

Instalações Radiativas

Áreas e Práticas

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

18 de abril de 2020
CGMI/DRS/CNEN

Instalações Radiativas

Áreas e Práticas

O que são instalações radiativas?

A definição de instalação radiativa é apresentada na norma básica que rege o licenciamento desse tipo de instalação - CNEN NN 6.02. A norma 6.02 define, como instalação radiativa, *o espaço físico de qualquer tipo (sala, prédio ou edificação) onde pessoa jurídica, legalmente constituída, utilize, produza, processe, distribua ou armazene fontes de radiação ionizante*. No entanto, é necessário destacar que estão excluídas dessa definição as instalações de radiodiagnóstico médico ou odontológico, nucleares, veículos transportadores de fontes de radiação e depósitos de rejeitos.

Como estão divididas?

Classicamente, em nosso país, as instalações radiativas foram divididas em 3 grandes áreas: Indústria, Medicina e Pesquisa. No entanto, com a evolução das práticas e atividades, novas utilizações para as fontes de radiação foram surgindo e um quadro mais completo e atual das instalações radiativas é ilustrado abaixo:



Das categorias de instalações radiativas ilustradas acima, atualmente existem 3499 instalações ativas no país – dentre elas, 122 ainda se encontram em construção. A base total de instalações radiativas nacionais, que em algum momento se submeteram a um processo de licenciamento na CNEN, é de 6148 instalações. Abaixo é apresentada a subdivisão de cada tipo de instalação radiativa.

Instalações Médicas

As instalações médicas são subdivididas em instalações de **Radioterapia** e **Medicina Nuclear**.

- **Radioterapia**

Aspectos Gerais: A radioterapia utiliza diferentes formas de radiação ionizante para o tratamento de câncer e doenças benignas de forma segura e eficiente. Os radioterapeutas podem utilizar a radiação para curar o câncer, controlar o crescimento de células tumorais ou para tratamentos paliativos.

O efeito da radioterapia se deve ao dano provocado no DNA das células, quando os tecidos são irradiados. O dano provocado sobre as células tumorais em relação às células normais é muito maior em função da menor capacidade de recuperação da molécula de DNA dos tumores. As novas tecnologias auxiliam os radioterapeutas no direcionamento preciso da radiação ao tumor, reduzindo a quantidade de tecidos normais vizinhos que serão atingidos, reduzindo os efeitos indesejáveis aos pacientes.

Estima-se que entre 50 e 60% dos pacientes com câncer terão indicação de radioterapia em alguma etapa do tratamento, seja com propósitos curativos, adjuvantes ou paliativos (fonte:INCa).



FIGURA 1- ACELERADOR LINEAR USADO EM RADIOTERAPIA

Dados Nacionais: Existem, atualmente, 432 instalações de radioterapia ativas no país. A região sudeste concentra 54% dessas instalações, seguida pela região sul (19%) e nordeste (17%). No país temos 383 equipamentos de radioterapia como o ilustrado na Figura 1; a Organização Mundial de Saúde recomenda um Acelerador Linear para cada 250.000 a 300.000 habitantes (déficit de 350 equipamentos). Esse déficit, ao longo dos últimos anos, vem sendo destacado pela imprensa, de maneira recorrente.

No ano de 2018, o SUS gastou 454 milhões de reais com radioterapia, um aumento de 4,1% em relação ao ano anterior. O número de pacientes tratados no mesmo período aumentou em 12,9%.

Panorama Mundial: De acordo com publicações recentes, o mercado global de radioterapia (soma total de toda a atividade econômica envolvendo essa prática, no mundo) foi avaliado em 4,7 bilhões de dólares em 2016, devendo chegar a 7,2 bilhões de dólares até 2023, crescendo a uma taxa anual de 6,2% de 2017 a 2023. Os gastos estimados para expandir os serviços de radioterapia no mundo de 2015 a 2035, tendo em conta a projeção de crescimento e envelhecimento populacional, é de 184 bilhões de dólares (fonte: Sociedade Brasileira de Radioterapia).

Pontos a serem destacados: O Brasil, em 2012, realizou a maior compra mundial de aceleradores até aquele ano. O projeto previa a implantação de 100 soluções de radioterapia, tanto para substituição de aceleradores obsoletos como a construção de salas novas, com o intuito de reduzir a dependência tecnológica do país. O investimento inicial previsto era de 545 milhões de reais, sendo 160 milhões para equipamentos, projetos e fiscalização e 385 milhões para as obras.

