Silva, Fábio Oliveira Neves (Orientador)**Instituição:** Faculdade Casa Branca (FACAB)**Cidade-UF:** Casa Branca-SP

A exposição à radiação em operações de inspeção de cargas é uma preocupação crítica em aeroportos e portos. Este estudo avalia as doses de radiação e o risco ocupacional para trabalhadores envolvidos na inspeção de cargas utilizando máquinas de raios-X com energias entre 100 keV e 600 keV, visando aferir a segurança e a saúde dos operadores expostos à radiação ionizante durante o trabalho. O objetivo geral do estudo é avaliar as doses de radiação recebidas por trabalhadores e analisar os respectivos riscos ocupacionais associados. A metodologia utilizada envolveu três fases distintas: avaliação da dose ocupacional, por meio de monitoração, avaliação de taxas de dose em pontos de interesse, por meio de levantamentos radiométricos e de dosimetria de área e cálculo de risco, baseado nas recomendações da ICRP 103 (2007). Os resultados indicaram que todas as doses medidas estavam significativamente abaixo dos limites regulamentares, sugerindo um risco mínimo de efeitos adversos à saúde para os trabalhadores. As conclusões ressaltam a importância do monitoramento contínuo e da adesão a um sistema de proteção e segurança radiológica, para a manutenção de um ambiente de trabalho seguro e com riscos mínimos aos trabalhadores.

Referências bibliográficas: [1] LINEV Systems. How X-ray Security Solutions Enhance Airport Security – Ensuring Passenger Safety. Disponível em: <https://www.linevsystems.com/news/security/how-x-ray-security-solutions-enhance-airport-security-ensuring-passenger-safety/>. Acesso em: 13 jun. 2024. [2] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Requisitos básicos de radioproteção e segurança radiológica de fontes de radiação. Norma CNEN NN 3.01. Resolução CNEN 323/24, 18 abr. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/NormaCNENNN3.01.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2024. [3] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Guia para o licenciamento de instalações radiativas de Inspeção de Bagagem e Contêineres do Subgrupo 7B. Versão 2.0, setembro 2023, p. 5-24. Disponível

em:

<https://appasp2019.cnen.gov.br/seguranca/orientacoes/images/cnen/documentos/drs/orientacoes/Guia-IBC-do-Subgrupo-7B-Set2023.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2024. [4] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Oxford: Elsevier, 2007. Disponível em: <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>. Acesso em: 17 jun. 2024. [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radiation Safety of X Ray Generators and Other Radiation Sources Used for Inspection Purposes and for Non-medical Human Imaging. IAEA Safety Standards Series No. SSG-55, Vienna, 2020. [6] YOSHIMURA, Elisabeth; OKUNO, Emico. Física das Radiações. 1. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2011. ISBN 978-85-86238-45-7. [7] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Norma CNEN NN 6.02 - Licenciamento de Instalações Radiativas. Resolução CNEN 293/22, publicada no Diário Oficial da União em 31 de março de 2022. Brasília: CNEN, 2022. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/>. Acesso em: 20 jun. 2024. [8] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cães farejadores do Mapa chegam ao Aeroporto de Guarulhos para reforçar a fiscalização. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/caes-farejadores-do-mapa-chegam-ao-aeroporto-de-guarulhos-para-reforcar-a-fiscalizacao>. Acesso em: 20 jun. 2024. [9] AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Procedimentos de segurança e a aleatoriedade da inspeção de passageiros. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2023/procedimentos-de-seguranca-e-a-aleatoriedade-da-inspecao-de-passageiros>. Acesso em: 20 jun. 2024. [10] ASTROPHYSICS INC. Página inicial. Disponível em: <https://astrophysicsinc.com>. Acesso em: 22 jun. 2024. [11] RAPISCAN SYSTEMS. Página inicial. Disponível em: <https://www.rapiscansystems.com/en/>. Acesso em: 22 jun. 2024. [12] SMITHS DETECTION. Página inicial. Disponível em: <https://www.smithsdetection.com/>. Acesso em: 22 jun. 2024. [13] NUCTECH EUROPE. Página inicial. Disponível em: <https://nuctecheurope.com/>. Acesso em: 22 jun. 2024. [14] VMI SECURITY. Spectrum 180180-SV: Scanner de Inspeção por Raios-X. Disponível em: <https://www.vmisecurity.com>. Acesso em: 22 jun. 2024. [15] INCA - Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2023. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/estimativa-2023-incidencia-de-cancer-no-brasil>. Acesso em: 22 jun. 2024. [16] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População. 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 22 jun. 2024.

