


## Material radioativo de ocorrência natural: Uma abordagem modelada para cursos de educação profissional em radiologia

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.013-007>

**Tainã Andrade Almeida**

Radiotecnólogos.

**Juliana Silva de Oliveira**

Radiotecnóloga, especialista em Proteção Radiológica.

**Christian Luiz da Silva Xavier**

Radiotecnólogos.

**Alexandre dos Santos Gomes**

Físico e radiotecnólogo, mestre em Biociências.

---

### RESUMO

A radioatividade natural é uma característica presente em diversos materiais da crosta terrestre, conhecidos como Materiais Radioativos de Ocorrência Natural (NORM). Esses materiais incluem minerais como a uraninita, que contém urânio e outros elementos radioativos, e estão amplamente distribuídos na natureza. Com o avanço da exploração industrial, especialmente na mineração e na extração de petróleo e gás, surgem os Materiais Radioativos de Ocorrência Natural Tecnologicamente Aprimorados (TENORM), que resultam de processos industriais que aumentam sua concentração ou atividade radioativa. Este estudo se propõe a analisar a presença e o manejo desses materiais, destacando sua importância na segurança radiológica e ambiental. A gestão adequada dos NORM e TENORM é essencial para prevenir riscos à saúde humana e ao meio ambiente. A uraninita, por exemplo, é uma fonte significativa de urânio utilizada na produção de energia nuclear, processo que transforma NORM em TENORM através de atividades como mineração e processamento. A revisão bibliográfica realizada neste estudo destaca a diversidade de fontes e formas de NORM e TENORM ao redor do mundo, evidenciando sua presença em diversos setores industriais como mineração de metais, extração de petróleo, produção de fertilizantes e construção civil. Cada setor apresenta desafios específicos para a gestão e o descarte seguro desses materiais, exigindo a aplicação rigorosa de normas regulatórias e técnicas de proteção radiológica. Profissionais da área radiológica desempenham um papel fundamental na aplicação dessas normas, assegurando a segurança dos trabalhadores e da população em geral diante da exposição a NORM e TENORM. A disseminação do conhecimento sobre esses materiais é crucial para capacitar profissionais e estudantes no manejo seguro e eficaz dessas substâncias, garantindo que as práticas industriais sejam conduzidas com responsabilidade ambiental e proteção radiológica adequada. Em resumo, o estudo enfatiza a importância do entendimento e da aplicação dos conceitos de NORM e TENORM na indústria moderna, destacando os desafios e as melhores práticas para a gestão desses materiais, visando proteger a saúde humana e preservar o meio ambiente.

**Palavras-chave:** NORM, TENORM, Educação profissional.

## 1 INTRODUÇÃO

A partir do advento da radioatividade, dado em 1896 pelo casal de cientistas Pierre e Marie Curie juntamente com Antoine Henri Becquerel, descobriu-se as propriedades radioativas de determinados elementos atômicos naturais (MARTINS, 1990). Entretanto, observa-se que estes elementos radioativos não são encontrados em sua forma pura ou concentrada na natureza. Ao contrário, suas ocorrências demonstram uma atividade muito mais baixa que aquelas mensuradas quando o material radioativo é extraído e/ou purificado, podendo apresentar riscos se não obter as devidas precauções (LINCE, 2024). Elementos radioativos estão presentes na água, no ar, no solo, ou seja, em toda parte da crosta terrestre e sua atmosfera. Devido a sua ocorrência natural, tais elementos não têm apresentado riscos à saúde humana, mas com aumento da mineração e a exploração de petróleo e gás seus riscos passam a preocupar de forma maior.

## 2 OBJETIVO

Expor conceitos sobre os materiais radioativos de ocorrência natural comuns (NORM) e os tecnologicamente aprimorados (TENORM), mostrando como empresas convivem com estes no dia a dia, bem como a importância deste conhecimento ser difundido perante a comunidade de profissionais das técnicas radiológicas.