O contrato celebrado com a empresa *Varian Medical Systems* contemplou a elaboração dos projetos executivos, o apoio a fiscalização das obras (licitadas pelo Ministério da Saúde) e o fornecimento e instalação dos aceleradores lineares, proporcionando uma economicidade de R\$ 176 milhões. Importante ressaltar que os

equipamentos são pagos somente após a emissão da autorização para operação pela Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN.

Como parte do acordo de compensação tecnológica foi construída uma fábrica da *Varian* no Brasil, em Jundiaí/SP, possibilitando a implantação de um Centro de Treinamento que é referência para toda a América Latina, além da identificação de fornecedores locais de peças e acessórios, e também a transferência de tecnologia em desenvolvimento de software para Institutos Centros Tecnológicos Brasileiros.

O andamento de cada obra pode ser acompanhando em <https://www.saude.gov.br/ciencia-e-tecnologia-e-complexo-industrial/complexo-industrial/plano-de-expansao-da-radioterapia-no-sus>. No momento, existem 24 soluções concluídas (aceleradores já instalados, em operação) e 16 obras em execução.

- **Medicina Nuclear**

Aspectos Gerais: A medicina nuclear é uma especialidade médica que emprega materiais radioativos (radiofármacos) com finalidade diagnóstica e terapêutica.

No caso da medicina nuclear diagnóstica, os radiofármacos são introduzidos no corpo do paciente por ingestão, inalação ou injeção. Esses radiofármacos produzem raios gama com energias suficientes para atravessar o corpo do paciente e chegar a um conjunto de detectores externos ao paciente (como por exemplo a gamacâmara). O radiofármaco é processado por algum órgão ou tecido específico e, portanto, fornece informação sobre a função do órgão, e não especificamente sobre sua anatomia. Além disso, os radiofármacos possuem meias-vidas física e biológica curtas, de forma a serem rapidamente eliminados do corpo do paciente.

Já na medicina nuclear terapêutica, os radiofármacos utilizados possuem uma atividade maior e são usados para tratar algum órgão específico. A mais importante aplicação terapêutica da medicina nuclear é o uso do radioisótopo Iodo-131, para tratar tumores de tireoide.

Dados Nacionais: Existem, atualmente, 447 instalações de medicina nuclear ativas no país. A região sudeste concentra 53,7% dessas instalações, seguida pela região sul (17%) e nordeste (14%). No país temos 1285 equipamentos de medicina nuclear (SPECT e SPECT/CT) e 160 equipamentos de PET/CT, que produzem imagens como a ilustrada na Figura 2. No Brasil, anualmente, são realizadas cerca de 1,5 milhões de cintilografias (como os estudos de perfusão miocárdica), 120 mil exames de PET/CT e 20 mil tratamentos com radiofármacos. Existe uma grande assimetria no atendimento ao compararmos o atendimento pelos setores público e privado: 1/3 de todos os procedimentos são cobertos pelo SUS (150 milhões de usuários) e 2/3 pela saúde suplementar (51 milhões de usuários).

No Brasil, o número de procedimentos de medicina nuclear por cada 1000 habitantes varia entre 0,1 e 0,9, dependendo do estado - a média fica em torno de 0,45. Estudos recentes da OCDE, que ilustram dados de diversos países, mostram que na Turquia esse número é de 2 procedimentos por cada 1000 habitantes. Na Coreia do Sul é de 7,6.

O mercado da medicina nuclear no Brasil movimentava cerca de 1 bilhão de reais por ano (Fonte: Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear).