Palavras-chave: radiação ocupacional, inspeção de cargas, dosimetria

Trabalho 195**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Generación de máscaras para entrenar una red U-Net en la determinación del porcentaje de glandularidad.**Autor principal:** DIEGO ARMANDO HERNANDEZ CUIEL**Autores:** D.A.; Botero Rendón, J.C., Viloría Barragana, C.M., Peña Velásquez, B.A.**Instituição:** Instituto Tecnológico Metropolitano**Cidade-UF:** Medellín

Resumen: La glandularidad mamaria es la proporción de tejido fibroglandular en comparación con el tejido graso en la mama. En los exámenes de mamografía de tamizaje y la detección temprana del cáncer de mama, este valor es fundamental para estimar la dosis glandular media (DGM). La DGM mide el riesgo radiológico asociado a este tipo de examen, el porcentaje de glandularidad está directamente relacionado con la distribución y absorción de la radiación. Las mamas con mayor densidad glandular pueden requerir dosis más altas para obtener imágenes de calidad diagnóstica en comparación con aquellas de menor densidad. En este trabajo, se realizó el preprocesamiento y la segmentación manual de un conjunto de imágenes de mamografía para generar máscaras, las cuales permitirán, posteriormente, entrenar una red U-Net capaz de segmentar automáticamente las imágenes y determinar el porcentaje de glandularidad. La base de datos de mamografías en formato DICOM, utilizada para el desarrollo del trabajo, contiene imágenes de 250 pacientes con edades comprendidas entre 35 y 63 años, y diferentes proyecciones, como MLOD, MLOI, CCD y CCI. El preprocesamiento, la segmentación y la creación de máscaras se realizaron en lenguaje Python. La primera parte del trabajo consistió en mejorar la calidad de las imágenes y normalizarlas utilizando la técnica de windowing. Esta técnica consiste en ajustar las intensidades de las imágenes para enfocarse en el rango más relevante, optimizando la visualización del tejido mamario. Luego, se segmentaron las diferentes áreas de interés utilizando las librerías NumPy y scikit-image (skimage), que permiten una manipulación eficiente de los arreglos de píxeles y la segmentación precisa de las regiones del tejido. Antes de etiquetar las regiones de interés y crear la máscara, se eliminó el músculo pectoral que puede aparecer en la parte superior de las mamografías (proyección MLO). Esta eliminación se realizó para evitar sesgos en el entrenamiento del modelo y mejorar la precisión de la segmentación. Finalmente, para la creación de máscaras, se etiquetaron los píxeles de las imágenes: 0 para el fondo, 1 para el tejido mamario y 2 para el tejido glandular. Este procedimiento es fundamental para que el modelo U-Net pueda aprender a diferenciar correctamente entre las distintas estructuras presentes en las

mamografías, permitiendo una segmentación precisa del tejido mamario y evitando la introducción de sesgos no deseados en el conjunto de datos. **Keywords:** Glandularidad, Mamografía, U-Net, Segmentación.

Referências bibliográficas: 1. ICRP, “ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging,” Ann. ICRP, vol. 46, no. 1, pp. 1–144, 2017. 2. Withey, Daniel and Zoltan J. Koles. “A Review of Medical Image Segmentation: Methods and Available Software.” (2008). 3. Fedorov A., Beichel R., Kalpathy-Cramer J., Finet J., Fillion-Robin J-C., Pujol S., Bauer C., Jennings D., Fennessy F.M., Sonka M., Buatti J., Aylward S.R., Miller J.V., Pieper S., Kikinis R. 3D Slicer as an Image Computing Platform for the Quantitative Imaging Network. Magnetic Resonance Imaging. 2012 Nov;30(9):1323-41. PMID: 22770690. PMCID: PMC3466397.

Palavras-chave: Glandularidad, Mamografía, U-Net, Segmentación.

Trabalho 196**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Radioproteção do meio ambiente**Título:** Catastrophe in Rio Grande do Sul/Brazil in 2024: Sensing for Survey on the Radiological Sources of Submerged Equipment and Their Possible Environmental Damage**Autor principal:** GIULIANNA DOS SANTOS PEREIRA**Autores:** Marcus Vinicius Araujo Vieira; Aparecida Marta Regina Dos Santos Pereira; Rodrigo Campos Pereira; Rocco Pascale Neto; Álvaro José Boareto-Mendes; Fernando Manuel Araujo-Moreira**Instituição:** IME - Instituto Militar de Engenharia**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

In 2024, the state of Rio Grande do Sul, Brazil, experienced an unprecedented environmental catastrophe due to torrential rains that led to severe flooding across vast areas. The floods submerged various radioactive sources, raising concerns about potential radiological contamination and its impact on both the environment and public health. This study aimed to assess the risks associated with these submerged radioactive sources, particularly those found in equipment used in medical, industrial, and research settings. Comparisons were made with well-documented nuclear accidents such as Fukushima in Japan and Chernobyl in Ukraine to provide a broader context for evaluating the possible consequences of this disaster. The study employed a multi-methodological approach, integrating quantitative and qualitative analyses. A survey of potentially affected areas was conducted to identify the locations of submerged radiological sources. Additionally, data from national and international regulatory agencies, such as the National Nuclear Energy Commission (CNEN) and the International Atomic Energy Agency (IAEA), were utilized to estimate potential radiation exposure levels. The study also examined the shielding effects of water on different radioactive materials, considering the depth and duration of submersion. This analysis was critical in determining whether the radiological contamination could pose a significant threat to both human populations and the ecosystem. The results indicated that while the shielding effects of water could attenuate some radiation, the prolonged submersion of radioactive materials in floodwaters presents a substantial risk, particularly for unsealed sources. Unsealed sources, commonly used in medical applications, are more susceptible to leaching and dispersion in water, which could lead to contamination of aquatic environments and subsequent bioaccumulation in flora and fauna. Sealed sources, though more resilient, could still present hazards if their protective casings were compromised due to prolonged exposure to water and the ensuing

