

TERAPIA COM LUTÉCIO-177 NO CÂNCER DE PRÓSTATA METASTÁTICO NO BRASIL: AVALIAÇÃO INTEGRADA SOB A PERSPECTIVA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS E DA SOBERANIA TECNOLÓGICA

Lutetium-177 therapy for metastatic prostate cancer in Brazil: an integrated evaluation from the perspective of public policy and technological sovereignty

Renner Egalon Pereira¹ , Alessandher Bemjamins Borges de Amorim² 

Resumo: A terapia com Lutécio-177-PSMA representa um avanço significativo no tratamento do câncer de próstata metastático resistente à castração, oferecendo uma opção eficaz e menos invasiva para pacientes que não respondem a tratamentos convencionais. No Brasil, essa modalidade terapêutica foi aprovada em 2023 e vem sendo incorporada progressivamente ao sistema de saúde, com desenvolvimento paralelo da produção nacional do radiofármaco por meio de parceria estratégica entre a Marinha do Brasil e o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Além da eficácia comprovada em estudos internacionais e nacionais, o tratamento com Lutécio-177-PSMA demonstra melhora na sobrevida global e na qualidade de vida dos pacientes, além de perfil de efeitos colaterais controlável. Este artigo revisa as principais evidências científicas, as especificidades do cenário brasileiro, os desafios para ampliação do acesso e o potencial futuro da terapia em outras neoplasias. Destaca-se a importância da medicina personalizada e das tecnologias da medicina nuclear na oferta de alternativas terapêuticas modernas e adequadas às necessidades locais. A integração entre avanços clínicos, produção tecnológica nacional e políticas de saúde pública configura-se como elemento essencial para o pleno aproveitamento dessa inovação no combate ao câncer de próstata no Brasil.

Palavras-chave: Terapia. Lutécio. Radiofármaco. Medicina Nuclear.

Abstract: Lutetium-177-PSMA therapy represents a significant advancement in the treatment of metastatic castration-resistant prostate cancer, offering an effective and less invasive option for patients who do not respond to conventional treatments. In Brazil, this therapeutic modality was approved in 2023 and has been progressively incorporated into the healthcare system, alongside the parallel development of domestic production of the radiopharmaceutical through a strategic partnership between the Brazilian Navy and the Nuclear and Energy Research Institute. In addition to demonstrated efficacy in international and national studies, treatment with Lutetium-177-PSMA has been associated with improvements in overall survival and patients' quality of life, as well as a manageable adverse effect profile. This article reviews the main scientific evidence, the specificities of the Brazilian context, challenges related to expanding access, and the future potential of this therapy for other neoplasms. The importance of personalized medicine and nuclear medicine technologies in providing modern therapeutic alternatives tailored to local needs is emphasized. The integration of clinical advances, national technological production, and public health policies appears to be an essential factor for fully leveraging this innovation in the fight against prostate cancer in Brazil.

Keywords: Therapy. Lutetium. Radiopharmaceutical. Nuclear medicine.

1. Primeiro-Tenente, Engenheiro Mecânico. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, RJ - Brasil. Aluno do Programa de Formação dos Operadores do Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica no Centro de Instrução e Adestramento Nuclear de Aramar. E-mail: renner.egalon@marinha.mil.br

2. Segundo-Sargento Eletricista. Engenheiro de Controle e Automação. Pós-graduado em Engenharia de Controle e Automação. Operador de Reator Nuclear de Pesquisas Licenciado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear. Aluno do Programa de Formação dos Operadores do Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica no Centro de Instrução e Adestramento Nuclear de Aramar. E-mail: alessandher.borges@marinha.mil.br

1. INTRODUÇÃO

O câncer de próstata é a neoplasia maligna mais incidente entre os homens brasileiros, com estimativa de aproximadamente 72 mil novos casos por ano no triênio 2023-2025, representando a segunda maior causa de mortalidade por câncer no público masculino no país (INCA, 2023). Apesar dos avanços no diagnóstico no tratamento, o manejo das formas metastáticas resistentes à castração ainda representa um desafio significativo para a oncologia.