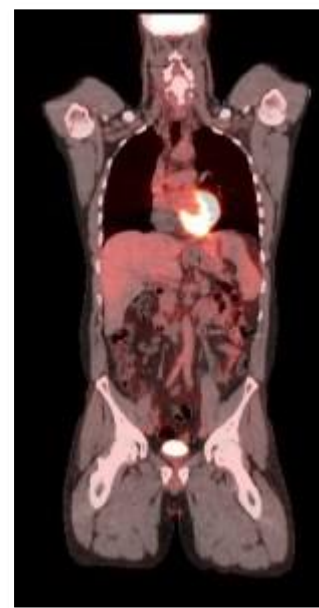


FIGURA 2- IMAGEM PRODUZIDA EM UM EXAME DE MEDICINA NUCLEAR (PET/CT)

Panorama Mundial: De acordo com publicações recentes, o mercado global de medicina nuclear foi avaliado em 6,1 bilhões de dólares em 2019, devendo crescer a uma taxa anual de 9,5% - principalmente devido ao acréscimo esperado de doenças cardiovasculares.

Pontos a serem destacados: Existe atualmente um Grupo de Trabalho, no âmbito do Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro (CDPNB), discutindo uma estratégia de expansão da medicina nuclear no Brasil. É uma constatação o fato de que a medicina nuclear nacional deva se expandir para melhor atenção à saúde da população brasileira; a comparação com países vizinhos, como Argentina e Uruguai, mostra que são necessárias políticas para aumentar o número de pacientes atendidos pela especialidade. Espera-se que a construção do reator multipropósito brasileiro ajude a resolver alguns gargalos relativos ao fornecimento de radiofármacos. No entanto, outros desafios permanecem como o necessário aumento do interesse de estudantes de medicina pela especialidade e os valores dos reembolsos pagos pelos procedimentos (Fonte: Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear).

Instalações de Pesquisa

Aspectos Gerais: As instalações de Pesquisa licenciadas pela CNEN possuem um amplo espectro, podendo variar desde pequenos laboratórios, que utilizam fontes radioativas de baixíssima atividade em seus experimentos, até instalações que possuem grandes aceleradores de partículas, como é o caso do novo acelerador de partículas Sirius, a nova fonte de luz síncrotron brasileira, que será uma das primeiras fontes de luz síncrotron de 4ª geração do mundo.

São classificadas também como instalações de pesquisa os irradiadores de sangue. O objetivo da irradiação de sangue é a prevenção da doença do enxerto contra hospedeiro pós-transfusional. A irradiação ocorre em equipamento projetado para não permitir a exposição, nem do ambiente nem para o operador que o abastece com hemocomponentes. A dose de radiação necessária para as bolsas de sangue varia, geralmente entre 15 e 25 grays. Podem ser usadas diferentes fontes, mas geralmente é empregado o Césio-137.



FIGURA 3 - FOTO DO ACELERADOR SIRIUS

Dados Nacionais: Existem 649 instalações de Pesquisa com o licenciamento ativo na CNEN, significando que essas instituições empregam tecnologia ou processos nucleares nos seus estudos. Entre essas instituições,

destacamos a EMBRAPA, o CTMSP, o CNPEM, FIOCRUZ, vários laboratórios de universidades e dos próprios institutos da CNEN.

Quanto aos irradiadores de sangue, existem 21 atualmente no Brasil.

Pontos a serem destacados: Vem sendo observada, ao longo dos últimos anos, uma redução considerável no número de instalações de Pesquisa na área nuclear. Existem dificuldades alegadas na transferência do conhecimento, por escassez de recursos humanos. As áreas de pesquisa que utilizam tecnologia nuclear são as mais diversas, incluindo Engenharia, Física, Química, Medicina, Biomedicina, Veterinária, Farmácia, Biologia, etc. Não é possível mensurar o impacto e o benefício líquido para a sociedade da realização de pesquisas utilizando a tecnologia nuclear, mas certamente são inúmeros.

Instalações para Produção de Radioisótopos

Aspectos Gerais: No Brasil, como vem ocorrendo em todo o mundo, o número de centros de medicina nuclear está aumentando. Até 2006, a produção e a venda de radioisótopos de meia-vida curta (inferiores a 2 horas) eram monopólio estatal. No entanto, dada a necessidade de melhorar a logística de distribuição, no ano de 2006 uma Emenda Constitucional revogou o monopólio estatal mencionado acima. Isso permitiu que os ciclotrons privados entrassem em operação para a produção de vários radioisótopos emissores de pósitrons, como o ^{18}F . Com exceção dos radioisótopos com meias-vidas inferiores a 2 horas, a maior parte dos radioisótopos utilizados em medicina nuclear no país é importada e distribuída pelo IPEN/CNEN (^{99}Mo , ^{131}I , ^{67}Ga , ^{201}Tl). O portfólio de produtos da CNEN conta atualmente com 38 (trinta e oito) radiofármacos, sendo classificados da seguinte forma: Gerador de Tecnécio (1); Radioisótopos primários (14); Substâncias marcadas com ^{123}I , ^{131}I , ^{51}Cr , ^{18}F , ^{153}Sm , ^{111}In e ^{177}Lu (12). Com relação aos recursos humanos envolvidos na prática, trata-se de uma atividade multiprofissional (Medicina, Farmácia, Química, Física, Biologia). Existe, no entanto, uma carência de profissionais dedicados à Pesquisa (Fonte: Sociedade Brasileira de Biociências Nucleares).