degradation. In light of these findings, the study emphasizes the necessity of implementing robust emergency response plans that include the continuous monitoring of submerged areas for radiological contamination. The deployment of advanced radiological sensors and detectors capable of providing real-time data is critical for early detection and mitigation of potential contamination. Moreover, it is essential to develop and enforce stricter safety protocols for the storage and management of radioactive materials in facilities located in flood-prone regions. This research also highlights the need for coordinated efforts between government agencies, environmental organizations, and the nuclear sector to protect biodiversity in affected regions. The flood-affected areas of Rio Grande do Sul are home to a variety of endemic species, some of which are already at risk of extinction. Biodiversity conservation measures should be integrated into emergency response plans to ensure that these ecosystems are preserved during and after such natural disasters. This work concludes that effective radiological protection and environmental preservation are not mutually exclusive goals. Rather, they must be pursued in tandem, especially in regions susceptible to extreme weather events. The lessons learned from this catastrophe can serve as a model for other regions facing similar risks, reinforcing the importance of proactive disaster planning, environmental monitoring, and the responsible management of radioactive materials.

Referências bibliográficas: AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Anvisa e CNEN avaliam qualidade e segurança de serviços de radioterapia. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/resultadoebusca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=2667074&_101_type=content&_101_groupId=219201&_101_urlTitle=anvisa-e-cnen-avaliam-qualidade-e-seguranca-de-servicos-deradioterapia&inheritRedirect=true. Acesso em: 4 jun. 2024 BARBI, F, REI, FCF. (2021). Mudanças climáticas e agenda de adaptação nas cidades brasileiras. Revista Catalana de Dret Ambiental, v. 1, n. 1. B3. 5 dados da economia do Rio Grande do Sul e sua importância para o país. Disponível em: <https://borainvestir.b3.com.br/noticias/5-dados-da-economia-do-riogrande-do-sul-e-sua-importancia-para-o-pais/>. Acesso em: 21 maio 2024 CLEMONS, Joseph; BLUMENBERG, Adam. The Goiânia incident, the semiotics of danger, and the next 10,000 years. Clin Toxicol (Phila), v. 61, n. 7, p. 551-558, jul. 2023. DOI: 10.1080/15563650.2023.2235889. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37535035/>. DOI: 10.1080/15563650.2023.2235889. Acesso em: 21 maio 2024. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). GDOSE -Sistema de Gestão de Doses Individuais de Radiação. Disponível em: <https://appasp2019.cnen.gov.br/produtos/gdose/geral/menuGDOSE.asp>. Acesso em: 22 maio 2024. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). Licenciamento e Controle de Instalações de Medicina Nuclear. Disponível em: <https://appasp2019.cnen.gov.br/seguranca/orientacoes/images/cnen/documentos/drs/orientacoes/Licenciamento-e-Controle-de-Instalacoes-Medicina-Nuclear-set2023.pdf>. Acesso em: 22 maio 2024 COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). Norma CNEN NN 3.01: Diretrizes Básicas de Radioproteção. Disponível em:

<https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/normas/grupo-3/NormaCNENNN3.01.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2024. ELETROBRAS TERMONUCLEAR S.A. (ELETRONUCLEAR). Relatório de Segurança: Reator Nuclear Angra 1. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/QuemSomos/Governanca/Documents/Relatorios%20e%20Balanços/Relatorios%20de%20Segurança/12052011RSFA.pdf>. Acesso em: 22 maio 2024. Ferreira, R. J. (2010). Avaliação dos efeitos da radiação ionizante sobre resinas compostas e ionômero de vidro odontológicos. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Recuperado de <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-29082011-153026/en.php>. DOI: 10.11606/D.85.2010.tde-29082011-153026. Acesso em: 2 jun 2024. IMANAKA, Tetsuji; HAYASHI, Gohei; ENDO, Satoru. Comparison of the accident process, radioactivity release and ground contamination between Chernobyl and Fukushima-1. J Radiat Res, v. 56, Suppl 1 (Suppl 1), p. i56-i61, dez. 2015. DOI: 10.1093/jrr/rrv074. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26568603/>. DOI: 10.1093/jrr/rrv074. Acesso em: 21 maio 2024. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Explica: PIB. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso em: 21 maio 2024. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa: Panorama de Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pesquisa/53/49645?ano=2024>. Acesso em: 21 maio 2024. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). Visite as Unidades de Conservação Federais. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/visite-as-unidades-de-conservacaofederais/visitacao>. Acesso em: 22 maio 2024. INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES (IPEN). Fontes e traçadores. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=735. Acesso em: 22 maio 2024. INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES (IPEN). Laboratório de Produção de Fontes Seladas para fins Industriais. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=2500&campo=1801. Acesso em: 22 maio 2024. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Equipamentos para terapia por radiação em condições de uso. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ams/webhelp/bloco_21_equipamentos_para_terapia_por_radiao_em_condi_es_de_uso.htm. Acesso em: 4 jun. 2024. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Criação de Unidades de Conservação. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/areas-protetidas/unidades-deconservacao/criacaoucs.html#:~:text=A%20cria%C3%A7%C3%A3o%20de%20uma%20UC,recursos%20naturais%20pelas%20popula%C3%A7%C3%B5es%20tradicionais>. Acesso em: 22 maio 2024. PREFEITURA DE FUKUSHIMA. Portal de Informações: Fukushima. Disponível em: <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal-pt/pt03-02.html>. Acesso em: 22 maio 2024. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA DO BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 22 maio 2024. Zoneamento Ambiental do Parque Estadual do CamaquãRS: Subsídios ao Plano de