Nos últimos anos, a terapia com Lutécio-177 ligado ao antígeno de membrana específico da próstata (*prostate-specific membrane antigen* – PSMA) emergiu como uma opção inovadora, eficaz e com perfil de toxicidade controlada para o tratamento do câncer de próstata metastático resistente, sobretudo após falha em tratamentos convencionais, como hormonioterapia e quimioterapia (ANVISA, 2025; MOC Brasil, 2025). No Brasil, o Pluvicto® (Vipivotida tetraxetana (177Lu)), o primeiro radiofármaco com essa tecnologia, foi aprovado para comercialização em 2023, marcando uma etapa crucial na ampliação das opções terapêuticas para esse público (Novartis, 2023). A Novartis é pioneira no desenvolvimento e na disponibilização da terapia com radioligantes (*radioligand therapy* – RLT) para o câncer de próstata, oferecendo tratamento personalizado e eficaz.

A crescente literatura científica, incluindo ensaios clínicos internacionais e nacionais, reforça as evidências de eficácia e segurança da terapia (Ling *et al.*, 2022; SBMN, 2023). O estudo VISION, entre outros, demonstrou reduções significativas no risco de morte e na progressão da doença, além de melhoria na qualidade de vida dos pacientes tratados. No contexto brasileiro, a aprovação do Lutécio-177-PSMA, em 2023, e os avanços na produção nacional do radiofármaco representam passos fundamentais para a adoção ampla dessa tecnologia na rede pública e privada de saúde.

Importa ressaltar que a produção nacional do radiofármaco, coordenada por instituições como a Marinha do Brasil e o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), por meio de seus centros de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, representa um passo estratégico para a autonomia científica e tecnológica do país, fortalecendo sua soberania em áreas críticas da saúde e da ciência (FAPESP, 2024; USP, 2020).

Este artigo apresenta o atual cenário científico e clínico do uso do Lutécio-177 no tratamento do câncer de próstata

metastático no Brasil, enfatiza os desafios da implantação da tecnologia em larga escala no sistema público e privado e destaca a contribuição da Marinha do Brasil para a inovação tecnológica e a produção do Lutécio-177 no país; discute os desafios para sua disseminação e aponta perspectivas futuras, incluindo a expansão do uso eficaz da terapia para outras neoplasias, no contexto da medicina personalizada e da oncologia nuclear.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo, além dos apresentados na introdução, incluem analisar o desenvolvimento e a implementação da terapia com Lutécio-177-PSMA no contexto brasileiro, com atenção especial aos aspectos clínicos, tecnológicos e estratégicos associados. Além disso, busca-se avaliar a produção nacional do radiofármaco como fator de autonomia científica e tecnologia crítica. Por fim, aplica-se uma avaliação de políticas públicas e programas estratégicos, com o intuito de examinar a eficácia, a eficiência e a relevância da incorporação dessa tecnologia no sistema de saúde brasileiro.

3. METODOLOGIA

Este estudo adotou a metodologia de avaliação de políticas públicas e programas estratégicos conforme desenvolvida pelo professor Evert Vedung (Universidade de Uppsala, Suécia). Este método compreende três dimensões principais de avaliação:

- » **Eficácia:** mensuração do impacto e dos resultados alcançados pela política ou programa (no caso, a terapia com Lutécio-177-PSMA), considerando desfechos clínicos e tecnológicos;
- » **Eficiência:** avaliação da relação entre os recursos alocados (financeiros, humanos e infraestrutura) e os resultados obtidos, buscando a otimização dos custos frente aos benefícios;
- » **Relevância e Adequação:** análise da pertinência da política pública ou do programa em relação às necessidades sociais, à saúde pública e às condições estratégicas do país.

Além disso, o estudo consistiu em revisão bibliográfica qualitativa, com o objetivo de reunir e analisar dados científicos sobre a terapia com Lutécio-177-PSMA no tratamento do câncer de

próstata metastático, com ênfase no panorama brasileiro e nos avanços tecnológicos relacionados à produção nacional do radiofármaco. Para a aplicação desse *framework*, realizou-se:

- » Revisão sistematizada da literatura e de documentos oficiais (bases PubMed, SciELO, BVS e Portal de Periódicos da Marinha do Brasil, no período entre 2015 e 2025), abrangendo aspectos clínicos da terapia, produção nacional e incorporações à política de saúde;
- » Análise qualitativa crítica dos processos de incorporação da terapia na rede pública e privada, da cadeia produtiva nacional e dos desdobramentos estratégicos da soberania tecnológica;
- » Comparação dos resultados clínicos e tecnológicos à luz dos critérios de eficácia, eficiência e relevância propostos por Vedung.

