

## MASERS na Radioastronomia Educacional: Uma Abordagem Introdutória

Carlos Alberto Pereira da Silva (IFPB, Campus João Pessoa).

E-mail: [radioastronomia.educacional@gmail.com](mailto:radioastronomia.educacional@gmail.com).

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.00.00-7 Engenharia Elétrica.

Palavras-chave: microondas; radioastronomia; maser.

### 1. Introdução

O MASER (*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) foi concebido, na década de 50, como um novo tipo de amplificador de micro-ondas baseado na emissão estimulada de radiação, princípio previsto teoricamente por Einstein décadas antes. Sua realização prática ocorreu em 1953, quando Charles H. Townes, James P. Gordon e Herbert J. Zeiger desenvolveram o primeiro dispositivo funcional na Universidade Columbia. Em artigo publicado na *Physical Review*, os autores afirmam: “The maser described here is not only a new type of amplifier but also a new type of frequency standard and microwave spectrometer” (Townes; Gordon; Zeiger, 1955, p. 1264).

O primeiro uso desses dispositivos fora do ambiente de laboratório ocorreu em fevereiro de 1958, quando o *Lincoln Laboratory* do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) tentou refletir sobre ondas de radar no planeta Vênus. Dois meses depois, a Universidade de Columbia, em colaboração com o *Naval Research Laboratory*, realizou medições da radiação de fundo de Vênus e Júpiter (Butrica, 1996).

Entre as contribuições mais notáveis do MASER à ciência está sua participação na descoberta acidental da radiação cósmica de fundo em micro-ondas (CMB), realizada por Arno Penzias e Robert Wilson em 1964. Utilizando um receptor equipado com um MASER de rubi como amplificador de baixo ruído nas instalações da Bell Telephone Laboratories, os pesquisadores detectaram um sinal persistente de fundo, isotrópico, que não pôde ser atribuído a fontes conhecidas ou interferência técnica (PENZIAS; WILSON, 1965). Essa descoberta forneceu evidência observacional decisiva para o modelo do Big Bang e rendeu aos autores o Prêmio Nobel de Física em 1978.

O princípio de funcionamento do MASER baseia-se no processo que ocorre quando uma partícula (como um átomo ou íon) em estado excitado é atingida por um fóton (no caso uma onda de rádio na faixa das microondas) com a mesma energia da transição entre níveis energéticos do sistema. Essa interação provoca a emissão de um segundo fóton, idêntico ao primeiro em frequência, fase e direção. Para que esse processo resulte em amplificação, é necessário criar uma inversão de população, ou seja, uma condição na qual há mais partículas em estado excitado do que no estado fundamental (Elitzur, 1992).

Essa inversão é alcançada por meio de bombeamento energético (Elitzur, 1992), que pode ser óptico, elétrico ou de micro-ondas, dependendo do tipo de MASER. Quando o sinal de micro-ondas atravessa o meio ativo com inversão de população (como um cristal de rubi ou um gás de amônia), ele estimula a emissão de novos fótons coerentes, amplificando o sinal de forma controlada. Esse princípio permite ao MASER operar como um amplificador de baixíssimo ruído, extremamente útil para detectar sinais extremamente tênues da radioastronomia.

Além dos masers artificiais, a natureza também produz masers naturais em diversos ambientes astrofísicos. Esses masers ocorrem quando moléculas específicas, como água (H<sub>2</sub>O), hidroxila (OH) e metanol (CH<sub>3</sub>OH), em nuvens interestelares ou regiões próximas a estrelas jovens, encontram condições físicas favoráveis — como alta densidade, temperaturas adequadas e bombeamento por radiação ou colisões — que provocam a inversão de população. O resultado é a emissão coerente e amplificada de micro-ondas, detectada por radiotelescópios como sinais brilhantes e estreitos no espectro radioastronômico (Elitzur, 1992). O estudo dos masers naturais é fundamental para compreender processos como a formação estelar, dinâmica de nuvens moleculares e a estrutura do meio interestelar.

Os avanços alcançados no campo dos circuitos integrados e microeletrônica fizeram que o uso dos MASERS entrasse em declínio a partir dos anos 70. No final da década, avanços na tecnologia de semicondutores GaAsFET combinadas com tecnologias de resfriamento criogênico tornavam esses amplificadores mais competitivos que os equivalentes paramétricos (Webber, 2002).