FIGURA 4- DISTRIBUIÇÃO DE INSTALAÇÕES PRODUTORAS DE RADIOISÓTOPOS COM CÍCLOTRONS.

Dados Nacionais: Atualmente, no país temos 14 centros produtores de radioisótopos com ciclotrons e 4 instalações licenciadas com radiofarmácias centralizadas. Como pode ser observado na Figura 4, existe uma extrema assimetria da distribuição de centros produtores de radioisótopos no país, com a maioria das instalações concentradas na região sudeste. Existe uma tendência da disseminação das radiofarmácias centralizadas no país, seguindo tendência mundial. São inúmeras as vantagens desse modelo, inclusive a minimização da manipulação de radiofármacos pelos centros de medicina nuclear e facilidades na regulação.

Em 2018 foram fornecidos pelo IPEN/CNEN em torno de 21.766.000,00 mCi em radiofármacos; esta atividade fornecida corresponde à produção de 440 Ci/semana.

Panorama Mundial: No mundo, a maior parte das instalações produtoras de radioisótopos é privada. No cenário internacional, existe extremo interesse na produção de novos radiofármacos promissores para a realização de exames específicos. Segundo base de dados da AIEA, existem 1279 instalações produtoras de radioisótopos com ciclotrons em todo o mundo. Já os produtores de

radioisótopos que fornecem Mo-99 para a fabricação dos geradores são bem poucos, não passando de 6 países. O mercado mundial da produção de radioisótopos foi estimado em US\$ 100 milhões no final da década de 1980, atingiu US\$ 4,5 bilhões em 2016 e previsões dão conta de que deverá subir entre US\$ 14 e 26 bilhões até 2030.

Pontos a serem destacados: O êxito desse setor em atender à população depende do suprimento regular e confiável dos radiofármacos aos hospitais e clínicas de todo o País. As restrições operacionais e legais impostas ao serviço público dificultam a dinâmica dos processos e a escala industrial da produção e distribuição. Neste sentido, existiu um Grupo de Trabalho, no âmbito do CDPNB, discutindo a conveniência de se flexibilizar a produção de radiofármacos no Brasil, cujos trabalhos já foram encerrados. Existe a perspectiva de que, com a construção do Reator Multipropósito Brasileiro, alguns desses gargalos venham a ser resolvidos.

O faturamento da CNEN com a venda de radiofármacos, em 2018, foi de R\$ 114.000.000,00, aproximadamente

Instalações Industriais

As instalações industriais são subdivididas em instalações de **Irradiação Industrial, Medidores Nucleares, Perfilagem de Poços, Radiografia Industrial, Técnicas Analíticas e Traçadores.**

- **Irradiação Industrial**

Aspectos Gerais: Nesse tipo de instalação são usados conjuntos de fontes de cobalto de altíssima atividade ou aceleradores de elétrons instalados em labirintos, montados em prédios blindados, com esteiras de exposição de produtos ou conjuntos menores de fontes de céσιο, além de aceleradores de elétrons em equipamentos autoblindados. As altas doses de radiação são utilizadas basicamente para eliminar microrganismos e alterar as propriedades físico-químicas dos produtos irradiados.



FIGURA 5 – ESQUEMA DE PLANTA DE IRRADIAÇÃO INDUSTRIAL

Essas instalações atuam na esterilização de material cirúrgico, redução da carga microbiana de produtos alimentares (com o conseqüente aumento no tempo de prateleira), cura de pneus, reticulação de filmes plásticos utilizados em embalagens e no revestimento de cabos elétricos de alta performance, produção de insetos estéreis

(controle de pragas agrícolas e vetores de doenças tropicais), recuperação de bens culturais (eliminação de cupins e fungos), soldagem de autopeças e aumento do valor de jóias semipreciosas.

