

USO DA FURTIVIDADE NOS MEIOS DE SUPERFÍCIE

Use of stealth on surface warships

Willian Ferro de Oliveira Melo¹, Gelza de Moura Barbosa²,
Roberto da Costa Lima³ 

Resumo: Fruto do avanço tecnológico, os conflitos armados têm sofrido profundas transformações ao longo da história. Por ser um padrão recorrente, tal fato impulsiona o surgimento de novas tecnologias que sempre se contrapõem às anteriores. No âmbito da Guerra Eletrônica, o surgimento do radar foi um dos fatores preponderantes para a chegada da tecnologia *stealth*, que, apesar de ser consideravelmente antiga, em muitos aspectos ainda é significativamente profícua e, portanto, conveniente de ser empregada nas Forças Armadas Brasileiras. Dessa forma, este artigo propõe aventar um conceito geral sobre a influência do *design* geométrico e da aplicação de materiais absorvedores de radiação eletromagnética para a diminuição da seção reta radar e a consequente melhora da furtividade de um meio de superfície.

Palavras-chave: Materiais absorvedores de radiação eletromagnética. Furtividade. Meios de superfície. Guerra eletrônica. Marinha do Brasil.

Abstract: As a result of technological advances, armed conflicts have suffered profound changes throughout history. As it is a recurring pattern, this fact boosts the emergence of new technologies that always oppose the previous ones. Within the scope of Electronic Warfare, the emergence of radar was one of the preponderant factors for the stealth technology arrival, which despite being considerably old, in many ways is still significantly fruitful and, therefore, convenient to be used in the Brazilian Armed Forces. In this way, this article proposed a general concept about the influence of geometric design and the application of RAM for the reduction of RCS and consequent improvement of the stealth of a surface ship.

Keywords: Radar absorbing materials. Stealth. Surface ships. Electronic warfare. Brazilian Navy.

1. Ajudante da Primeira Divisão na Corveta Júlio de Noronha (V32), Rio de Janeiro, RJ - Brasil. E-mail: willian.ferro@marinha.mil.br

2. Membro da Sociedade Brasileira de Microondas e Optoeletrônica (SBMO), Rio de Janeiro, RJ - Brasil. E-mail: gelzab@yahoo.com.br

3. Encarregado da Divisão de Cerâmicas Avançadas do Grupo de Tecnologia de Materiais no Instituto de Pesquisas da Marinha, Rio de Janeiro, RJ - Brasil. E-mail: costalima.roberto@marinha.mil.br

1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores vantagens da tecnologia *stealth* é aumentar a capacidade de sobrevivência de um meio e, com isso, permitir sua operação em regiões consideravelmente sensíveis (áreas de ameaça).

Segundo Filippo Neri (2017), a melhor prevenção para uma resposta perigosa é evitar a detecção. Além disso, a posse de tecnologias militares de ponta é um fator fundamental para a salvaguarda da soberania nacional.

O livro de Sun Tzu (544–496 a.C.), traduzido para o português como *A arte da guerra* (2017), ensina-nos que “a suprema arte da guerra é derrotar o inimigo sem lutar”, ou seja, estar com a tecnologia militar atualizada é algo essencial para evitar uma guerra e, mesmo não sendo possível impedir o conflito, a nação detentora dessa tecnologia já se encontrará preparada para o combate.

Destarte, no mundo moderno, a ampla e rápida evolução tecnológica resultou em interminável busca pela supremacia do poderio militar. O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de novas armas estratégicas supõem uma infinita “corrida armamentista”, pois esse armamento, caso se torne eficiente, será traduzido em superioridade e aumento de poder coercitivo por parte das potências detentoras dessas tecnologias inovadoras.

Tratando-se do surgimento e do desenvolvimento, cada vez mais acelerado, dos sistemas de radar, o pensamento de “se esconder” tornou-se cada vez mais comum em diversas partes do espectro eletromagnético. Por esse motivo, equipamentos e meios militares atualmente têm levado em consideração o princípio da “baixa observação” (*low-observable*) na tentativa de tornarem-se discretos em todos os aspectos, por meio da redução da acústica, emissões de rádio, radar e infravermelho, bem como da região óptica (MCGILLVRAY, 1994). Essa técnica de discrição é também conhecida como *stealth*.

