



## Otimização do Desempenho de Antenas de Microfita por Meio de Alterações Estruturais para Aplicações UWB

Adelson Menezes Lima<sup>1</sup>, Náthalee Cavalcanti de Almeida Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Pau dos Ferros, Brasil  
(adelsonmlima@ufersa.edu.br)

<sup>2</sup>UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Pau dos Ferros, Brasil

**Resumo:** Neste artigo, apresenta o desenvolvimento de um projeto da antena de microfita (AMA), para operar inicialmente em 2,45 GHz. Em seguida, alterações estruturais no elemento radiante (*patch*) e no plano de terra foram realizadas para verificar impacto no desempenho das antenas. As antenas após as modificações passaram a ter características de aplicações de banda ultralarga (UWB). Inicialmente foi desenvolvida a AMA padrão, seguida da AMA com alterações no *patch* e plano de terra e, por último, a AMA proposta com as alterações citadas e com uma fenda na linha de alimentação. Diante disso, foi verificado que as alterações estruturais tiveram impactos no desempenho da AMA, em que resultando em um melhor desempenho na largura de banda (LB) e no coeficiente de reflexão ( $S_{11}$ ). Os resultados simulados das AMAs foram comparados, demonstrando uma boa correlação entre as alterações e os seus desempenhos.

**Palavras-chave:** Antena de microfita; Truncado; Fenda; UWB; Simulação computacional

### INTRODUÇÃO

No contexto dos sistemas de comunicações, a antena de microfita (AMA) é um elemento muito popular e, por ser um tipo de antena que opera na faixa de frequência de micro-ondas (Balanis, 2005). Construtivamente, a AMA é composta por um elemento irradiante, geralmente feito de material condutor tipo cobre, montado sobre um material dielétrico (substrato), além de possuir um plano de terra de material condutor de cobre. Elas podem ser fabricadas e impressas diretamente em placas de circuito impresso (PCB) de dupla face, obtendo uma espessura fina. O elemento radiante da AMA, também conhecido como *patch*, geralmente apresenta uma forma geométrica retangular ou circular, devido a sua facilidade construtiva e de modelagem. Entretanto, diversas formas geométricas podem ser utilizadas, conforme as necessidades específicas e dos requisitos de cada projeto (Balanis, 2005), (Lima, 2020), (Sena, 2018), (Silva, 2018), (Silva et al. 2025) e (Souza, 2020).

Por ser uma antena construtivamente simples e de baixo custo de produção, torna-se adequada para produção em grande escala. Além disso, é um dos modelos mais utilizados nos sistemas de comunicação, devido à sua leveza e facilidade de integração em diversos dispositivos. Todas estas características são vantajosas para este modelo de AMA (Balanis, 2005), (Lima, 2020), (Sena, 2018), (Silva, 2018), (Silva et al. 2025) e (Souza, 2020).

Nos sistemas de comunicação modernos, as AMAs são utilizadas particularmente em aplicações médicas, telemetria, telefones celulares, *tablets*, dispositivos GPS, sistemas de satélite, redes Wi-Fi, identificação por radiofrequência (RFID), aeronaves tripuladas e não tripuladas, equipamentos civis e militares. (Balanis, 2005), (Islam et al., 2013), (Leite et al., 2005), (Sena, 2018) e (Silva et al., 2025).

No entanto, desvantagens também são características das AMAs, pois estas apresentam algumas limitações e desafios estudados até os dias atuais, tais como: menor largura de banda, baixa eficiência, baixo ganho e a influência das ondas de superfície (EM) ocasionadas no substrato. (Balanis, 2005), (Islam et al., 2013), (Lima, 2020), (Sena, 2018), (Silva, 2018), (Silva et al. 2025) e (Souza, 2020).

Mesmo com essas desvantagens, estudos avançados têm apresentado algumas soluções, como novos materiais e novas técnicas de projeto. Nos materiais, o uso de metamateriais e metasuperfícies é uma delas, pois são materiais não encontrados na natureza e conseguem alterar as características eletromagnéticas do meio (Lima, 2020) e (Silva, 2018). Dessa forma, melhoram significativamente o desempenho das AMAs, tornando-as uma escolha preferencial em muitas aplicações de comunicação sem fio (Balanis, 2005), (Islam et al., 2013), (Lima, 2020), (Silva, 2018) e (Silva et al. 2025).

Em relação a novas técnicas construtivas de projetos, existe a necessidade de que a AMA otimize seus parâmetros, assim como operem em uma largura de

banda maior. Isso se deve à quantidade de equipamentos comerciais nos dias atuais. Conforme Silva et al. (2014), quanto maior a largura de banda, maior a capacidade de transmissão do sistema. Assim, é de interesse da ciência e uma necessidade das novas tecnologias criar AMAs com uma largura de banda ampla, pois esta torna o acesso instantâneo na faixa de frequência de interesse. Para isso, a AMA pode ser modificada parcialmente com a aplicação de técnicas de alargamento de banda (Silva, 2014a) e (Santos et al., 2014b).