## 3 METODOLOGIA

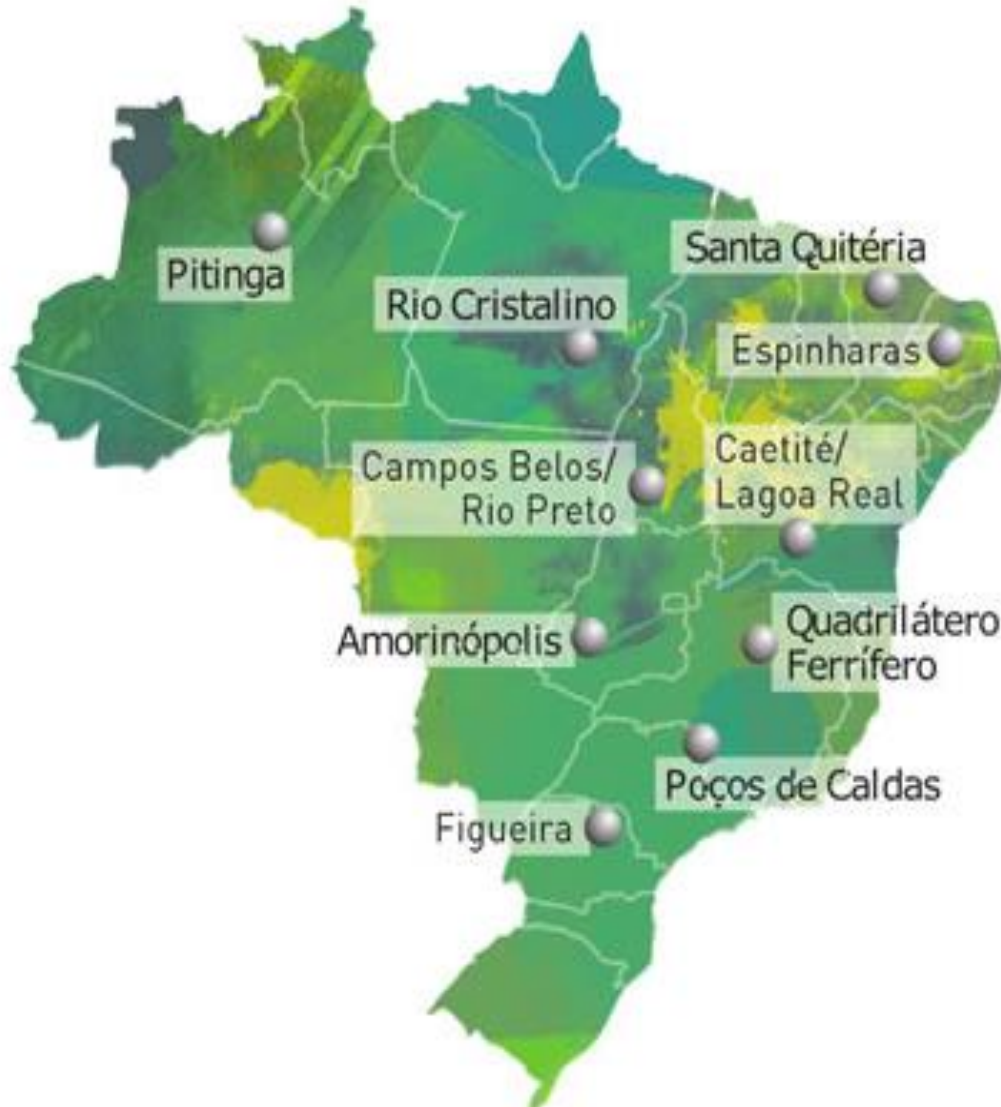
Foi realizado um estudo bibliográfico para observar a importância e as formas de aplicação do conhecimento sobre NORM e TENORM.

## 4 RESULTADOS

NORM é um acrônimo de “Naturally Occurring Radioactive Material”, ou seja, materiais radioativos de ocorrência natural. Esses materiais são encontrados na natureza e muitas vezes são utilizados por leigos que não conhecem seu potencial radioativo (LINCE, 2024). Os NORMs são radioativos naturais encontrados por via de mineração, ou seja, é todo tipo de material primário em radiação natural; é a matéria-prima do solo sem alterações, que é extraído atrelado a outras matérias como alguns tipos de metais ou pedras preciosas dependendo do seu local de extração (DUARTE, 2021). Um grande exemplo de NORM é a uraninita encontrada em grande escala no Brasil. Da uraninita pode-se extrair o urânio, porque a uraninita é um mineral radioativo de óxido de urânio da classe dos óxidos que contém pequenas quantidades de rádio, tório, polônio, chumbo e hélio, sendo um material radioativo natural formado no solo por rochas vulcânicas ou rios hidrotermais de média e alta temperatura ou pode ser encontrada em depósitos sedimentares (REI, 2014). De acordo com a International Atomic Energy Agency (IAEA) existem vários reservatórios de NORM espalhados pelo