2. OBJETIVOS

A Marinha do Brasil (MB) deve estar sempre preparada para executar as missões que lhe forem atribuídas. Durante as ações de presença no exterior, mesmo com poucos combatentes de superfície, deve-se evidenciar o compromisso com os aliados e com a manutenção da paz. Para que ela seja

eficaz, seu potencial militar deve ser claro aos adversários, de maneira que suas forças, apesar de menores, representem-lhes uma ameaça.

Sabendo disso, um meio *stealth* possui a capacidade de operar com mais segurança em regiões do mundo consideradas sensíveis. No caso de sua aplicação em navios de guerra, o grande objetivo é oferecer a esses meios vantagem defensiva, principalmente contra os mísseis de cruzeiro. Apesar de não ser mais tão eficaz quanto era antigamente, em consequência do grande desenvolvimento dos métodos de detecção, essa tecnologia ainda oferece um grau maior de proteção aos meios navais e, ao ser combinada com *Decoys* ou *Chaffs*, eleva o potencial de defesa contra os atuais armamentos de inúmeras Forças Navais pelo mundo.

Atualmente as grandes nações percebem o *stealth* como um fator primordial na incorporação de seus projetos militares, o que se pode notar pelo *design* geométrico de seus meios, sempre com uma arquitetura de aparência moderna e que permite a camuflagem aos “olhos” do radar.

Assim, este artigo tem como objetivo mostrar a aplicabilidade dessa tecnologia furtiva, evidenciando sua eficácia quando aplicada nos meios navais.

3. METODOLOGIA

Este estudo, quanto a sua abordagem, baseia-se essencialmente em pesquisa quali-quantitativa. O autor também realizou uma entrevista com o encarregado da Divisão de Cerâmicas Avançadas do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), com a finalidade de ressaltar as pesquisas realizadas pela Organização Militar (OM) e suas intenções de projetos relacionados à tecnologia *stealth*.

Além disso, o trabalho fundamenta-se em uma pesquisa exploratória, buscando assim melhor familiaridade com o tema, dada a escassa existência de publicações no Brasil e no exterior.

De natureza básica, a pesquisa procurou expor os conhecimentos de maneira a gerar interesse para os avanços sobre o tema proposto. Por meio das verdades que assolam o universo em questão, o trabalho aprofundou-se em temáticas condizentes com possíveis interesses para a MB, de forma a expor um leque de possibilidades de aplicação da tecnologia para os meios navais.

4. RESULTADOS

A busca por formas e materiais que reduzam os valores da seção reta radar (RCS) tornou real a construção de meios navais e aeronavais pouco observáveis (*low-observable*). Entretanto, o principal objetivo da tarefa não é tornar os meios invisíveis, mas quantificar e minimizar as principais áreas de retorno do radar. Não importa a forma que ela tenha, a fuselagem sempre refletirá as ondas do radar. A única diferença que esse formato irá trazer são as direções que o sinal refletido tomará. Embora isso possa ser suficiente na maioria das situações, o adversário pode, por meio de uma rede de radar muito complexa, iluminar uma plataforma furtiva de diferentes ângulos para obter sua detecção. Por isso, como a modelagem exclusiva para redirecionar a onda do radar, os meios furtivos geralmente são revestidos por uma tinta ou *radar-absorbing material* (RAM) (AIRCRAFT 101, 2016).

Também conhecidos como materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE), esses materiais são constituídos por compostos que, de acordo com sua impedância, absorvem as ondas eletromagnéticas. A energia absorvida é dissipada em forma de calor por meio de mecanismos internos, como os dielétricos de condutividade finita e os magnéticos como a ferrita. Com isso, elimina-se a maior parte da energia que seria refletida (BARBOZA, 2016).

“As ferritas podem ser consideradas como os ‘centros de absorção’ de radiação eletromagnética mais antigos e mais utilizados na tecnologia de processamento de MARE” (SILVA et al., 2009, p. 256). Segundo Lima (2007), elas não devem ser substituídas por outro material magnético, pois apresentam como vantagem o fato de serem relativamente baratas, quimicamente estáveis e com uma enorme gama de aplicações tecnológicas. Esses materiais podem ser obtidos sob forma de pigmentos para a fabricação de tintas.