A inclusão priorizou pesquisas originais, estudos clínicos e documentos governamentais e institucionais que abordassem aspectos regulatórios, produção tecnológica e aplicação clínica da terapia no Brasil. Foram excluídos materiais que não apresentassem dados relevantes para o contexto nacional ou que estivessem fora do escopo da oncologia nuclear.

As informações coletadas foram organizadas e sintetizadas para subsidiar a análise crítica dos avanços da terapia com Lutécio-177-PSMA, dos desafios de sua implementação no sistema de saúde brasileiro e das perspectivas futuras para a medicina personalizada e a soberania tecnológica.

4. DISCUSSÃO

4.1. TERAPIA COM LUTÉCIO-177 E PRODUÇÃO NO BRASIL

A análise das publicações científicas selecionadas revelou que a terapia com Lutécio-177-PSMA apresenta benefícios clínicos consistentes para pacientes com câncer de próstata metastático resistente à castração. No estudo internacional VISION, com participação global, que envolveu 831 pacientes, o tratamento com ¹⁷⁷Lu-PSMA-617 reduziu o risco de mortalidade em 32% e aumentou a sobrevida global mediana de 11,3 para 15,3 meses, quando comparado ao tratamento padrão (ANVISA, 2025; MOC Brasil, 2025). Similarmente, o estudo TheraP evidenciou que o radioligante proporciona melhor qualidade de vida e menor toxicidade em comparação à quimioterapia com cabazitaxel (Grupo Oncoclínicas, 2021).

No âmbito nacional, pesquisas da Universidade de São Paulo (USP) demonstraram a viabilidade técnica da produção do radiofármaco no Brasil, assegurando sua estabilidade e pureza para uso clínico (USP, 2020). O desenvolvimento dessa cadeia produtiva local, que inclui iniciativas da Marinha do Brasil em conjunto com o IPEN, representa inovação tecnológica decisiva para o país, reduzindo a dependência externa e garantindo maior disponibilidade do tratamento (FAPESP, 2024).

Além da eficácia clínica e da produção tecnológica, as diretrizes publicadas pela Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear (SBMN) contribuem para a padronização da indicação e do manejo do Lutécio-177, facilitando sua difusão na prática clínica nacional (SBMN, 2023).

Além da produção nacional e das evidências clínicas, merece destaque a aprovação e a liberação comercial do Pluvicto® em 2023, primeiro radiofármaco do tipo Lutécio-177-PSMA disponível no mercado brasileiro para o tratamento do câncer de próstata metastático resistente à castração. Desenvolvido pela Novartis, essa terapia baseada em radioligantes tem demonstrado significativa eficácia no estudo VISION, com redução expressiva da mortalidade e melhora da qualidade de vida dos pacientes (Sartor *et al.*, 2021; Novartis, 2023). A disponibilidade do Pluvicto® reforça a integração entre inovação clínica, capacidade tecnológica nacional e políticas públicas, ampliando as possibilidades de acesso e consolidação da oncologia nuclear de precisão no país (ANVISA, 2023; Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear, 2023).

Esses resultados consolidam o Lutécio-177-PSMA como terapia inovadora de alta relevância clínica no combate ao câncer de próstata avançado, com impacto direto na sobrevida e na qualidade de vida do paciente. A eficácia demonstrada em estudos de grande porte fortalece as evidências para sua adoção ampliada (ANVISA, 2025; MOC Brasil, 2025).

A capacidade tecnológica nacional para produção do radiofármaco é fundamental, promovendo autonomia estratégica e fortalecendo a soberania científica, metas alinhadas aos objetivos da Marinha do Brasil e do Prêmio Soberania pela Ciência (FAPESP, 2024; USP, 2020).

Contudo, a incorporação efetiva da terapia enfrenta desafios, como a insuficiência de centros especializados, a carência de profissionais qualificados e a necessidade de políticas públicas mais articuladas para garantir acesso equitativo via Sistema Único de Saúde (SUS). A avaliação sistemática dessas políticas e de seus resultados é essencial para orientar

melhorias institucionais e ampliar a efetividade dos programas públicos na área da saúde (Vedung, 1998). A superação dessas barreiras é vital para ampliar o impacto positivo da terapia no sistema de saúde brasileiro.

A Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear (SBMN) tem publicado diretrizes que padronizam o uso clínico da terapia, promovendo sua segurança e expansão (SBMN, 2023). O conceito de medicina teranóstica, ao unir diagnóstico e tratamento com o mesmo radiofármaco, configura tendência estratégica para a oncologia de precisão, área na qual o Brasil tem investido em capacitação e inovação (MOC Brasil, 2025). Os principais resultados clínicos da terapia e seus impactos potenciais na saúde pública brasileira estão sintetizados na Tabela 1. Além disso, o potencial do Lutécio-177 para tratar outras neoplasias e o avanço da medicina teranóstica indicam que o Brasil pode ocupar posição de vanguarda em oncologia de precisão, desde que invista em pesquisa, infraestrutura e regulamentação ágil (FAPESP, 2024).

Portanto, a conjugação dos resultados clínicos, dos avanços tecnológicos e das políticas públicas constitui a base para consolidar o uso do Lutécio-177 no Brasil, promovendo inovação e soberania científica em benefício da saúde da população. Os principais resultados clínicos e seus impactos para o contexto brasileiro estão sintetizados na Tabela 1.

4.2. IMPACTOS INSTITUCIONAIS E POLÍTICAS PÚBLICAS

4.2.1. Eficácia

Os estudos clínicos VISION e TheraP evidenciam os efeitos positivos da terapia com Lutécio-177-PSMA, apresentando redução significativa da mortalidade e melhora da qualidade de vida dos pacientes (MOC Brasil, 2025; Grupo Oncoclínicas, 2021). No contexto nacional, o desenvolvimento e a produção local do radiofármaco por instituições como o IPEN e a Marinha reforçam o alcance e sustentabilidade do tratamento. A Figura 1 apresenta um diagrama de fluxo adaptado de Vedung e Pedone (2021), utilizado para estruturar a avaliação da política pública associada à implementação da terapia com Lutécio-177-PSMA no Brasil.

4.2.2. Eficiência

A produção nacional reduz custos logísticos e a dependência de importações, contribuindo para a otimização de recursos. Contudo, desafios estruturais relacionados à infraestrutura de medicina nuclear e à capacitação de profissionais ainda impactam a eficiência do programa, restringindo sua aplicação ampliada no SUS (SBMN, 2023).

Tabela 1. Resultado clínicos e impactos na saúde pública.

Estudo / Fonte	Tipo de Estudo	Quantidade de Pacientes	Principais Achados	Impacto no Brasil
VISION (MOC Brasil, 2025; ANVISA, 2025)	Ensaio clínico fase III	831	Redução de 32% no risco de mortalidade; aumento da sobrevida global mediana de 11,3 para 15,3 meses	Base para aprovação da terapia no Brasil
TheraP (Grupo Oncoclínicas, 2021)	Ensaio clínico comparativo	n/a	Menor toxicidade e melhor qualidade de vida <i>versus</i> quimioterapia com cabazitaxel	Eficácia e melhor tolerabilidade da terapia
USP (USP, 2020; FAPESP, 2024)	Pesquisa técnica	n/a	Produção nacional do radiofármaco estável e apto para uso clínico	Autonomia tecnológica e redução da dependência
SBMN (SBMN, 2023)	Diretrizes clínicas	n/a	Padronização do manejo clínico do Lutécio-177	Facilita adoção e segurança na prática clínica

USP: Universidade de São Paulo; SBMN: Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3. Relevância e Adequação

A tecnologia responde a demanda urgente na saúde pública, alinhando-se às políticas nacionais de inovação e soberania tecnológica. A participação da Marinha do Brasil fortalece o componente estratégico da política, evidenciando a adequação do programa ao contexto socioeconômico e de segurança do país.

Os resultados clínicos dos estudos VISION e TheraP sintetizam os avanços terapêuticos alcançados com o uso do Lutécio-177-PSMA. A Figura 2 apresenta uma comparação entre os dois estudos quanto à sobrevida global mediana e à incidência de efeitos adversos graves, enquanto a Figura 3 destaca a redução da mortalidade associada à terapia.

