

PERFIL RADIOMÉTRICO DINÂMICO DA AREIA MONZÍTICA DA PRAIA DA MEAÍPE

Silva, J. A. S.¹; Romagna, L. L. L.²; Rocha, S. R.²; Orlando, M. T. D.¹;
Passamai, J. L. Jr^{1*}.

¹Departamento de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

²Departamento Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

* e-mail: jose.passamai@ufes.br

Resumo

Sedimentos encontrados nas areias de praia são minerais formados por intemperismo e erosão de rochas ígneas ou metamórficas. Alguns dos componentes dos minerais são radionuclídeos naturais que contribuem para radiação natural ionizante na superfície da Terra. Em particular, algumas praias apresentam areias com radionuclídeos naturais e é denominada areia monazítica. A areia monazítica tem sido associada a propriedades terapêuticas e é encontrada em grande quantidade no litoral do Brasil, principalmente no estado do Espírito Santo, como a cidade de Guarapari. Destem modo, é importante realizar estudo de monitoramento da radioatividade nessas áreas. Levando isto em consideração, neste trabalho foi realizada avaliação radiológica da areia monzítica da Praia de Meaípe, Guarapari. Esta praia recebeu obras de infraestrutura entre os meses de fevereiro e junho de 2023 para minimizar o efeito da erosão pelo movimento das marés e faixa de areia foi alargada. Assim, foi medido o nível de radioatividade natural da Praia de Meaípe entre os meses de setembro de 2024 a junho de 2025. Os nossos resultados demonstram que a modificação da faixa de areia da Praia de Meaípe provocou redução significativa na radioatividade superficial até 1.800 m contada a partir do Rio Meaípe, mantendo níveis baixos de radiação quando comparado a medidas realizadas em 2022.

Palavras-chave: Radiação Natural, Radiação Ionizante, Areia Monazita, Areia da Praia, Avaliação radiológica.

Abstract

Sediments found in beach sands are minerals formed by the weathering and erosion of igneous or metamorphic rocks. Some of the minerals' components are naturally occurring radionuclides that contribute to natural ionizing radiation at the Earth's surface. In particular, some beaches contain sand with naturally occurring radionuclides, known as monazite sand. Monazite sand has been associated with therapeutic properties and is found in large quantities along the Brazilian coast, particularly in the state of Espírito Santo, such as the city of Guarapari. Therefore, it is important to conduct radioactivity monitoring studies in these areas. Considering this, this study conducted a radiological evaluation of the monzite sand at Meaípe Beach, Guarapari. This beach underwent infrastructure work between February and June 2023 to minimize the effects of erosion caused by tidal movements, and the sand strip was widened. Thus, the natural radioactivity level of Meaípe Beach was measured between September 2024 and June 2025. Our results demonstrate that the modification of the sand strip of Meaípe Beach caused a significant reduction in surface radioactivity from Meaípe River up to 1,800 m, maintaining low radiation levels when compared to measurements taken in 2022.

Keywords: Natural Radiation, Ionizing Radiation, Monazite Sand, Beach Sand, Radiological assessment.

1. Introdução

Radionuclídeos encontrados sobre a superfície terrestre são conhecidos como radionuclídeos primordiais, estão presentes em diversas formas no meio ambiente; a humanidade está continuamente

exposta à radiação natural. A radiação natural se deve principalmente a radionuclídeos com meia-vida comparável à idade da Terra e seus produtos de decaimento. Em caso específico, materiais radioativos de ocorrência natural são encontrados em região litorânea, como por exemplo na costa brasileira onde há grande fluxo de pessoas e de moradias.