Quando se trata da aplicação da tecnologia *stealth* em navios de guerra, o objetivo principal é tornar os pontos de detecção da embarcação no radar menores do que o de uma nuvem de *chaff*; isto é, fazer com que sejam menos suscetíveis a mísseis com radares ativos. Difere, portanto, de seu uso na aviação, em que o objetivo é fazer, na medida do possível, a aeronave “desaparecer”. Além do mais, por causa das leis da física, não seria possível fazer um grande meio de superfície “sumir”, mesmo alterando-se radicalmente seu *design* ou aplicando-se as mais modernas formas de MARE.

Um estudo publicado em um artigo da *U.S. Naval War College Review* (MCGILLVRAY, 1994) mostra claramente, por meio da Figura 1, como a implementação de técnicas de furtividade aumenta a capacidade de sobrevivência de um meio de superfície.

No exemplo, uma Fragata com RCS de aproximadamente 44 dBsm (25.000 m²), ao receber um processo de pintura com tintas absorvedoras de baixo desempenho, poderá ter sua RCS reduzida para 41 dBsm (12.500 m²), e caso sejam aplicados outros tipos de MARE esse valor poderá chegar a 38 dBsm (6.300 m²).

Já a plataforma que concilia um *design* moderno com a aplicação dos materiais absorvedores em sua fuselagem pode ter sua RCS reduzida para 28 dBsm (600 m²), o que tornaria a embarcação menos detectável que uma nuvem de *chaff* (2.000 m²).

Na figura também é possível verificar a comparação entre diversos valores de RCS medidos em m² e dBsm (MCGILLVRAY, 1994).

Diante da modernização de sensores e armamentos, o atual estado da arte da arquitetura naval tem sido voltado para as discrições eletromagnéticas. Dessa forma, tem sido cada vez mais comum observar, nas grandes Marinhas, belonaves com *design* elaborado para a diminuição de sua RCS. Essa alteração reduz a necessidade de aplicação dos materiais antirradiação em sua superestrutura, além de tornar o navio mais leve.

Os navios mais antigos que porventura não apresentam fuselagem favorável a sua discrição restringem-se amplamente à aplicação de MARE. Esse método possibilita maior absorção e menor reflexão das ondas eletromagnéticas incidentes, obtendo desse modo a vantagem de tornar o meio detectável apenas a curtas distâncias. Nesse sentido, o desenvolvimento de novas variedades de materiais absorventes de ondas radar tem se tornado cada vez mais eficaz, já incluindo características de supressão infravermelha (IR).

Em resumo, uma RCS reduzida para um navio munido com equipamentos de contramedida eletrônica (CME) torna-se particularmente vantajosa. Quando um míssil é “jammeado” (sofre interferências) por meio de uma CME (de outro meio adversário), existe uma distância de *burn-through*, na qual a energia do radar refletida de volta para o míssil supera a potência do sistema interferente (*jammer*). Assim, naquele ponto, a CME torna-se ineficaz, pois o míssil é capaz de detectar o alvo. Com a utilização do *stealth*, menos energia oriunda do radar inimigo é refletida, tornando o bloqueador de bordo