Manejo. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/333353746_Zoneamento_Ambiental_do_Parque_Estadual_do_Camaqua-RS_Subsidios_ao_Plano_de_Manejo. Acesso em: 22 maio 2024. SANTANA, Gabriella Ramos. "Goianobyl": O acidente radiológico do Césio-137 em Goiânia no ano de 1987 a partir do Correio Braziliense e sua contribuição para o ensino de história ambiental. 2023. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em História) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/39859>. Acesso em: 19 maio 2024. SILVA, Fernando C. da et al. Análise dos impactos da radiação na saúde humana após o acidente nuclear de Fukushima. Revista Facipe Saúde, vol. 2, n. 1, 2013. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/facipesaude/article/download/1060/469/>. Acesso em: 22 maio 2024. SILVA, Eliezer Antonio da. Determinação da taxa de desintegração e das probabilidades de emissão gama por decaimento do ^{232}Th . Disponível em: http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Eliezer%20Antonio%20da%20Silva_M.pdf. Acesso em: 22 maio 2024. SOCIEDADE BRASILEIRA DE AGROMETEOROLOGIA (SBA). Climatologia de Santa Maria, RS. Disponível em: <https://sbagro.org/files/biblioteca/2703.pdf>. Acesso em: 22 maio 2024. UOL Educação. Regiões Metropolitanas. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/regioes-metropolitanas.htm>. Acesso em: 22 maio 2024. UNICAMP. Atividade e meia-vida. Disponível em: <https://sites.google.com/unicamp.br/radschool/f%C3%ADsica-nuclear/atividade-emeia-vida>. Acesso em: 22 maio 2024. VALOR ECONÔMICO. Veja o mapa do Rio Grande do Sul com cidades afetadas. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2024/05/07/veja-o-mapado-rio-grande-do-sul-com-cidades-afetadas.ghtml>. Acesso em: 22 maio 2024.

Palavras-chave: environmental catastrophe, radiological sensing sources, Rio Grande do Sul, emergency response.

Trabalho 197**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Simulação matemática**Título:** Intelligent Monitoring for Detections and Estimating Radiological Plume Dispersion in Aquatic Environments: Rivers and Seas**Autor principal:** GIULIANNA DOS SANTOS PEREIRA**Autores:** Samara Dos Santos Prass; Aparecida Marta Regina Dos Santos Pereira; Rodrigo Campos Pereira; Fabiane Modenese Garbim; Álvaro José Boareto-Mendes; Fernando Manuel Araujo-Moreira**Instituição:** IME - Instituto Militar de Engenharia**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

This work presents the development of an intelligent monitoring system for detecting and estimating radiological plume dispersion in aquatic environments, such as rivers and seas. The proposed system integrates advanced techniques, including Gaussian Process Regression (GPR) and Particle Swarm Optimization (PSO), to provide accurate real-time predictions of dose distribution. This is particularly critical in scenarios where nuclear plant systems may be unavailable or compromised, as was observed during the Fukushima accident. The absence of reliable plant data necessitates the deployment of external systems to monitor radiation dispersion and provide critical information for emergency response teams. To address this need, mobile devices equipped with advanced radiation sensors were employed in conjunction with drones for data collection. These drones were deployed in various aquatic environments, allowing for the monitoring and analysis of radiological dispersion even in areas that are difficult to access by traditional means. The drones communicated through a LoRaWAN network, ensuring continuous data transmission, and were programmed to follow specific paths optimized by the PSO algorithm. This allowed for efficient coverage of the affected area, reducing the time needed to assess the radiological situation and improving decision-making processes. The core of the system is the GPR model, which was designed to predict radiation levels by analyzing the data collected by the drones. The GPR algorithm incorporates prior knowledge through the use of kernels, allowing it to make predictions with associated uncertainty estimates. This feature is particularly valuable in emergency scenarios, where accurate and timely information is crucial. The PSO algorithm was implemented to optimize the movement of the drones, ensuring that they covered areas with varying radiation levels effectively. By iteratively updating the positions of the drones based on the GPR model's predictions, the system was able to reconstruct the plume's dispersion profile with high accuracy. The system was tested using simulated data from a hypothetical severe accident, where

radiation was released into an aquatic environment. The results demonstrated that the GPR model successfully predicted the distribution of dose rates, identifying areas of high radiation concentration with reasonable accuracy. Although some non-uniformity in the data impacted the model's precision, the overall performance was promising. The integration of drones with radiation sensors allowed for real-time monitoring, offering a robust and innovative solution for radiological emergencies. Additionally, the study explored the impact of different aquatic environments on radiation permeability. The variations in water density and composition, particularly between freshwater and saltwater, were found to significantly influence radiation attenuation. This highlighted the importance of adjusting the monitoring system's parameters according to the specific characteristics of the environment. The use of acoustic communication for data transmission in underwater settings was also investigated, ensuring that the system could operate effectively even in challenging conditions. The system's ability to manage large-scale radiological events was further enhanced by the implementation of the firefly algorithm for area signaling. This algorithm allowed the drones to visually mark areas with varying radiation levels using LED indicators, providing clear visual cues to emergency response teams regarding the safety of specific zones.