Indícios sobre efeitos da radiação natural da areia monazítica encontrada na praia de Meaípe foram desenvolvidos pelo grupo de física aplicada da UFES em 2014 [1]. Silveira et al. (2012) [2] relataram que na praia de Itacaré, no Brasil, a dose gama efetiva anual atinge 2,5 mSv/ano, enquanto outros locais na costa brasileira normalmente registram valores entre 0,3 e 0,6 mSv/ano — números que se alinham com a faixa de fundo típica do Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica (UNSCEAR sigla em inglês). Em locais gregos, Papadopoulos et al. [3] mostraram que doses efetivas anuais foram de 0,013–0,688 mSv/ano para trabalhadores e 0,003–0,165 mSv/ano para turistas, que ficam abaixo do limite regulatório comum de 1 mSv/ano acima do nível de fundo. Abinеш e Shanthi [4] relataram índices de risco e doses efetivas dentro de limites aceitáveis.

Os estudos que mediram a exposição humana em condições realistas sugerem que níveis seguros de radiação são aqueles que não excedem 1 mSv/ano acima do nível de fundo. Embora autores [3] mostrem que as condições experimentais podem produzir doses de até 175 mSv/ano, essas configurações não representam a exposição humana de rotina. Nair et al. [5] apresentam uma análise de coorte (1.379 casos de câncer, incluindo 30 leucemia) na qual nenhuma correlação significativa com a dose de radiação medida foi detectada. Em suma, as principais descobertas quantitativas indicam que a radiação gama da areia monazítica permanece dentro dos limites regulatórios para exposição humana na maioria dos locais

Dentro deste contexto, temos investigado a radiação de fundo da Praia de Meaípe que se localiza nas coordenadas de latitude e longitude respectivamente (20°44'26.7"S 40°32'57.8"W), mostrada na Figura 1. Alguns dos resultados foram publicado entre 2015 e 2023 [5-7] onde a rota de pesquisa foi de 1.780 m de extensão e 4,00 m de largura (direção ao oceano) em média. Entretanto, entre fevereiro e julho de 2023, esta praia passou por intervenções para combater a erosão costeira e implementação de projeto de revitalizar da área para turistas e moradores. A obra também incluiu a construção de quebra-mares para proteger a praia e a recuperação de um trecho da rodovia ES060, danificada pela erosão. Deste modo, a faixa de areia foi estendida para 3.100 m e a largura para 70,0 m (ver Figura 1). O material utilizado para aumentar a área da praia foi retirado do fundo do oceano em frente à própria

praia. É importante destacar que no norte da praia há um córrego e sua foz foi deslocada, isto é, foi realizado enrocamento de 180 m com rochas para evitar erosão nesta região da praia.



Figura 1: Vista área da Praia de Meaípe em Guarapari – ES. A linha em azul é a trajetória para realizar as medidas dos níveis de radiação natural. Fonte: Google Earth.

2. Metodologia

Para a coleta dos dados de radiação ambiental, foi utilizado um contador Geiger modelo Gamma-Scout, configurado para realizar medições nas escalas de microSievert por hora ($\mu\text{Sv/h}$) e Becquerel (Bq). Além disso, um ciclocomputador Garmin Etrex-10 foi empregado para registrar a localização geográfica e garantir que as mesmas rotas fossem seguidas durante cada medição. O dispositivo GPS permitiu a precisão na determinação da trajetória e a repetibilidade das medições. A trajetória está marcada na Figura 1 e similar a rota entre 2015 e 2023.

Após a coleta dos dados de radiação, foram construídos gráficos de Becquerel (Bq) em função da distância. A análise desses gráficos forneceu uma avaliação da distribuição espacial da radiação no ambiente estudado, permitindo a correlação entre a intensidade da radiação e a variação geográfica ao longo das trajetórias mapeadas.

3. Discussão dos resultados

Os gráficos apresentados a seguir correspondem às medições realizadas entre setembro de 2024 e julho de 2025. Ao comparar esses dados com medições previamente reportadas na literatura [5-7], observou-se um comportamento distinto na distribuição da radioatividade ao longo da praia. Nos primeiros 1800 metros da extensão analisada, ocorreu uma queda abrupta na emissão de radioatividade natural da areia. Esse fenômeno pode

ser atribuído à deposição de um novo material proveniente do fundo oceânico. Este material ao ser depositado na margem da praia, provocou decréscimo na radioatividade na areia original. Tal redução é evidenciada pelo gráfico mostrado na Figura 2, onde é possível observar a diminuição da radioatividade nos primeiros 1800 metros.