O gráfico comparativo a seguir sumariza os avanços clínicos representados pelos estudos VISION e TheraP:

4.3. UTILIZAÇÃO DO LUTÉCIO-177 NO MUNDO

4.3.1. Canadá

O Canadá tem liderado iniciativas globais na produção de ¹⁷⁷Lu. A *Bruce Power Nuclear Plant*, por exemplo, tornou-se o

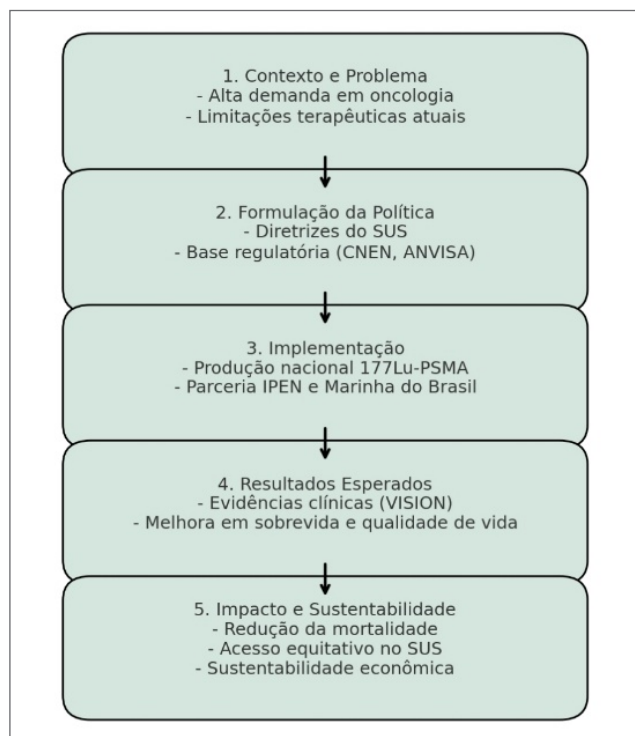


Figura 1. Diagrama de fluxo adaptado de Vedung e Pedone (2021) para avaliação da política pública de terapia com Lutécio-177 PSMA no Brasil.

primeiro reator nuclear comercial a produzir ¹⁷⁷Lu utilizando um sistema de produção de isótopos (*isotope production system – ISP*) exclusivo. Essa inovação tem sido fundamental para atender à crescente demanda por terapias direcionadas em oncologia (IAEA, 2021). Além disso, o país comprometeu-se a dobrar a produção de isótopos até 2030, consolidando sua posição como líder global no setor (Canadian Nuclear Isotope Council, 2023).

4.3.2. França

Na França, a Curium Pharma firmou uma parceria de longo prazo com o Institut Laue–Langevin (ILL) para a

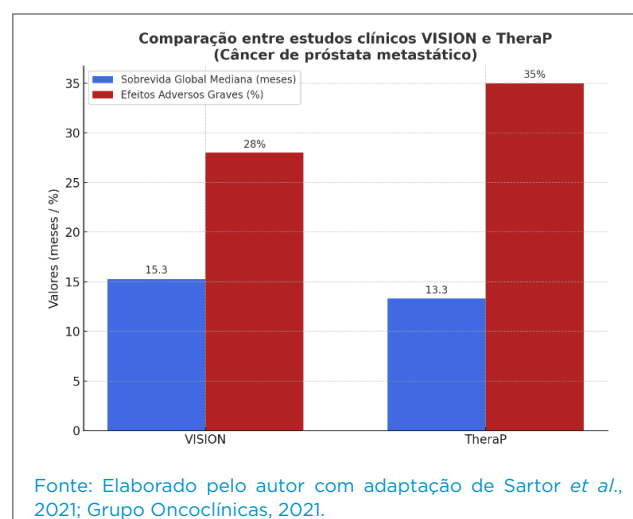


Figura 2. Comparação entre os estudos VISION e TheraP: sobrevida global mediana e incidência de efeitos adversos graves para Lutécio-177-PSMA.

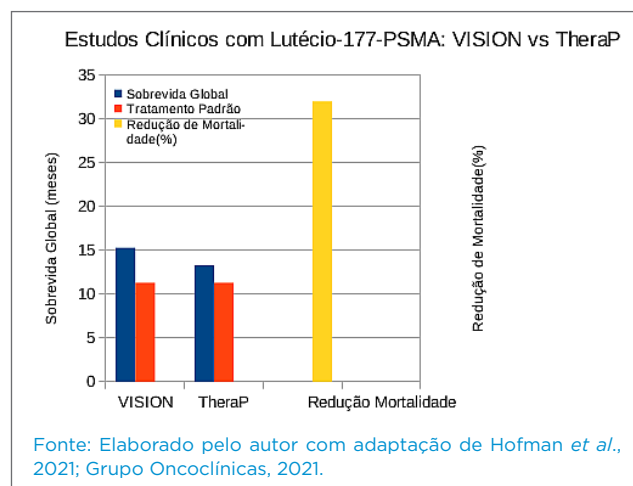


Figura 3. Comparação entre os estudos VISION e TheraP: sobrevida global mediana e redução de mortalidade para Lutécio-177-PSMA.