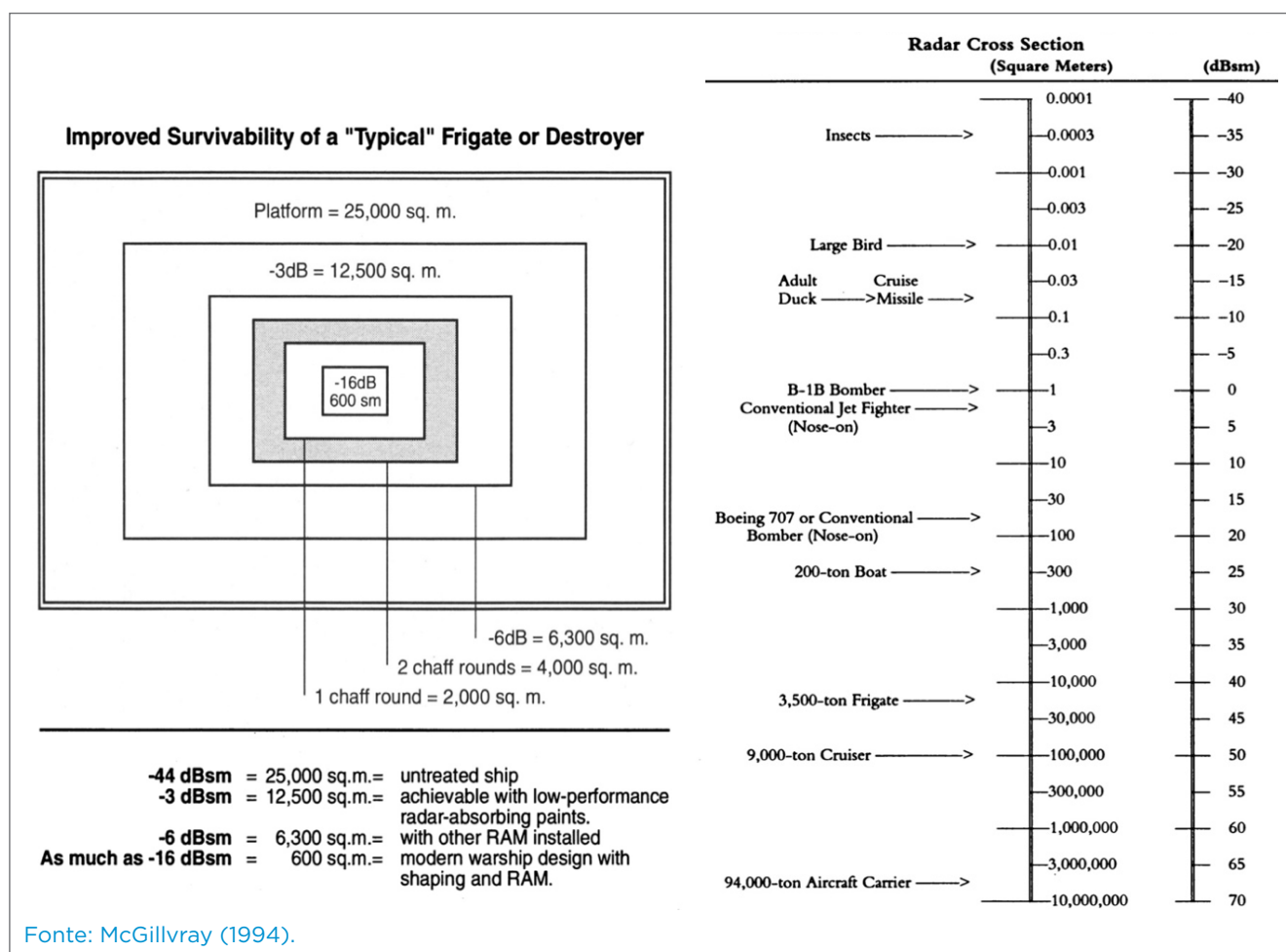


Figura 1. Aplicação do *stealth* em uma Fragata/Destroyer.

mais eficaz, e com isso a distância de *burn-through* é reduzida para próximo do navio, o que oferece menos tempo e área de manobra para o míssil (MCGILLVRAY, 1994).

Além disso, à medida que a dependência por sistemas eletrônicos aumenta, surge a necessidade de instalação de uma variedade de antenas com propostas e serviços distintos. Quando essa necessidade se combina com o espaço extremamente restrito de um navio, diversos problemas são gerados, como a disposição por locais para suas instalações e perturbações geradas pelos próprios sensores (AGARWALA, 2015). Materiais como balastrada, estruturas do mastro e outros acessórios do convés também podem causar interferência nas antenas.

Dessa forma, o tratamento com MARE melhora o desempenho dos receptores do radar, reduzindo o efeito de reflexões múltiplas (LIMA; FALCO, 2018). Ademais, uma questão de caráter dual poderia ser vista como estratégia para aperfeiçoar

o setor de defesa, pois, ao mesmo tempo que uma tecnologia é desenvolvida para atender às demandas militares, ela pode incentivar uma inovação no setor civil (PESCE, 2019).

Uma demanda da área civil por tecnologias militares seria um ótimo estímulo para que empresas privadas investissem no desenvolvimento dessa dualidade, o que beneficiaria ambas as partes.