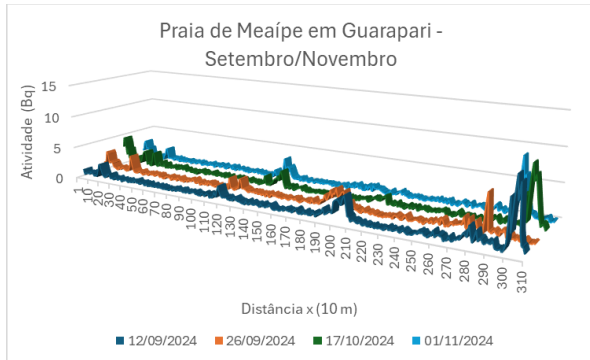


Figura 2. Evolução temporal da radiação natural da Praia de Meaípe entre meses de setembro e novembro de 2024. Próprio autor.

A partir do ponto 1800 m até os últimos 300 m da praia, verificou-se uma contagem próxima a 12,0 Bq, conforme indicado na Figura 2. A radioatividade permaneceu relativamente estável nesta área, o que sugere uma homogeneidade na composição do material depositado e na contribuição da radiação natural nessa porção da praia.

Um aumento da radioatividade foi registrado no dia 26 de dezembro de 2024, no ponto aproximadamente 2950 metros, conforme mostrado na Figura 3. Neste ponto, observou-se um pico de cerca de 8,0 Bq, que indicaria uma flutuação na distribuição da radiação. Este pico pode ser associado a eventos naturais, como variações nas condições de maré, ventos, ou a processos locais, o que provocaria uma maior exposição da areia monazítica.

Na figura 4, pode-se observar um decréscimo acentuado na radioatividade na parte final da praia, especialmente após 1800 m de extensão. Vale destacar que, neste trecho, são registrados ventos fortes predominantes vindos do norte, que podem contribuir para o transporte e soterramento da areia monazítica. Esses ventos, ao interagir com a areia monazítica, possivelmente promovem o soterramento de partículas ricas em elementos radioativos, resultando em uma distribuição não uniforme da radiação ao longo da praia. No início da praia, até os 100 metros, a radioatividade se manteve constante, o que sugere uma baixa variação nas características da areia nesse trecho. Esse comportamento pode estar relacionado ao fato de que, nesse local, as condições ambientais e geológicas não

sofreram alterações significativas durante o período de coleta de dados, resultando em uma radiação constante e previsível.

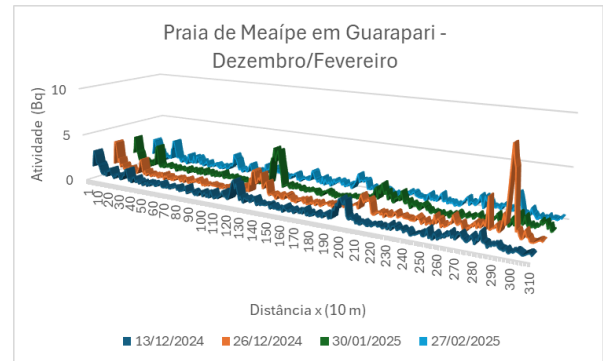


Figura 3: Evolução temporal da radiação natural da Praia de Meaípe entre meses de novembro de 2024 e fevereiro de 2025. Próprio autor.

A redução consistente nos níveis radioativos sugere que a engorda da praia não elevou o risco radiológico para frequentadores — ao contrário, pode ter reduzido levemente a exposição externa.