O Brazilian Educational Radioastronomy Group (BERG) tem como missão promover a educação científica por meio da radioastronomia, servindo assim de fonte de inspiração para futuros cientistas bem como desmistificando temas de ciência ainda pouco acessíveis à população em geral. Para isso, busca tornar-se referência no campo da radioastronomia educacional explorando todos os seus possíveis desdobramentos práticos.

O Projeto “Radioastronomia no Tempo” tem como objetivo produzir uma revisão histórica das personalidades e tecnologias que conduziram esse ramo da astronomia até os dias atuais. Como parte desse esforço, o tema dos MASERS foi escolhido em função da ausência de trabalhos que utilizem essa tecnologia dentro do contexto da radioastronomia educacional. Este trabalho de revisão também busca subsidiar a produção futura de um artigo completo abordando a história da radioastronomia no Brasil, onde os MASERS aparecem como elementos importantes para as primeiras pesquisas realizadas no país.

## 2. Materiais e métodos

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa com ênfase em revisão bibliográfica sistematizada, articulando aspectos históricos, técnicos e educacionais relacionados aos MASERs no contexto da radioastronomia. Foram selecionadas fontes científicas por meio de busca em bases acadêmicas amplamente reconhecidas, como: Web of Science, Scopus, Scientific (SciELO), Google Scholar, Education Resources Information Center (ERIC), Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

A pesquisa concentrou-se no período de 2000 a 2025, com o objetivo de identificar o estado da arte da presença (ou ausência) de materiais educacionais voltados ao ensino de MASERs na radioastronomia. Complementarmente, foram incluídas fontes históricas, como os artigos de Penzias e Wilson (1965) e Townes (1955), além de obras técnicas clássicas (Elitzur, 1992; Butrica, 1996). Os critérios de seleção incluíram: (a) pertinência ao tema (MASERs, radioastronomia, ensino de ciências) e (b) relevância educacional ou tecnológica.

Para análise do material, empregou-se uma abordagem exploratória de levantamento do estado da arte com análise de conteúdo descritiva, focando na identificação de lacunas educacionais, ausência de recursos didáticos e potenciais caminhos para aplicação pedagógica.

Como desdobramento futuro, pretende-se utilizar os resultados desta revisão para fundamentar o desenvolvimento e a validação de um simulador didático de MASER no âmbito do projeto ERAS (Educational Radio Astronomy System). A validação deverá ocorrer por meio de oficinas e testes com estudantes do ensino médio em ambientes formais e não formais de aprendizagem.

## 3. Resultados e discussão

A proposta do grupo de pesquisa independente BERG (Brazilian Educational Radioastronomy Group) é desenvolver soluções educacionais que desmistifiquem temas complexos da radioastronomia, favorecendo sua apropriação por estudantes e professores da educação básica (Fundamental e Médio). A pesquisa histórica sobre a radioastronomia tem se mostrado uma ferramenta inspiradora, permitindo reconstruir o percurso de descobertas científicas e compreender os fundamentos tecnológicos por trás de instrumentos como os MASERs.

Na investigação realizada em bases de dados acadêmicas e educacionais reconhecidas — Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES), Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Web of Science, Google Scholar e Education Resources Information Center (ERIC) —, no período de 2000 a 2025, não foram encontrados materiais ou soluções educacionais específicas voltadas ao ensino dos MASERs no contexto da radioastronomia. Foram utilizados termos-chave como “maser”, “radioastronomia”, “ensino”, “educação científica” e “material didático”, em português e inglês.

Nos textos clássicos sobre radioastronomia e instrumentação, os MASERs são tratados de forma altamente técnica, tornando o conteúdo pouco acessível ao público não especializado. Além disso, observa-se a inexistência de simuladores ou recursos visuais que auxiliem na compreensão dos princípios físicos envolvidos nessa tecnologia. As propostas educacionais atuais concentram-se majoritariamente na construção de radiotelescópios baseados em SDRs (Software Defined Radios), deixando de lado conceitos igualmente relevantes como filtros, conversores e amplificadores — especialmente os de baixo ruído, como os MASERs.