Dados Nacionais: Existem, atualmente, 21 instalações autorizadas de irradiação industrial, distribuídas em 7 unidades federativas do país. A região sudeste concentra 71% dessas instalações, seguida pela região sul (14%) e nordeste (9%). Exemplos de instalações de irradiação industrial são a IPEN/CNEN, CDTN/CNEN, *Moscamed*, *Johnson & Johnson* e *Goodyear*.

Pontos a serem destacados: No último ano cresceram as perspectivas de ampliação do uso dessa tecnologia a partir de um grupo multiministerial criado para estimular a irradiação de alimentos como ferramenta de ampliação do mercado externo para esses produtos. Mais recentemente, com o surgimento da crise de saúde causada pelo vírus SARS-Cov-2, surgiram iniciativas para implantação de projetos de esterilização de materiais hospitalares.

O mercado da irradiação gama movimentava 350 milhões de reais por ano no Brasil, e cresce de 8 a 10%. No mundo, o segmento fatura entre 3 e 3,5 bilhões de dólares anuais.

- **Medidores Nucleares**

Aspectos Gerais: Os medidores nucleares são ferramentas de controle de produção, utilizados em diversos processos industriais. Fontes são posicionadas dentro de blindagens, com o feixe direcionado a algum material, e detectores, colocados do outro lado do material, vão medir a radiação transmitida. Uma técnica alternativa considera a medição da quantidade de radiação refletida pelo produto.



FIGURA 6 – EXEMPLOS DE MEDIDORES NUCLEARES FIXO E MÓVEL

Esses equipamentos são utilizados no controle do envase de bebidas, da fabricação de placas de MDF, no refino de petróleo e fabricação de polímeros e fertilizantes, no processamento da celulose e fabricação de papel, na fabricação de malhas, feltros e tecidos, na fabricação de pneus, na fabricação de cimento, no controle de qualidade de pavimentação, na siderurgia, na fundição de peças de aço e alumínio, na fabricação de vidro, na exploração de petróleo, no controle do fluxo de efluentes líquidos nas barragens em minas de ferro, ouro, etc, entre outros.

Dados Nacionais: Existem, atualmente, 471 instalações autorizadas para o uso de medidores nucleares, distribuídas em 24 unidades federativas do país. A região sudeste concentra 54% dessas instalações, seguida pela região sul (19%) e nordeste (16%). Exemplos de instalações desse tipo são *3M*, *Alcoa*, *AmBev*, *Braskem*, *Cargill*, *CSN*,

FAFEN, Fibria Celulose, Gerdau, Halliburton, Johnson & Johnson, Klabin, Nestlé, Petrobras, Pirelli, Rhodia, Samarco, Unilever, Usiminas, Vale e Votorantim.

Pontos a serem destacados: As instalações que utilizam medidores nucleares possuem fontes radioativas de média e de baixa atividade, mas em grandes quantidades. Não foram obtidas informações confiáveis sobre o mercado de medidores nucleares, em termos de faturamento.

- **Perfilagem de Poços**

Aspectos Gerais: Na perfilagem, fontes radioativas são instaladas em ferramentas que são inseridas em poços de exploração e pesquisa, geralmente de petróleo. A medição da radiação refletida pelo material é convertida em informações sobre as características geológicas das camadas de solo, que são combinadas com informações obtidas por técnicas não-nucleares na elaboração do perfil do poço.