produção de ^{177}Lu em seu reator nuclear de alto fluxo em Grenoble. Essa colaboração visa garantir o fornecimento contínuo do isótopo para beneficiar mais de 100.000 pacientes com câncer nos próximos cinco anos (Curium Pharma, 2024). Essa abordagem demonstra a importância de parcerias público-privadas na expansão da produção de radioisótopos.

4.3.3. Austrália

A Austrália, por meio da *Australian Nuclear Science and Technology Organization* (ANSTO), opera o reator OPAL, utilizado para a produção de ^{177}Lu e outros radioisótopos essenciais à saúde humana e ao tratamento do câncer. A ANSTO possui longa experiência na produção de isótopos médicos, constituindo modelo de excelência na área (Australian Nuclear Science and Technology Organization, 2023).

4.4. PAPEL DA MARINHA DO BRASIL NA RETOMADA DOMÉSTICA DA PRODUÇÃO DO LUTÉCIO-177

O Reator de Pesquisas IEA-R1, operado pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN/CNEN), constitui a principal infraestrutura brasileira para produção de radioisótopos de interesse médico (CNEN, 2022). Desde sua primeira operação, em 1957, o reator desempenha papel estratégico no fornecimento de radiofármacos utilizados em diagnósticos e terapias-alvo, impactando diretamente o atendimento do SUS.

Historicamente, o IEA-R1 produziu $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{131}I e ^{177}Lu , atendendo a aproximadamente 60–80% da demanda nacional (CNEN, 2022; IAEA, 2021). No entanto, interrupções temporárias nos últimos anos limitaram o abastecimento, aumentando a dependência de importações e expondo vulnerabilidades na continuidade de tratamentos críticos.

Ao operar reatores nucleares, dedicados à pesquisa ou à geração de energia, a Marinha do Brasil evidencia o domínio técnico adquirido, CNEN a segurança necessária ao cumprimento de suas responsabilidades. Sob fiscalização do órgão regulador nacional e de outras entidades envolvidas, a Força Naval investe continuamente na capacitação de seus militares, assegurando a execução segura de projetos e operações nucleares, em ambientes terrestres e marítimos (Amorim, 2025).

No âmbito da colaboração com o IPEN e do esforço nacional para a fabricação de radioisótopos destinados ao SUS, a Marinha reafirma seu compromisso institucional e

seu respeito ao Estado e à população. Ao garantir a operação ininterrupta do reator IEA-R1 por meio de mão de obra especializada, contribui para o desenvolvimento da pesquisa nuclear no país e para a redução dos custos dos tratamentos oncológicos oferecidos na rede pública.

Desde o início da parceria renovada, em 2021, a Marinha formou e licenciou 24 operadores militares junto à CNEN, com taxa de sucesso de 100% (Agência Marinha de Notícias, 2024). Esses profissionais são responsáveis pela operação dos reatores e pela formação das próximas gerações de equipes (Amorim, 2025). Evidencia-se, assim, que a Força Naval dispõe de pessoal qualificado para enfrentar os desafios atuais e futuros relacionados ao Programa Nacional de Energia Nuclear (PNM), garantindo a continuidade da produção de radiofármacos, seja no reator IEA-R1, seja no Reator Multipropósito Brasileiro (RMB), o maior reator de pesquisa do Programa Nuclear Brasileiro (PNB). Tal comprometimento reforça o lema da instituição: “Marinha do Brasil: protegendo nossas riquezas, cuidando da nossa gente” (Marinha do Brasil, 2023a, n.p.).

Em 2025, a Marinha e o IPEN retomaram a produção de Lutécio-177 (^{177}Lu), radioisótopo fundamental para terapias-alvo em tumores neuroendócrinos e em alguns tipos de câncer resistentes como o de próstata metastático (IAEA, 2021; Westinghouse *et al.*, 2020). O ^{177}Lu é empregado em radioterapia molecular, associando radiação beta à especificidade de peptídeos ligantes que reconhecem receptores tumorais, permitindo tratamentos mais eficazes e com menor dano aos tecidos saudáveis (IAEA, 2021).