Referências bibliográficas: HUTCHINSON, Michael; Oh, Hyondong; Chen, Wen-Hua. A review of source term estimation methods for atmospheric dispersion events using static or mobile sensors. *Information Fusion*, Volume 36, 2017, Pages 130-148. ISSN 1566-2535. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2016.11.010>. Access in: 05 may 2024. WANG, Jie. An Intuitive Tutorial to Gaussian Processes Regression. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2009.10862>>. Acesso em 28 de junho de 2023. NUNES, Bruno Silveira. Otimização Bayesiana de aceleradores de plasma a laser visando a produção de radiofármacos via fotoativação. Disponível em: <<https://repositorio.ufcspa.edu.br/jspui/handle/123456789/2124>>. Access in: 05 may 2024. GAD, A.G. Particle Swarm Optimization Algorithm and Its Applications: A Systematic Review. *Arch Computat Methods Eng* 29, 2531–2561 (2022). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09694-4>. Access in: 05 may 2024. PEDREGODA, et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python. *JMLR* 12, pp. 2825-2830, 2011. Access in: 05 may 2024. PYSWARM. Particle swarm optimization (PSO) with constraint support. Disponível em: <<https://pythonhosted.org/pyswarm/>>. Access in: 05 may 2024. Ademir Xavier Da Silva, Rossana D, Falcão C, Delson Braz, Oliveira De Jesus F, et al. 2006. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21205839>. Acesso em 25 de setembro de 2023. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6022: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003. Access in: 05 may 2024. BONABEAU, Eric; Dorigo, Marco; Theraulaz, Guy. *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*. Oxford: Oxford University Press, 1999. Access in: 05 may 2024. CNEN NN 3.01. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica 2014. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>. Access in: 05 may 2024. GÖRTFLER, Jochen; KEHLBECK, Rebecca; DEUSSEN, Oliver. A Visual Exploration of Gaussian Processes. Disponível em: <https://distill.pub/2019/visual-exploration-gaussian->

processes/#DimensionSwap. Access in: 05 may 2024. Universidade do Porto. (s.d.). A utilização de drones no monitoramento e gestão de recursos hídricos: estudo de caso no Vale do Sousa. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/140696/2/545920.pdf>. Access in: 05 may 2024. WEI, Jiaheng; ZHANG, Yanjun; ZHANG, Leo Yu; DING, Ming; CHEN, Chao; ONG, Kok-Leong; ZHANG, Jun; XIANG, Yang. Memorization in deep learning: A survey. arXiv:2406.03880 [cs], 06 jun. 2024. Disponível em: [Ahttps://arxiv.org/abs/2406.03880](https://arxiv.org/abs/2406.03880). Access in: 14 Ago 2014. WESSELS, Malgorzata Pietrzykowska. The roles of Lhcb1 and Lhcb2 in regulation of photosynthetic light harvesting. 2015. Thesis (PhD) – Umeå Plant Science Centre, Fysiologisk Botanik, Umeå, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/295704651_The_roles_of_Lhcb1_and_Lhcb2_in_regulation_of_photosynthetic_light_harvesting#fullTextFileContent. Access in: 13 ago. 2024. DINELLI, Chris; RACETTE, John; ESCARCEGA, Mario; LOTERO, Simon; GORDON, Jeffrey; MONTOYA, James; DUNAWAY, Chase; ANDROULAKIS, Vasileios; KHANIANI, Hassan; SHAO, Sihua; ROGHANCHI, Pedram; HASSANALIAN, Mostafa. Configurations and Applications of Multi-Agent Hybrid Drone/Unmanned Ground Vehicle for Underground Environments: A Review. *Drones*, v. 7, n. 2, p. 136, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/drones7020136> or <https://www.mdpi.com/2504-446X/7/2/136>. Access in: 12 ago. 2024.

Palavras-chave: Artificial Intelligence, Gaussian Process Optimization, Radiological Monitoring, Detection.

Trabalho 198**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Desenvolvimento de radiofármacos**Título:** Paenibacillus polymyxa REPRESENTS A DUAL APPLICATIONS OF NATIONAL BIOPRODUCTS**Autor principal:** GIULIANNA DOS SANTOS PEREIRA**Autores:** Fabiane Modenese Garbin, Marcela Rabelo de Lima; Álvaro José Boareto-Mendes, Fernando M. Araújo-Moreira**Instituição:** Instituto Militar de Engenharia – IME**Cidade-UF:** Rio de Janeiro - RJ