Neste cenário, propõe-se a criação de um simulador didático que represente os principais elementos de um amplificador MASER tradicional: o meio ativo, a cavidade ressonante, o sistema de bombeamento, o isolador e o sistema de refrigeração. Esse simulador, em desenvolvimento pelo BERG como parte do projeto ERAS (Educational Radio Astronomy System), visa tornar tangíveis os processos físicos da emissão estimulada e da amplificação coerente de micro-ondas, aproximando a física contemporânea da realidade escolar.

A implementação desse tipo de recurso se insere dentro de uma abordagem STEAM, que valoriza a integração entre ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática. Como demonstrado por Filipe, Baptista e Conceição (2024), a aplicação de sequências pedagógicas STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), envolvendo produção multimídia e atividades interdisciplinares, contribui significativamente para o desenvolvimento da criatividade, das competências digitais e do engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem científica. Tais evidências reforçam a relevância de utilizar tecnologias educacionais inovadoras — como simuladores — para favorecer o aprendizado ativo e contextualizado.

## 4. Considerações finais

A radioastronomia sempre foi uma área de nicho para aqueles que se aventuravam em construir radiotelescópios e tentar, assim como astronomia amadora, contribuir para a ciência. Muito disso se deve as dificuldades de acesso, tanto de materiais quanto de conhecimento técnico, para a construção desses dispositivos. Equipamentos complexos como MASERs passavam quase como ficção científica para a população em geral.

A tecnologia MASERs foi fundamental para as descobertas realizadas no campo da radioastronomia entre o fim

dos anos 50 e meados dos anos 80. Além disso, compreender a história dos MASERs permite acompanhar como a radioastronomia brasileira obteve alguns dos seus primeiros resultados relevantes com as pesquisas que foram realizadas principalmente no Radio Observatório de Atibaia nos anos 70 e 80, campo também inexplorado pelos artigos científicos de cunho histórico.

A construção de MASERs reais em nível educacional ainda mostra-se um obstáculo prático intrasponível, porém os recursos atuais disponíveis permitem explorar diversas soluções, que vão desde simuladores que usem microcontroladores, como Arduino ou ESP32, até o uso de realidade virtual ou mesmo jogos como maneiras de contornar essas limitações permitindo uma viabilidade pedagógica do tema em sala de aula.

Esse cenário abre espaço para a criação de recursos didáticos que explorem linguagens contemporâneas da educação científica, como as metodologias ativas e os princípios da abordagem STEAM, favorecendo um diálogo mais significativo entre conteúdos de física/radioastronomia e a prática educativa.

O grupo BERG tem realizado, dentro de sua ainda breve história (início das atividades em setembro de 2024) uma série de ações ligadas à radioastronomia educacional o que inclui 3 oficinas todas fazendo o uso de metodologias ativas de ensino. O projeto de um simulador de amplificador MASER, encontra-se em fase de elaboração e validação técnica, integrando iniciativas ainda inéditas no contexto educacional da radioastronomia e que serão oportunamente apresentada em espaços dedicados à discussão de inovações educacionais.

### Referências

- BUTRICA, A. J. To See the Unseen: A History of Planetary Radar Astronomy. Washington, D.C.: NASA History Office, 1996. (NASA SP-4218).
- ELITZUR, M. Astronomical Masers. Dordrecht: Springer, 1992.
- FILIFE, M.; BAPTISTA, J.; CONCEIÇÃO, T. Integrated STEAM Education for Students' Creativity Development. Education Sciences, v. 14, n. 6, p. 676, 2024. DOI: 10.3390/educsci14060676.
- PENZIAs, A. A.; WILSON, R. W. A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s. *Astrophysical Journal*, v. 142, p. 419–421, 1965. DOI: 10.1086/148307
- TOWNES, C. H.; GORDON, J. P.; ZEIGER, H. J. The maser: new type of microwave amplifier, frequency standard, and spectrometer. *Physical Review*, v. 99, n. 4, p. 1264–1274, 15 ago. 1955. DOI: [10.1103/PhysRev.99.1264](https://doi.org/10.1103/PhysRev.99.1264).
- WEBBER, J. C.; POSPIESZALSKI, M. W. Microwave Instrumentation for Radio Astronomy. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, v. 50, n. 3, p. 986–995, mar. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1109/22.989982>.