4.4.1. A Retomada da Produção de Radioisótopos no Reator IEA-R1

A retomada foi possibilitada por uma parceria estratégica entre IPEN e a Marinha do Brasil, envolvendo:

1. Integração técnica e operacional, garantindo manutenção de *hot cells*, o controle radiológico e os protocolos de manipulação de radioisótopos (Marinha do Brasil, 2023b);
2. Formação de militares operadores nucleares licenciados pela CNEN, assegurando operação segura e continuidade técnica de alto nível (CNEN, 2022; Marinha do Brasil, 2023b);
3. Cooperação em políticas institucionais e de segurança, alinhando normas internas às recomendações internacionais e aos regulamentos da CNEN (IAEA, 2021).

Essa parceria representa um modelo inovador de integração entre ciência, tecnologia, defesa e saúde pública

(Westinghouse *et al.*, 2020), reforçando a autossuficiência nacional em radiofármacos estratégicos. Ademais, a presença de operadores militares qualificados garante a sustentabilidade operacional e a replicabilidade do modelo para outros radioisótopos e projetos nucleares futuros (Marinha do Brasil, 2023, s.d.; CNEN, 2022).

5. CONCLUSÃO

A terapia com Lutécio-177-PSMA representa um avanço transformador no tratamento do câncer de próstata metastático resistente à castração, com evidências robustas de eficácia e melhora significativa na qualidade de vida dos pacientes. No Brasil, além da eficácia clínica demonstrada em estudos internacionais, destaca-se a produção nacional do radiofármaco, liderada pela Marinha do Brasil e instituições parceiras, que assegura autonomia tecnológica estratégica e contribui para a soberania científica e sanitária do país.

Entretanto, persistem desafios para a ampla disseminação da terapia, como a ampliação da infraestrutura em medicina nuclear, a capacitação de profissionais e a formulação de políticas públicas integradas para garantir o acesso universal pelo SUS.

A avaliação segundo Vedung evidenciou que, apesar da eficácia comprovada e da relevância estratégica da produção nacional, há necessidade de investimentos e aprimoramentos para assegurar maior eficiência e acesso equitativo. Para consolidar os benefícios clínicos e estratégicos dessa tecnologia, é fundamental fortalecer a articulação entre órgãos governamentais, setores de pesquisa e o mercado privado, impulsionando a inovação tecnológica, a pesquisa clínica e a regulamentação ágil.

A Marinha do Brasil, estrategicamente aliada a parceiros sólidos, mantém seu compromisso com a inovação e a excelência por meio da capacitação e formação de operadores nucleares. Esse investimento resultará na formação de profissionais altamente qualificados, preparados para conduzir e operar futuras iniciativas energéticas do Brasil.

Por fim, a expansão do uso do Lutécio-177 para outras neoplasias e o avanço da medicina teranóstica posicionam o Brasil como protagonista em oncologia de precisão, reafirmando o compromisso com o desenvolvimento científico e tecnológico e com a busca pela excelência e soberania na saúde pública nacional. Recomenda-se o fortalecimento das redes de infraestrutura em medicina nuclear, da capacitação profissional e de políticas públicas articuladas, a fim de maximizar os benefícios clínicos e tecnológicos dessa inovação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA MARINHA DE NOTÍCIAS. Marinha forma e licencia operadores militares de reator nuclear junto à CNEN. *Agência Marinha de Notícias*, 2024. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br>. Acesso em: 13 mar. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. *Registro e aprovação do Pluvicto® para câncer de próstata*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. *Aprovação do Lutécio-177 para terapia oncológica*. Brasília: ANVISA, 2025.

AMORIM, A. B. B. A estratégia da Marinha do Brasil para formar seus futuros operadores e instrutores de reatores nucleares embarcados. *O Periscópio*, v. 76, n. 76, p. 8-15, 2025. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/periscopio/article/view/7657>. Acesso em: 26 ago. 2025.

AUSTRALIAN NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANISATION - ANSTO. OPAL multipurpose reactor: production of medical radioisotopes. *ANSTO*, 2023. Disponível em: <https://www.ansto.gov.au>. Acesso em: 13 mar. 2025.