The intersection of nuclear sciences with fields like energy, medicine, and security has been well established throughout history. However, recent advancements in technology have revealed new challenges and opportunities, particularly in the pursuit of more specific and economically viable processes within nuclear engineering. This research proposes a multidisciplinary approach, integrating nuclear expertise with biotechnology, by exploring the potential of antimicrobial peptides (AMPs) derived from *Paenibacillus polymyxa* through fermentation processes. These peptides, specifically short-chain AMPs, have garnered attention due to their demonstrated resistance to radiation. This study aims to irradiate the peptides with neutrons from nuclear sources and assess their antimicrobial activity before and after exposure, seeking to determine whether radiation disrupts the peptide bonds—composed of only five amino acids—and if such disruption affects their functional properties. The results of this research could have implications for the use of AMPs in nuclear engineering, particularly as radiation-sensitive elements or as detectors of pathogens, contributing to radioprotection and the monitoring of facilities and personnel. Moreover, in an optimistic scenario, these biomaterials could serve as area decontaminants and bioindicators, providing innovative tools for addressing nuclear safety and environmental challenges. *Paenibacillus polymyxa*, a Gram-positive bacterium, plays a dual role in both agricultural and pharmaceutical sectors due to its nitrogen-fixing capabilities, plant growth promotion, and potent antimicrobial properties. The bacterium's resistance to ionizing radiation, including neutrons and gamma rays, presents promising applications in both agricultural preservation and medical fields, such as radiotherapy. The antimicrobial peptide PpRNCD, derived from *P. polymyxa*, has shown potential to retain its antimicrobial activity even after irradiation, indicating a future role in the pharmaceutical and food industries. Additionally, the use of domestically sourced bioinputs from *P. polymyxa* promotes sustainability, reduces environmental impact, and enhances market competitiveness by encouraging the development of national raw materials. This

bacterium's potential extends to industrial and environmental biotechnology, providing sustainable solutions for pathogen control and agricultural resilience in radiation-exposed environments. By merging the fields of nuclear science and biotechnology, this research explores innovative applications for AMPs, with the potential to improve nuclear safety, enhance radiation monitoring, and contribute to the decontamination of irradiated areas. The convergence of traditional nuclear knowledge and the versatility of AMPs not only addresses contemporary challenges but also lays the groundwork for future advancements in radiation detection, environmental protection, and sustainable agriculture.

Referências bibliográficas: UK HEALTH SECURITY AGENCY. *Paenibacillus polymyxa*. Culture Collections. Disponível em: <https://www.culturecollections.org.uk/nop/product/paenibacillus-polymyxa-4>. Acesso em: 02 de junho de 2024. 2 ALVES, Talles Henrique Pereira; DINIZ, Gisele de Fátima Dias; MARRIEL, Ivanildo Evódio; PAIVA, Christiane Abreu de Oliveira. Tecnologia biológica contendo *Paenibacillus polymyxa* para controle de doenças e aumento da absorção de N1. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPQ, XVIII, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/216180/1/Tecnologia-biologica.pdf>. Acesso em: 02 de junho de 2024. 3 DROKASA. Ficha Técnica *Paenibacillus polymyxa* - RIZOR. Disponível em: <http://drokasa.pe/application/webroot/imgs/catalogo/pdf/Ficha%20T%C3%A9cnica-RIZOR.pdf>. Acesso em: 02 de junho de 2024. 4 LGC STANDARDS. *Paenibacillus polymyxa* (formerly *Bacillus polymyxa*). Disponível em: <https://www.lgcstandards.com/PT/pt/Paenibacillus-polymyxa-formerly-bacillus-polymyxa/p/ATCC-8526>. Acesso em: 02 de junho de 2024. 5 MARKNATURE. *Bacillus polymyxa*. Disponível em: <https://www.marknature.com/pt-br/products/bacillus-polymyxa>. Acesso em: 02 de junho de 2024. 6 COLEÇÕES MICROBIANAS DA EMBRAPA. *Paenibacillus polymyxa*. Disponível em: <https://am.cenargen.embrapa.br/amconsulta/linhagem?id=77615>. Acesso em: 10 jun. 2024. 7 SERRANO, Nadja Fernanda Gonzaga. Produção de compostos antimicrobianos por *Paenibacillus polymyxa* RNC-D: otimização das condições de cultivo, purificação e caracterização dos bioprodutos. 2014. 248 f. Tese (Doutorado em Multidisciplinar) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/273>. Acesso em: 02 de junho de 2024. 8 SONI, Riteshri; NANJANI, Sandhya; KEHARIA, Hareshkumar. Genome analysis reveals probiotic propensities of *Paenibacillus polymyxa* HK4. *Genomics*, v. 113, n. 1, parte 2, p. 861-873, jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888754320319765>. Acesso em: 02 de junho de 2024. 9 RAN, Junjian et al. *Paenibacillus polymyxa* antagonism towards *Fusarium*: identification and optimisation of antibiotic production. *Toxins*, v. 15, n. 2, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6651/15/2/138>. Acesso em: 02 de junho de 2024. 10 HIGGINS, Geoff S.; O’CATHAIL, Sean M.; MUSCHEL, Ruth J.; McKENNA, W. Gillies. Drug radiotherapy combinations: Review of previous failures and reasons for future optimism. *Cancer Treatment Reviews*, v. 41, n. 2, p. 105-113, fev. 2015. 11 INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES (IPEN). Portal IPEN.

Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/default.php?secao_id=1. Acesso em: 10 jun. 2024. 12 TECNAL. Biorreator Bancada. Disponível em: https://tecnal.com.br/pt-BR/produtos/detalhes/12343_biorreator_bancada. Acesso em: 06 de jun. 2024 13 COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Norma CNEN-NN-3.01: Requisitos de segurança para projetos de reatores nucleares de potência. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/grupo3-nrm301.pdf>. Acesso em: 06 de jun. 2024. 14 Goldemberg, J., de Mattos, J.R.L., et al. (2010). Energia nuclear e sustentabilidade. [Online]. Disponível em: <https://books.google.com/>. Acesso em: [data de acesso] 15 RIBEIRO, Hariad; WANDERLEY, Roseane. Antibióticos antitumorais: um estudo das interações medicamentosas dos produtos padronizados no Hospital Napoleão Laureano. Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Ciências Farmacêuticas, Extensão e Pesquisa. Disponível em: <http://www.prac.ufpb.br/anais/IXEnex/extensao/documentos/anais/6.SAUDE/6CCSDCFO UT02.pdf>. Acesso em: [data de acesso]. 16 LINDMARK, Magnus. Greening the national accounts: Basic concepts and a case study of historical environmental accounting for Sweden. In: HANDBOOK OF GREEN ECONOMICS. 1. ed. [s.l.]: [s.n.], 2019. p. 1-18. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128166352000018>. Acesso em: 10 jun. 2024.

Palavras-chave: Paenibacillus polymyxa. Antimicrobial peptides. Radiation resistance. Biotechnological applications.

Trabalho 199**Modalidade da Apresentação:** Oral**Categoria:** Metrologia e radiometria**Título:** Primary standardization of radionuclides ^{18}F , ^{123}I and ^{153}Sm and metrological traceability to the BIPM SIR.**Autor principal:** REGIO DOS SANTOS GOMES**Autores:****Instituição:** IRD - Instituto de Radioproteção e Dosimetria**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

Short half-lives radionuclides are essential for nuclear medicine, where they are used as radiotracers. As these radionuclides become more accessible, their use in nuclear medicine increases and this places new requirements on the National Metrology Institutes (NMI). Because of the short half-lives, sending ampoules containing this radioactive material to the BIPM (Bureau International des Poids et Mesures/France) for measurement of activity in the International Reference System (SIR) is only practical for NMIs based in Europe. In order to broaden the use of the SIR and allow other NMIs to participate, a transfer instrument (SIRTI) was developed at the BIPM in 2005 and calibrated against the SIR. In this work we described the standardized the short half-life radionuclides F-18, I-123 and Sm-153 no LNMRI/IRD (Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes), checked the gamma radionuclide impurities, described the operation, adjustments and performed the activity measurements of these radionuclides at SIRTI, with remote monitoring by Carine Michotte, researcher at BIPM and we will present the preliminary results of the traceability of the standardizations made at LNMRI/IRD to SIR/BIPM.

Referências bibliográficas: L' ANNUNZIATA, M. F. (2012). Hand Book of Radioactivity Analysis. Oxford, Elsevier,. ISBN: 9780123848741 BIPM (1980).The application of liquid Scintillation Counting to Radionuclide.. Sévres . . , Monographie Metrology n° 3. BRODA, R. (2003). A review of the triple-to-double coincidence ratio (TDCR) method for standardizing radionuclides. Applied Radiation and Isotopes, Vol. 58, pp. 585- 594. BRODA, R., CASSETTE, P., KOSSERT, K. (2007). Radionuclide metrology using liquid scintillation counting. Metrologia, Vol. 44, pp. S36-S52. KOSSERT, K., BRODA, R., CASSETTE, P., RATEL,G., ZIMMERMAN, B. (2015). Uncertainty determination for activity measurements by means of the TDCR method and the CIEMAT/NIST efficiency tracing technique. Metrologia, Vol. 52, pp. S172–S190 DDEP. (2021). Decay Data Evaluation Project - Laboratoire National Henri Becquerel. http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm, acessado em 04 de dezembro de 2021



International
Joint Conference

RADIO 2024

Palavras-chave: Radionuclide Metrology, Short half-lives radionuclides, SIR, SIRT

Trabalho 200**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Análise da Distribuição de Benefícios e Riscos Ocupacionais dos Servidores Públicos da UFRJ, utilizando os dados do Sistema de Controle de Dosagem - SICOD**Autor principal:** LUCAS GOMES PADILHA FILHO**Autores:** Padilha, C.M.L.; Silva, J.P.L.; Souza, C.H.S.; Silva, A. X. Santos, A.S.; Martins, L.M.C.; Souza, S.A.L.**Instituição:** Universidade Federal do Rio de Janeiro - Faculdade de Medicina/Departamento de Radiologia**Cidade-UF:** Rio de Janeiro-RJ

O controle dos riscos ocupacionais em ambientes de alta complexidade, como centros de saúde e pesquisa, é essencial para garantir a segurança dos profissionais. No contexto da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o Sistema de Controle de Dosagem (SICOD) foi implementado como ferramenta de monitoramento dos perfis de servidores, possibilitando uma análise precisa das ofertas de perícia. Apresentar os dados coletados pelo SICOD, sobre os perfis de servidores e suas solicitações de perícias. A pesquisa teve como base a análise qualitativa e quantitativa que foi norteada por uma planilha de controle das perícias extraída do SICOD, com dados relacionados ao grau de risco ocupacional e características profissionais dos servidores públicos, no período de janeiro de 2023 a agosto de 2024. Quanto ao gênero e idade da população do estudo (n=96 servidores), foi observado um discreto predomínio de indivíduos do gênero masculino (51,04%). A análise de faixa etária revelou uma prevalência de servidores entre 46 e 59 anos (50,04%), A média de idade foi de 50,9 anos, com variação de idade entre 25 e 74 anos. A Avaliação do Grau de Risco e Condições de Trabalho foi categorizada como: Máximo (31,3%), Médio (31,3%), Mínimo (17,7%) e 19,8% dos indivíduos que não estão expostos. Os dados de localização mostraram que a expressiva maioria dos profissionais estão alocados no Centro de Ciências da Saúde (CCS), que representa 93,75% da totalidade de servidores avaliados. No CCS, onde está inserido o Hospital Universitário que nesta avaliação representou 58,33%. A dispersão geográfica destaca uma centralização nos institutos de pesquisa e áreas hospitalares. As solicitações de perícias relacionadas a concessão de adicionais as radiações ionizantes, apresentaram um aumento no período analisado. Destas, 47,92% foram referentes as novas avaliações e 39,6% as revisões de perícias anteriores. Quanto a concessão, 80,2% dos servidores possuem direito a algum adicional, sendo o Adicional de Radiação o mais prevalente. Este número sugere uma alta incidência de exposição a riscos, o que demanda monitoramento contínuo e estratégias de saúde ocupacional. No contexto, a