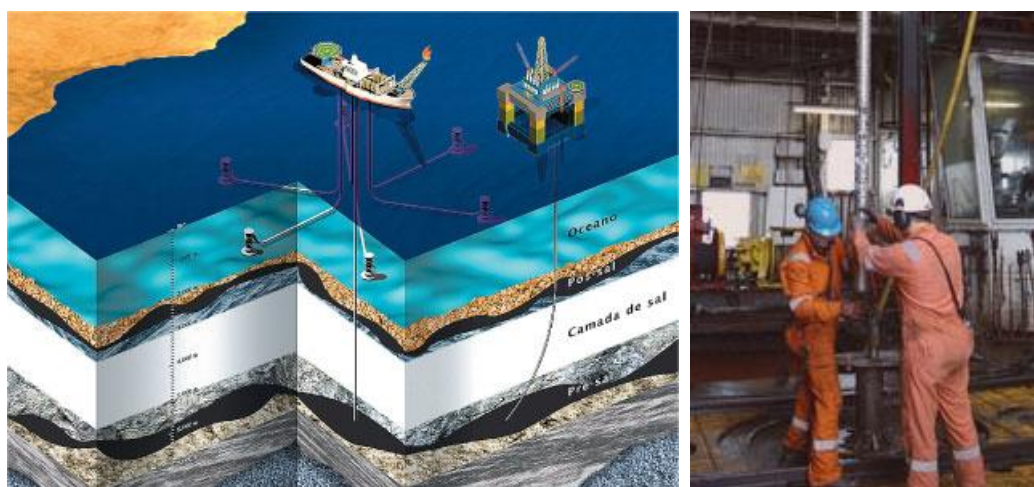


FIGURA 7 – POÇOS DE PETRÓLEO E FERRAMENTA DE PERFILAGEM

Além da exploração de petróleo, essa técnica pode ser aplicada na exploração de água subterrânea e na mineração como um todo.

Dados Nacionais: Existem, atualmente, 10 bases de perfilagem de poços autorizadas, distribuídas em 5 unidades federativas do país. A região sudeste concentra 60% dessas instalações, seguida pela região nordeste (30%) e sul (10%). Exemplos de empresas de perfilagem são a *Halliburton* e *Schlumberger*, que prestam serviços para a Petrobrás e outras companhias petrolíferas e de mineração.

Pontos a serem destacados: Informações indicam que o mercado global da perfilagem de poços foi estimado em 16 bilhões de dólares anuais. Isso pode ser atribuído, principalmente, ao aumento da produção e exploração decorrentes da técnica. Estima-se que o aumento dos preços do petróleo resulte em aumento dos investimentos em atividades de exploração e produção, levando a novos projetos significativos em todo o mundo, que deverão impactar positivamente o crescimento da indústria.

- Radiografia Industrial

Aspectos Gerais: Nessa técnica são utilizados irradiadores contendo radioisótopos, aceleradores de elétrons e equipamentos de raio X, para produzir imagens radiográficas de soldas, estruturas de construção civil, peças fundidas e até alimentos. Essa técnica é utilizada por empresas que prestam serviços de ensaios não-destrutivos para instalações industriais e por instalações que utilizam a radiografia em seu próprio processo de produção. É largamente utilizada na indústria petrolífera, particularmente na manutenção de refinarias e na construção de gasodutos e oleodutos (como foi o caso do gasoduto Brasil-Bolívia), na manutenção de indústrias químicas, nas indústrias aeroespacial, naval e automobilística, na fundição de armas e outras indústrias de fundição, na construção civil, onde pode ser utilizada para avaliação de elementos estruturais embutidos em estruturas de concreto (técnica utilizada em 2019, na reconstrução dos viadutos que desabaram em São Paulo), na indústria alimentícia (identificação de fragmentos ósseos em carne moída e partes de frango) e eletrônica (verificação de soldas em placas de circuito impresso).

A radiografia industrial desempenha um papel fundamental na comprovação da qualidade do produto inspecionado, pois a imagem projetada do filme radiográfico representa a "fotografia" interna da peça, o que nenhum outro ensaio não destrutivo é capaz de mostrar na área industrial. O método é capaz de detetar, com boa sensibilidade, defeitos volumétricos.