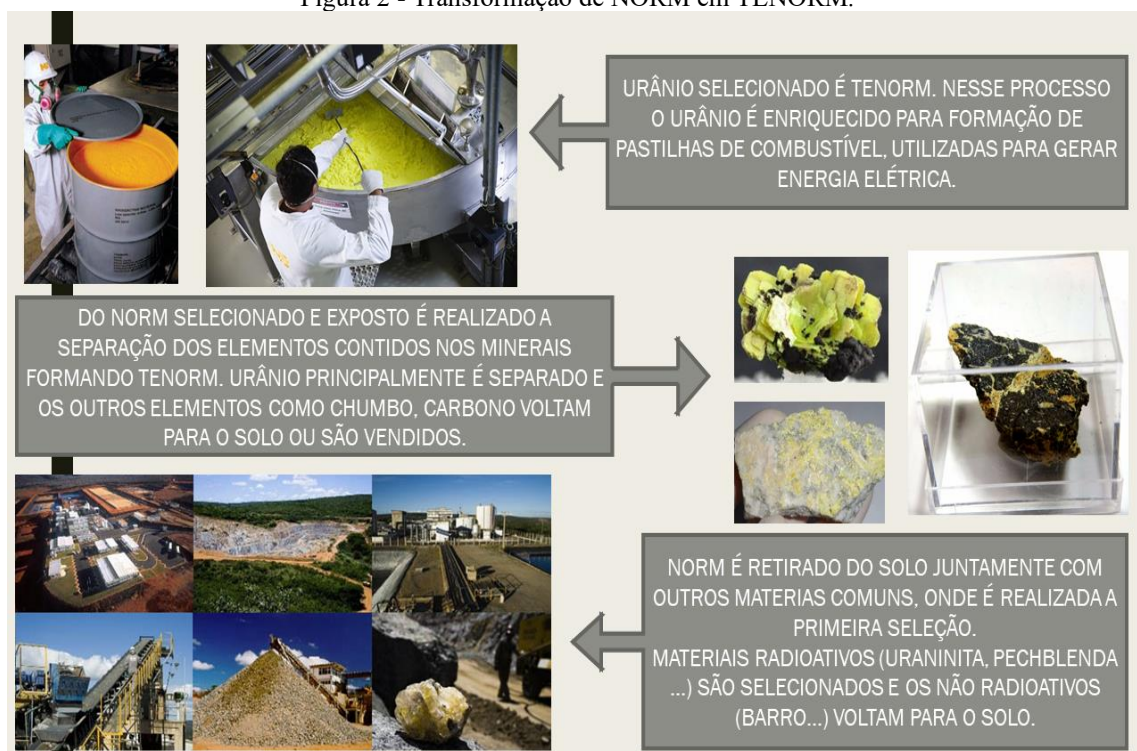
planeta. Sendo alguns deles encontrados no Brasil, como demonstrado na figura 1, tendo em vista que é sétimo país com maior reserva de NORM (IAEA, 2018).

Figura 1 - Reservas geológicas de Urânio no Brasil.