Citam-se como exemplos de aplicação da MARE no setor civil as áreas: de telecomunicação, no revestimento de aparelhos celulares e antenas de radiotransmissão; médica, no revestimento de marcapassos; eletrônica, no revestimento de câmaras anecoicas utilizadas em setores de pesquisa e controles industriais; de eletrodomésticos em geral, na blindagem eletromagnética e no controle de interferências; entre outras.

Entretanto, apesar de seus benefícios, a tecnologia *stealth* para os navios não pode ser considerada uma panaceia.

A detecção reduzida pode ser um risco à segurança do meio perante as manobras quando em situações de baixa visibilidade, principalmente em locais com elevado número de tráfegos. Para tal perniciosa, poderão ser utilizados refletores portáteis, um repetidor eletrônico ou um intensificador de *blip* para fornecer uma RCS maior.

O tratamento com MARE também pode ser visto como um problema por elevar o peso da aeronave acima de seu centro de gravidade, fato que afeta negativamente sua estabilidade e capacidade de navegação (MCGILLVRAY, 1994). Para contornar esse desafio, os centros de pesquisa do mundo moderno buscam novos materiais (mais leves) e tecnologias para o desenvolvimento de MARE, como por exemplo: utilização de compósitos com fibras de carbono, nanotubos de carbono, grafeno, metamateriais etc.

Atuando na área de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de forma a obter soluções tecnológicas de ponta para a Defesa Nacional, o Grupo de Tecnologia de Materiais (GTM) do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) desenvolveu uma tinta absorvedora de micro-ondas desde o início dos anos 1990.

Concluído em 2003, o projeto TAM X foi realizado em parceria com a Avibras — o IPqM desenvolveu o pigmento antirradar e a Avibras foi responsável por transformá-lo em tinta. Além disso, o projeto foi realizado em conjunto com a Diretoria de Engenharia Naval (DEN) para que fosse possível, no fim de todo o processo, a utilização do produto pela MB.

Nesse contexto, os testes laboratoriais constataram, ao longo de toda a banda X (8,2 a 12,4 GHz), um poder de absorção superior a 90%. Em 9 GHz esse valor chega a 99,97%, e para o restante da faixa foi observada uma absorção mínima de 68% (LIMA; FALCO, 2018).

Somado aos ensaios em laboratório e câmara anecoica, foi realizado um teste operativo com a finalidade de comprovar sua eficácia na prática. A atividade envolveu o submarino Tapajó da Classe Tupi e uma aeronave Super-Linx, configurada com radar Sea-spray 3000.

Durante o evento, foi realizada uma comparação entre dois mastros de periscópio, um revestido com a tinta absorvedora e outro sem o revestimento. Como resultado, para o mastro não revestido, a detecção radar variou entre 4 e 7 milhas; já para o outro não foi possível obter a localização pelo radar. A estrutura pintada só foi encontrada visualmente à distância aproximada de 400 jardas (LIMA; FALCO, 2018).

Para além disso, em um projeto financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) no ano de 2009, o IPqM desenvolveu, em parceria com a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), um material absorvedor veiculado em um elastômero, o que resultou em cinco composições que, segundo o instituto, apresentaram bons resultados em termos de absorção da radiação eletromagnética.

Essas cinco placas absorvedoras poderão ser empregadas para a discriminação radar em embarcações, tendo como vantagem a possível utilização do material em forma adesivada e já na espessura de trabalho ideal, ao contrário das tintas que necessitam de uma quantidade específica de demãos para que a absorção da energia eletromagnética seja eficaz. O ideal seria utilizar a tinta absorvedora em superfícies mais arredondadas e as placas em superestruturas planas.

5. CONCLUSÕES

É sabido que instituições militares como o IPqM, o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), o Instituto de Estudos Avançados (IEAv), o Centro Tecnológico do Exército (CTEx) e o Instituto Militar de Engenharia (IME) realizam trabalhos de pesquisa e desenvolvimento na área de materiais absorvedores de radiação eletromagnética, mas, a despeito disso, existe um imenso caminho que deve ser trilhado no que tange ao desenvolvimento de novas técnicas e materiais furtivos.

No estado da arte da pesquisa e desenvolvimento de materiais empregados na tecnologia *stealth*, encontram-se os metamateriais que, diferentemente dos MARE, são materiais absorvedores desenvolvidos artificialmente de forma a apresentar propriedades específicas não encontradas na natureza (WATTS; LIU; PADILLA, 2012).