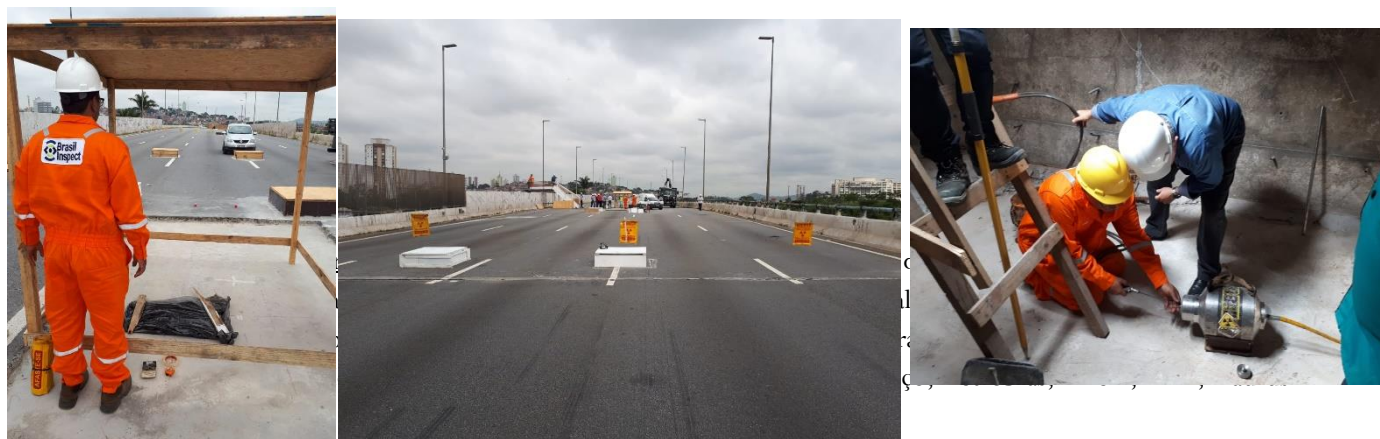


FIGURA 8- TRABALHOS DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL SENDO REALIZADOS EM VIADUTO QUE DESABOU NA MARGINAL PINHEIROS (SÃO PAULO/SP), NO FINAL DE 2018.

Pontos a serem destacados: Devido à mobilidade das fontes (de relativamente alta atividade) e da estrutura compacta dos irradiadores, geralmente transportados em carros, essa técnica precisa de acompanhamento constante do órgão regulador. No mundo existem vários casos de roubos e furtos de irradiadores utilizados em radiografia industrial. Existem aproximadamente 100 fontes de gamagrafia industrial em operação no Brasil e cerca de 3000 no mundo. A gamagrafia no Brasil movimenta cerca de 2 milhões de dólares/mês (valores atuais; com o aumento da atividade econômica, existe a expectativa que esse número suba para 4 a 6 milhões de dólares em 2 anos). No mundo essa área movimenta 100 milhões de dólares.

- **Técnicas Analíticas**

Aspectos Gerais: São técnicas que utilizam a espectrometria de raios X, a fluorescência ou a difração da radiação em interação com um material, para determinar a sua composição. Podem ser usadas também fontes radioativas de baixa atividade.



Essa técnica é utilizada para controle de qualidade de ingredientes e produtos na indústria de bebidas, cimento, petróleo, mineração, no saneamento, na verificação da presença de explosivos em aeroportos e correios e nas indústrias em geral com equipamentos analisadores de ligas metálicas.

Dados Nacionais: Existem, atualmente, 64 instalações autorizadas de técnicas analíticas, distribuídas em 15 unidades federativas do país.

FIGURA 9 – EQUIPAMENTO DE TÉCNICAS ANALÍTICAS

A região sudeste concentra 64% dessas instalações, seguida pela região nordeste (16%) e sul (11%). Exemplos de instalações de técnicas analíticas são a *Aeroportos, Ambev, AngloGold, Braskem, Correios, Petrobras, Rhodia, SABESP, Samsung, Tracerco e Votorantim*.

- **Traçadores Radioativos**

Aspectos Gerais: Materiais radioativos de vida-média curta são injetados em tubulações industriais para avaliação de fluxos.



FIGURA 10 – APLICAÇÃO DE TRAÇADORES RADIOATIVOS

Essa técnica é utilizada nas indústrias petrolíferas, química e de saneamento público, e realizada por empresas prestadoras de serviços.

Dados Nacionais: Existem, atualmente, 2 instalações autorizadas de traçadores radioativos, localizadas em 2 unidades federativas do país: *Tracerco* no Rio de Janeiro e *Wireline* no Rio Grande do Norte.