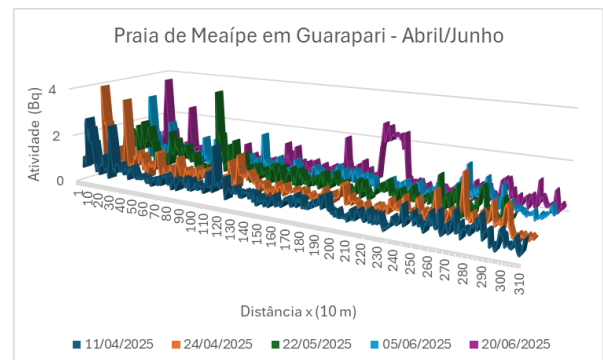


Figura 4: Evolução temporal da radiação natural da Praia de Meaípe entre meses de abril e junho de 2025. Próprio autor.

4. Conclusão

Os resultados iniciais demonstram que a engorda da Praia de Meaípe provocou uma redução significativa na radioatividade superficial até 1.800 m, mantendo níveis baixos de radiação. Os ventos parecem desempenhar um papel crucial no transporte e soterramento de materiais monazíticos no final da praia, o que pode ter contribuído para a distribuição não homogênea da radiação. A estabilidade observada nos primeiros 100 metros sugere que a radioatividade natural nesse trecho permaneceu constante durante o período estudado.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ. Em especial a FAPES Edital 20/2022, NÚCLEOS CAPIXABAS EMERGENTES - TO 1031/2022 processo 2022-

QHJQX, pelo apoio a pesquisa e infra. Edital 04/2022
– PROAPEM-PPGFIS – TO 365/2022 processo 2022-
KWR53 por apoio aos deslocamentos e bolsas de pós-
doutorado, e Edital 15/2022 - PROFIX – TO 678/2022
– 2022-HN9QH, pelo financiamento da pesquisa e
infraestrutura laboratorial.

6. Referências

- [1] ORLANDO, M. T. D., *et al.*, Correlation between Breast Cancer and Radiation Level of Guarapari City – ES – Brasil, *Blucher Proceedings* ISSN: 2358-2359, Volume 01, numero 02, 2014, DOI: 10.5151/phypro-ecfa-020. Acesso em: 17 jul. 2025.
- [2] M. A. G. Silveira, N. H. Medina, B. R. Pereira, e V. A. P. Aguiar, “High natural radiation in Brazilian sands”, em *AIP Conference Proceedings*, Quito, Ecuador: AIP, 2012, p. 379–382. doi: 10.1063/1.3688830. Acesso em: 17 jul. 2025.
- [3] A. Papadopoulos, G. Christofides, A. Koroneos, e S. Stoulos, “Natural radioactivity distribution and gamma radiation exposure of beach sands from Sithonia Peninsula”, *Open Geosciences*, vol. 6, nº 2, p. 229–242, jun. 2014, doi: 10.2478/s13533-012-0157-0. Acesso em: 17 jul. 2025.
- [4] A. Abinеш e S. G., “Assessment of Beach sand using Gamma Ray Spectrometer in Thiruvananthapuram District, Kerala of South India”, *IRA-JTE*, vol. 5, nº 3, p. 56, dez. 2016, doi: 10.21013/jte.v5.n3.p2. Acesso em: 18 jul. 2025.
- [5] R. R. K. Nair *et al.*, “BACKGROUND RADIATION AND CANCER INCIDENCE IN KERALA, INDIA—KARANAGAPPALLY COHORT STUDY”, *Health Physics*, vol. 96, nº 1, p. 55–66, jan. 2009, doi: 10.1097/01.hp.0000327646.54923.11. Acesso em: 18 jul. 2025.
- [6] D. S. Calheiro e J. L. Passamai Jr., “Estudo da Radiação na areia da praia de Meaípe”, em *Blucher Physics Proceedings*, Espírito Santo, Brasil: Editora Blucher, dez. 2016, p. 155–158. doi: 10.5151/phypro-vii-efa-037. Acesso em: 18 jul. 2025.
- [7] J. R. Rocha, J. L. Passamai Jr., M. T. D. Orlando, J. V. N. Carneiro, e A. L. G. de Souza, “Estudo Radiométrico na Praia de Meaípe”, em *Anais do Encontro Científico de Física Aplicada*, Vitória, Espírito Santo: Even3, 2023. doi: 10.29327/ecfa.634735. Acesso em: 18 jul. 2025.