Ademais, os dias dos navios de guerra ainda não terminaram. O oceano desempenha papéis fundamentais para a humanidade, cabendo à Marinha zelar pela segurança e preservação de suas riquezas. O transporte marítimo hoje movimenta cerca de 80% do comércio mundial, o que justifica a importância de conservar esse controle.

Até que as nações parem de utilizar os mares como atividade de sobrevivência ou mesmo que não tenham mais a intenção de projetar seu poder além de suas fronteiras, os meios de superfície serão de fundamental utilidade para a manutenção da soberania nacional.

A tecnologia *stealth*, dessa forma, corrobora sobremaneira a oferta de maior proteção a um grande número de combatentes. Mesmo com altos custos envolvidos, as grandes nações não se furtam a empregar recursos financeiros para sua pesquisa e aplicação. Dessa forma, apresentam uma Marinha mais preparada e modernizada.

No entanto, é importante mencionar que a Guerra Eletrônica necessita passar frequentemente por revisões,

em face da constante evolução tecnológica que acarreta um impulsionamento frequente para tentar superar a tecnologia que se encontra em vanguarda.

Por não ser possível prever tais acontecimentos, torna-se extremamente necessário o investimento em P&D, para que assim se busque maior autonomia no setor de defesa e, conseqüentemente, maior independência perante as grandes potências detentoras das tecnologias de ponta.

REFERÊNCIAS

- AGARWALA, N. Integrated masts – The next generation design for naval masts. *Defencyclopedia*, 28 ago. 2015. Disponível em: <https://defencyclopedia.com/2015/08/28/integrated-masts-the-next-generation-design-for-naval-masts/>. Acesso em: 9 abr. 2022.
- AIRCRAFT 101. RF-IR Stealth (Techniques/Benefits). *Aircraft 101*, 4 mar. 2016. Disponível em: <https://basicsaboutaerodynamicsandavionics.wordpress.com/2016/03/04/stealth-techniques-and-benefits/>. Acesso em: 18 mar. 2022.
- BARBOZA, T. Princípios da tecnologia Stealth. *Revista Marítima Brasileira*, v. 136, n. 10/12, p. 59-72, out./jun. 2016.
- LIMA, R.; FALCO, A. P. Instituto Nacional de Pesquisa da Marinha pioneiro nacional na técnica de invisibilidade. *O Periscópio*, v. 69, n. 69, p. 40-43, 31 out. 2018.
- LIMA, R. da C. *Propriedades absorvedoras de microondas de compósitos epoxídicos de γ -hexaferritas de bário obtidas pelo método de combustão do gel de citrato*. 2007. 181f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- MCGILLVRAY, J. Stealth Technology in Surface Warships. *U.S. Naval War College Review*, v. 47, n. 4, p. 28-39, 1994.
- NERI, F. *Introduction to electronic defense systems*. 3. ed. Estados Unidos: Artech House, 2018. 760 p.
- PESCE, G. *O desenvolvimento de tecnologias de caráter dual pela indústria de defesa brasileira: desafios e oportunidades para a marinha brasileira: a importância estratégica de uma política de uso dual na indústria de defesa brasileira, seus desafios e suas oportunidades para a Marinha do Brasil (MB)*. 2019. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Política e Estratégia Marítimas) – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2019.
- SILVA, V. A. da; PEREIRA, J. J.; NOHARA, E. L.; REZENDE, M. C. Comportamento eletromagnético de materiais absorvedores de micro-ondas baseados em hexaferrita de Ca modificada com íons CoTi e dopada com La. *Journal of Aerospace Technology and Management*, v. 1, n. 2, p. 255-263, 6 nov. 2009. <https://doi.org/10.5028/jatm.2009.0102255263>
- TZU, S. *A arte da guerra: os treze capítulos originais*. [S. l.]: Jardim dos Livros, 2017. 128 p.
- WATTS, C. M.; LIU, X.; PADILLA, W. J. Metamaterial electromagnetic wave absorbers. *Advanced Materials*, v. 24, n. 23, p. OP98-OP120, jun. 2012. <https://doi.org/10.1002/adma.201200674>