Instalações de Segurança Pública

Aspectos Gerais: No país, existem diversas instituições que empregam radiações ionizantes com a finalidade de segurança, seja em inspeções corporais ou de bagagens, contêineres e outras estruturas. No caso das inspeções corporais, equipamentos emissores de raios-X (chamados popularmente de *body scanners*) são utilizados para produzir imagens do corpo humano em busca de objetos ocultos com objetivos criminosos, como ilustrado na Figura 11. A utilização desses dispositivos em território nacional se dá com a finalidade de garantir o controle de acesso de visitantes e trabalhadores a unidades prisionais e corretivas, assim como verificações em aeroportos. No caso das inspeções em contêineres, aceleradores de elétrons são utilizados para produzir imagens de contêineres montados em caminhões, de modo a verificar os seus conteúdos. Esses aceleradores são empregados em controle aduaneiro, em portos e em pontos de fiscalização nas estradas, tendo como um dos principais usuários a Receita Federal.

Dados Nacionais: Atualmente, no país temos *body scanners* instalados em 256 unidades prisionais, em 10 estados. O controle regulatório é feito através da avaliação dos modelos de equipamentos de inspeção corporal e o estabelecimento de limites do número de escaneamentos realizados em uma única pessoa, no intervalo de um ano. Já para a inspeção de contêineres, aceleradores estão espalhados por 49 pontos de inspeção brasileiros, em 14 estados.



FIGURA 11 USUÁRIO AVALIANDO IMAGEM CORPORAL GERADA EM BODY SCANNER

Pontos a serem destacados: Existem alguns outros dispositivos que empregam radiações ionizantes e que são empregados em segurança pública. Como trata-se de uma área relativamente recente e em constante evolução, existem aplicações únicas que precisam ser avaliadas caso a caso. Podemos mencionar a existência de equipamentos extremamente portáteis para inspeção de volumes e verificação da existência de explosivos em malas ou bolsas, veículos de inspeção, que operam nas rodovias verificando contrabando oculto em automóveis, e outros. A CNEN somente autoriza a utilização desses equipamentos por instituições públicas ligadas à segurança. Também são licenciadas as empresas que realizam manutenção nesses equipamentos utilizados em segurança.

Estudos apontam que o mercado global dos escâneres corporais gira em torno dos 800 milhões de dólares anuais, com a expectativa de crescimento de 10% ao ano até 2025. (Fonte: *Market Analysis* 2025)

Instalações de Comércio e Serviços

Aspectos Gerais: As instalações de comércio licenciadas pela CNEN são divididas entre aquelas que distribuem dispositivos com fontes radioativas incorporadas, equipamentos geradores de radiação ionizante ou instalações de armazenamento, onde são guardadas fontes de radiação em processo de implantação. Os produtos distribuídos variam entre medidores nucleares, armas de fogo (alça de mira de trício), detectores de fumaça, equipamentos de inspeção de volumes ou equipamentos usados na medicina.

Já as instalações de serviços se dividem entre laboratório de calibração de instrumentos - dedicados a calibrar e aferir equipamentos medidores de radiação, tais como detectores *geigers* e câmaras de ionização-

laboratórios de monitoração individual - responsáveis pela leitura de monitores individuais utilizados por indivíduos ocupacionalmente expostos nas áreas nuclear, médica, industrial, de pesquisa, etc. - e de manutenção de equipamentos.

Dados Nacionais: Existem 19 empresas de comércio atuando como distribuidoras no Brasil (12 distribuindo dispositivos com fontes incorporadas e 7 distribuindo equipamentos geradores – incluindo empresas como a *Siemens* e *VMI*). Existe apenas uma única instalação de armazenamento de fontes autorizada no Brasil, localizada no estado de São Paulo.

Atualmente, no país temos apenas 4 instalações dedicadas à calibração de instrumentos, o que representa um gargalo e uma preocupação para o futuro. Quanto aos laboratórios de monitoração individual, existem 6 instalações no Brasil, espalhadas em 3 estados. Já com relação às empresas de manutenção, existem 13 instalações autorizadas em 4 estados - incluindo *GE Healthcare*, *Mettler-Toldeo*, *Thermo Fisher* e *Varian*.

Pontos a serem destacados: No licenciamento dos laboratórios de calibração e de monitoração individual, o licenciamento diz respeito à segurança no manejo das fontes utilizadas nos processos, e não à metrologia. O processo de licenciamento das empresas que fazem manutenção de equipamentos se concentra também na garantia de que os dispositivos de segurança sejam mantidos conforme as especificações dos fabricantes.