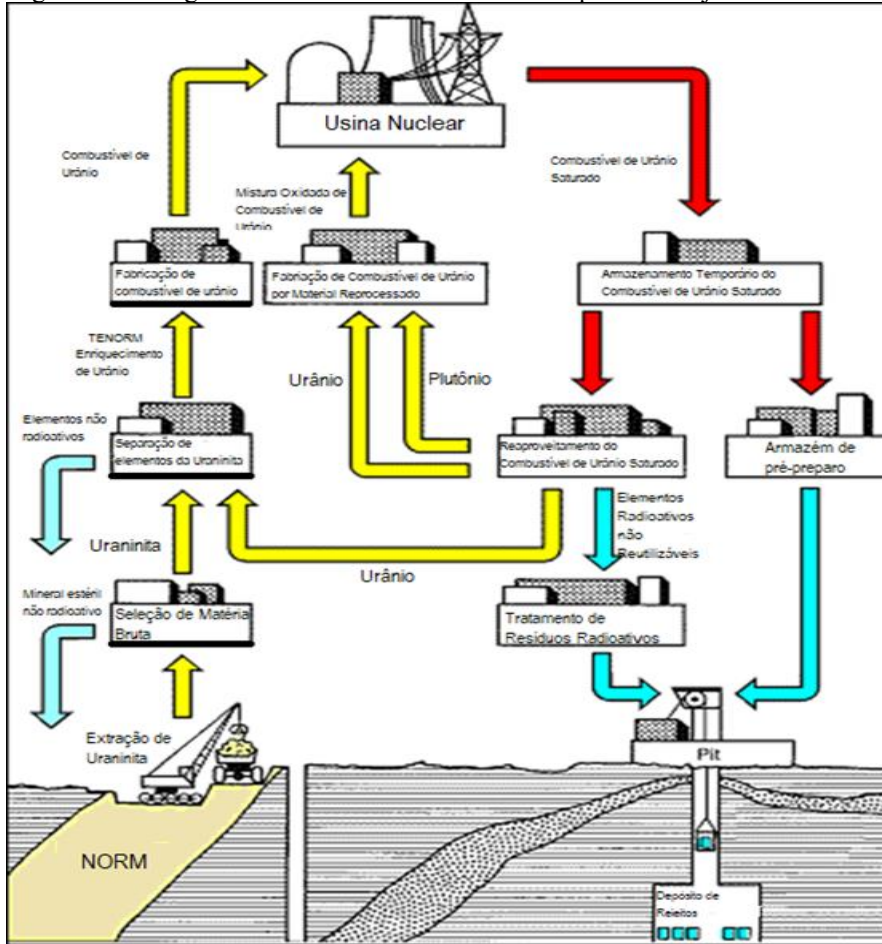
Assim como NORM é um acrônimo, TENORM também o é, e significa “Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials”, ou seja, materiais radioativos de ocorrência natural tecnologicamente aprimorados (CNEN, 2016). TENORMs são materiais radioativos naturais que sofreram algum tipo de modificação ou enriquecimento, vide figura 2, o que significa que sofreu algum tipo de intervenção humana. Uma das mais utilizadas no Brasil é a modificação da uraninita (NORM) para se tornar urânio (TENORM), através do Distrito Uranífero de Lagoa Real, localizado na Serra Geral, Caetité-BA, onde sua exploração iniciou-se apenas em 1998 pela Indústrias Nucleares do Brasil - INB (LINCE, 2024).

Figura 2 - Transformação de NORM em TENORM.



Desde então sua matéria-prima, a uraninita (NORM), vem sendo utilizada na produção de pastilhas de urânio (TENORM) que abastece a produção energética das usinas nucleares de Angra I e Angra II (REI, 2014). A figura 3 apresenta NORM que contaminou um reservatório de água de Juazeiro, no Caetitê, Bahia - grande local de extração de uraninita. O Greenpeace coletou amostras de água e sedimentos em agosto de 2008, cujos resultados indicaram a presença de NORM e TENORM em duas lagoas naturais no entorno da mina.

Figura 3 - Fluxograma da retirada de NORM até o depósito de rejeitos radioativos.



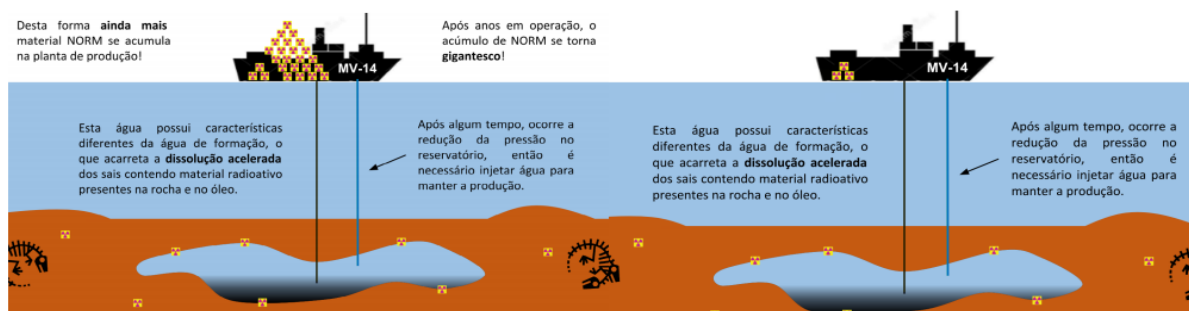
A pesquisa contou com uma amostragem de água colhida num poço artesiano a cerca de oito quilômetros da mina de extração, que apresentou concentrações de urânio sete vezes maiores do que os limites máximos indicados pela Organização Mundial da Saúde - OMS (REI, 2014). Outro exemplo da formação de TENORM está nos oleodutos das plataformas de extração de petróleo, ilustrado nas figuras 5 e 6.

Figura 5 - Imagem descreve a transformação de NORM em TENORM nas plataformas de petróleo e gás.





Figura 6 - Imagem descreve a transformação de NORM em TENORM nas plataformas de petróleo e gás.