CANADIAN NUCLEAR ISOTOPE COUNCIL. *Isotopes for Hope: Canadian Leadership Needed Now More Than Ever*. Toronto: Canadian Nuclear Isotope Council, 2023. Disponível em: <https://canadianisotopes.ca/wp-content/uploads/2023/04/CNIC-Isotopes-for-Hope.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2025.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN. *Radioisótopos*. Rio de Janeiro: CNEN, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/assunto/radioisotopos>. Acesso em: 14 mar. 2025.

CURIUM PHARMA. Curium and Institut Laue-Langevin expand partnership to produce Lutetium-177 for cancer therapies. *Curium*

Pharma, 2024. Disponível em: <https://www.curiumpharma.com>. Acesso em: 13 mar. 2025.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO - FAPESP. *Relatórios técnicos e pesquisa em radiofármacos*. São Paulo: FAPESP, 2024.

GRUPO ONCOCLÍNICAS. *Estudo TheraP*: eficácia e segurança do ¹⁷⁷Lu-PSMA-617 em câncer de próstata metastático resistente à castração. São Paulo: Grupo Oncoclínicas, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA - INCA. *Estatísticas de câncer no Brasil*. Rio de Janeiro: INCA, 2023.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA. *Lutetium-177 for radionuclide therapy: production, quality control and clinical applications*. Vienna: IAEA, 2021. Disponível em: <https://www.iaea.org/publications>. Acesso em: 14 mar. 2026.

LING, S. W.; DE BLOIS, E.; HOOJIMAN, E.; VAN DER VELDT, A.; BRABANDER, T. Advances in ¹⁷⁷Lu-PSMA and ²²⁵Ac-PSMA radionuclide therapy for metastatic castration-resistant prostate cancer. *Pharmaceutics*, v. 14, n. 10, p. 2166, 2022. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14102166>

MARINHA DO BRASIL. Institucional: missão, visão e valores. *Marinha do Brasil*, 2023a. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br>. Acesso em: 13 mar. 2025.

MARINHA DO BRASIL. Parceria entre Marinha do Brasil e IPEN fortalece produção de radioisótopos no país. *Marinha do Brasil*, 2023b. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br>. Acesso em: 13 mar. 2025.

MARINHA DO BRASIL. Revistas A-Z. *Portal de Periódicos da Marinha do Brasil*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.marinha.mil.br>. Acesso em: 21 ago. 2025.

MEDICINA ONCOLÓGICA DE PRECISÃO NO BRASIL - MOC BRASIL. *Estudos sobre Lutécio-177-PSMA*. São Paulo: MOC Brasil, 2025.

NOVARTIS. *Pluvicto® (vipivotide tetraxetan lutetium Lu 177)*. São Paulo: Novartis Brasil, 2023.

SARTOR, O.; DE BONO, J.; CHI, K. N.; FIZAZI, K.; HERMRMANN, K.; RAHBAR, K.; TAGAWA, S. T.; NORDQUIST, L. T.; VAISHAMPAYAN, N.; EL-HADDAD, G.; PARK, C. H.; BEER, T. M.; ARMOUR, A.; PÉREZ-CONTRERAS, W. J.; DESILVIO, M.; KPAMEGAN, E.; GERICKE, G.; MESSMANN, R. A.; MORRIS, M. J.; KRAUSE, B. J. Lutetium-177-PSMA-617 for Metastatic Castration-Resistant Prostate Cancer. *New England Journal of Medicine*, v. 385, n. 12, p. 1091-1103, 2021. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2107322>

SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA NUCLEAR - SBMN. *Diretrizes para terapia com ¹⁷⁷Lu-PSMA*. Rio de Janeiro: SBMN, 2023.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP. *Produção nacional do radiofármaco Lutécio-177*. São Paulo: USP, 2020.

VEDUNG, E. *Public Policy and Program Evaluation*. Uppsala: Uppsala University, 1998.

VEDUNG, E.; PEDONE, L. *Avaliação de políticas públicas e programas governamentais: fundamentos e modelos*. Rio de Janeiro: Luzes, 2021.

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY. *Lutetium-177 production for targeted radionuclide therapy*. [S.l.]: Westinghouse Electric Company, 2020. Disponível em: <https://www.westinghousenuclear.com>. Acesso em: 10 maio 2025.