maioria dos servidores tem contratação sob regime estatutário (93,75%), enquanto apenas 5% são contratados pelo regime CLT. Dentre os cargos, destacam-se profissionais de enfermagem (auxiliares e técnicos), biólogos e médicos, refletindo a natureza das atividades de pesquisa e assistência nos setores de saúde. Conclusão. Os resultados demonstram a necessidade da implementação de programas de capacitação contínua e para novas contratações, visando equilibrar a distribuição em função da faixa etária avançada dos IOE, se faz necessária contratações de novos profissionais para garantir a continuidade das atividades laborais em ambientes de alto risco. Considerando que mais da metade (62,6%) dos servidores foram categorizados como grau de risco máximo e médio, estes profissionais podem enfrentar exposições elevadas, particularmente em setores de radiação e substâncias radioativas, conforme apontado na matriz de riscos. Os dados obtidos reforçam a necessidade de medidas contínuas de proteção para servidores expostos a graus de risco elevados. Tal distribuição reforça a importância de políticas de proteção e suporte especializado para este grupo. Recomendações: Portanto,

Referências bibliográficas: xxx

Palavras-chave: Exposição Ocupacional, Radiação Ionizante, Profissionais de Saúde, SICOD

Trabalho 201**Modalidade da Apresentação:** Poster**Categoria:** Radioproteção ocupacional e de pacientes em Radiologia**Título:** Promoção de Saúde Mental e Segurança Ocupacional: Uma Proposta de Suporte Psicossocial para Indivíduos Ocupacionalmente Expostos as Radiações Ionizantes**Autor principal:** LUCAS GOMES PADILHA FILHO**Autores:** Padilha; C.M.L.; Padilha Filho, L.G.; Brandão, J.P. dos S.; Souza, C.H.S.; Martins, L.M.C.; Souza, S.A.L.**Instituição:** Universidade Federal do Rio de Janeiro - Faculdade de Medicina/Departamento de Radiologia**Cidade-UF:** Rio de Janeiro

Introdução: A interação da radiação ionizante com a matéria viva pode causar danos celulares, mutações genéticas e câncer. A exposição ocupacional à radiação ionizante representa um desafio para a saúde mental e física dos profissionais de saúde que atuam em ambientes de radiodiagnóstico, terapia e medicina nuclear. **Objetivo:** Apresentar uma proposta de suporte psicossocial para equipes de saúde, integrando as diretrizes da legislação vigente de proteção radiológica e abordando a necessidade de um acompanhamento psicológico especializado. **Metodologia:** Trata-se, inicialmente, de uma pesquisa qualitativa exploratória, que norteou a construção de material como contribuição ao suporte psicossocial de profissionais ocupacionalmente expostos as radiações ionizantes - IOE. Foram construídos vídeos tendo como ferramentas: e Inteligência Artificial (IA) e dados de funcionamento do Sistema de Controle de Dosagem (SICOD) da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (que foi desenvolvido para documentar e gerenciar os ambientes de trabalho dos IOE), de forma a ilustrar os conceitos e informações relevantes. O conteúdo foi elaborado com base na legislação vigente de proteção radiológica e pelos direitos trabalhistas legais brasileiros, garantindo que a proposta atenda às necessidades específicas dos profissionais que utilizam equipamentos e insumos emissores de radiação ionizante. **Resultados:** Para validação, o projeto foi apresentado a uma equipe multidisciplinar composta por profissionais e alunos de ensino superior (médicos, biólogas, físicos, advogados, psicólogos, técnicos do trabalho, além de alunos de graduação em psicologia, comunicação social, neurociências, teologia, letras e relações internacionais, destacando a importância do suporte psicossocial para a saúde dos profissionais expostos às radiações ionizantes. O SICOD revelou-se uma ferramenta essencial para a elaboração de estratégias voltadas à promoção da segurança e proteção dos profissionais de saúde expostos à radiação ionizante. **Conclusão:** Espera-se que o projeto contribua para ampliar a conscientização sobre a integração de cuidados psicológicos e promova o bem-estar mental

desses profissionais, garantindo que a iniciativa esteja em conformidade com os requisitos legais e assegure condições de trabalho adequadas.

Referências bibliográficas: x

Palavras-chave: Legislação em Proteção Radiológica, Exposição Ocupacional, Suporte Psicológico, SICOD