Este material tem potencial para criar campos de radiação cujos valores de dose ultrapassam os limites seguros estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) para indivíduos ocupacionalmente expostos - 20mSv/ano - e, principalmente, para o público em geral - 1mSv/ano (CNEN, 2016).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) fornece uma lista de fontes TENORM que proporciona uma percepção geral dos perigos apresentados por essa classe de substâncias radioativas. Os principais setores industriais que geram a TENORM são: Mineração > Resíduos de mineração de ouro, prata, zircão e titânio; Resíduos de mineração de pedras preciosas; Resíduos de mineração de urânio; Resíduos de mineração e produção de cobre; Resíduos da produção de bauxita e alumina. Produção de energia > Resíduos de Produção de Petróleo e Gás; Resíduos de Combustão de Carvão. Produtos de consumo > Resíduos de Fertilizantes e Fertilizantes; Cigarros; Materiais de construção; Bancadas de granito (EPA, 2008).

Muitos dos materiais que são considerados TENORM têm apenas vestígios de radioatividade e fazem parte de nossa paisagem cotidiana. No entanto, algumas dezenas de concentrações TENORM resultam numa taxa relativamente mais alta de radionuclídeos que podem resultar em exposições elevadas à radiação (EPA, 2008). Por enquanto a radioproteção de NORM é tratada de forma mais específica pela CNEN através da norma 4.01, que regulamenta a radioproteção na mineração de materiais que possam conter radionuclídeos. A segurança dos trabalhadores deve ser obtida através de treinamentos frequentes ofertados pelo supervisor de proteção radiológica (SPR) da instituição, bem como Plano de Emergência Radiológica, Plano de Proteção Física e Proteção Contra Incêndio e Plano de Proteção Radiológica Ocupacional. Cabe à CNEN verificar se as empresas estão cumprindo as determinações da lei (CNEN, 2016). No cenário internacional, a Agência Internacional de Energia Atômica e a Comunidade Europeia publicaram recomendações sobre a aplicação dos conceitos de exclusão, isenção e dispensa para as atividades com produtos TENORM. A exclusão se aplica quando detecta-se inaplicabilidade de controle regulatório para exposições cuja intensidade ou probabilidade de ocorrência não sejam relevantes, a critério do órgão regulador. Já a isenção é o ato regulatório que isenta uma prática ou fonte associada a uma prática, sob o ponto de vista de proteção radiológica (DUARTE, 2021). Quem assessora a empresa com relação aos processos é o supervisor de proteção



radiológica (SPR), posição ocupada por profissional que necessariamente habilitou-se ao exercício após exames de qualificação da CNEN.

## **5 CONCLUSÃO**

Os profissionais da área de radioproteção devem ter condições de providenciar que todos os trabalhadores, indivíduos do público e meio ambiente envolvidos tenham a adequada segurança radiológica. Para tal, é necessário que esteja familiarizado e conhecedor dos procedimentos de trabalho e requisitos de segurança inerentes, o que demanda ações de difusão científica nesse campo do conhecimento radiológico, a fim de gerar sedimentação profissional nessa área.



## REFERÊNCIAS

MARTINS, R. A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. Instituto de Física “Gleb Wataghin” UNICAMP. São Paulo, 1990. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/10061/14903>> Acesso em: 16 jun 2024.

LINCE INSTRUMENTOS E RADIOPROTEÇÃO. NORM e TENORM - O que são, quais os riscos e como fazer sua gestão? Rio de Janeiro, 2024 disponível em: <<https://lincebrasil.com/norm-e-tenorm-o-que-sao-quais-os-riscos-e-como-fazer-sua-gestao/>> Acesso em: 15 jun 2024.

DUARTE, J. C. M. *et al.* Radioatividade natural na exploração e produção de óleo e gás não convencional. Editora Atena, Paraná, 2021.

REI, A.G.F.D. *et al.* Contaminação da água por urânio em Caetité-BA. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/14/7/contaminacao-da-agua-por-uranio-em-caetite-ba->> Acesso em: 16 jun 2024.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). Unveils Unique World Uranium Map. 2018. Disponível em: <<https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-unveils-unique-world-uranium-map>> acesso em: 16 jun 2024.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials From Uranium Mining. 2008. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/9100I3Y4.PDF?Dockey=9100I3Y4.PDF>> Acesso em: 16 jun 2024.

Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Requisitos de segurança e proteção radiológica para instalações minero-industriais. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/normas/grupo-4/grupo4-nrm401.pdf>> Acesso em: 16 jun 2024.