Estudos comprovam que é possível a AMA com a alteração nos materiais dielétricos que a compõem, a inserção de elementos parasitas, redes de casamento de impedância, cortes ou fendas como elementos parasitas no formato do *patch*, como o anel anular, o anel retangular, o *patch* de quarto de onda, a fenda em U, técnicas de inserção de *patches* parasitas, como a de multirressonadores planares e de multicamadas, entre outros (Silva, 2014a). Os cortes ou fendas referem-se à retirada do material metálico.

Além disso, a utilização de um plano de terra truncado é uma técnica simples e eficaz para aumentar a largura de banda. Tal método é empregado para aplicações UWB (Ultra Wideband ou Banda Larga). O método consiste em alterar ou reduzir área do plano de terra, o que reduz a componente reativa (capacitiva) e melhora o casamento de impedância, proporcionando uma banda larga maior (Silva, 2014a). Como princípio, a tecnologia UWB que é de curto alcance, trabalha com uma faixa de 3,1 GHz a 10,6 GHz, conforme determinam os requisitos da *Federal Communication Commission* (FCC) para produção comercial (Santos et al., 2014) e (Silva, 2014a).

Portanto, o presente artigo analisou uma antena de microfita padrão com alterações estruturais no *patch*, linha de alimentação e no plano de terra para uma aplicação UWB. Tais alterações demonstraram uma otimização dos parâmetros, promovendo uma transição de uma banda estreita para uma banda larga, assim como reduzindo o coeficiente de reflexão. Os resultados computacionais foram analisados utilizando o software *ANSYS HFSS*®.

## MATERIAL E MÉTODOS

O fluxograma da Figura 1 apresenta resumidamente o processo realizado para obtenção dos projetos propostos com as AMAs.

Para analisar a proposta final, adotou-se inicialmente como referência a antena padrão utilizada para aplicações em 2,45 GHz, baseado na literatura de (Balanis, 2005) e (Lima, 2020), adotando o material dielétrico (FR4) com constante dielétrica  $\epsilon_r = 4,4$ , tangente de perda  $\tan\delta = 0,02$ , espessura do cobre 0,03 mm e espessura do substrato 1,6 mm. Suas dimensões

são:  $W_p = 38,3$  mm e  $L_p = 29,44$  mm para o *patch*,  $W_g = 55$  mm,  $L_g = 45$  mm para o plano de terra,  $L_o = 7,78$  mm,  $g = 2,03$  mm,  $y_o = 7,78$  mm e  $W_o = 3,06$  mm para a linha de alimentação (Figura 2).

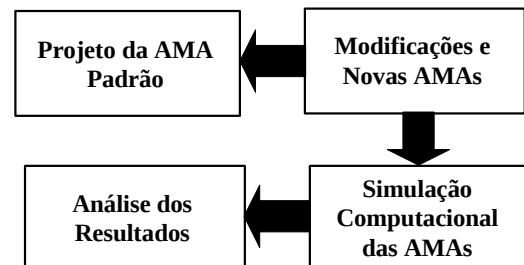


Figura 1. Processo para a análise da proposta.

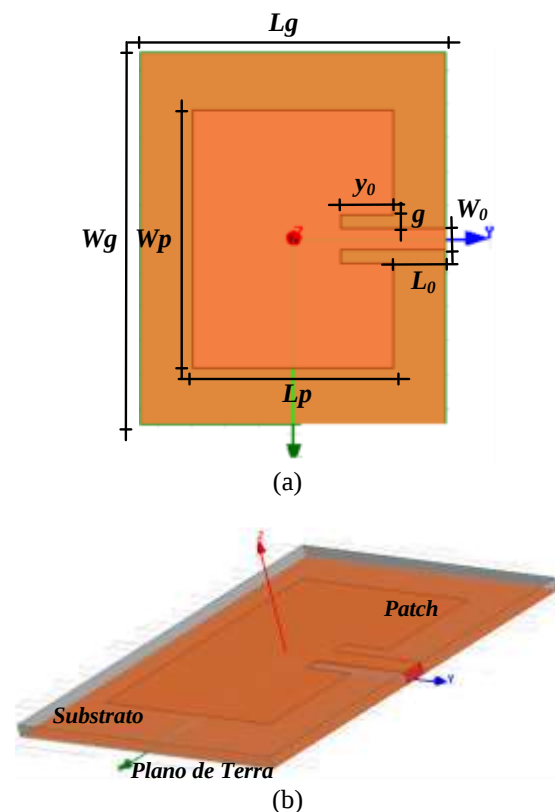


Figura 2. (a) AMA padrão e suas dimensões, (b) Visão 3D da AMA.

Em seguida, a mesma AMA sofreu alterações nas partes metálicas (*patch*, linha de alimentação e plano de terra), enquanto o substrato manteve as dimensões anteriores (Figura 3), conforme em Silva (2018). Desta forma, as dimensões ficaram:  $W_p' = 38$  mm e  $L_p' = 21$  mm para o *patch*,  $W_g' = 55$  mm,  $L_g' = 15,53$  mm para o plano de terra truncado,  $L_o' = 15,45$  mm e  $W_o' = 3,06$  mm para a linha de alimentação.

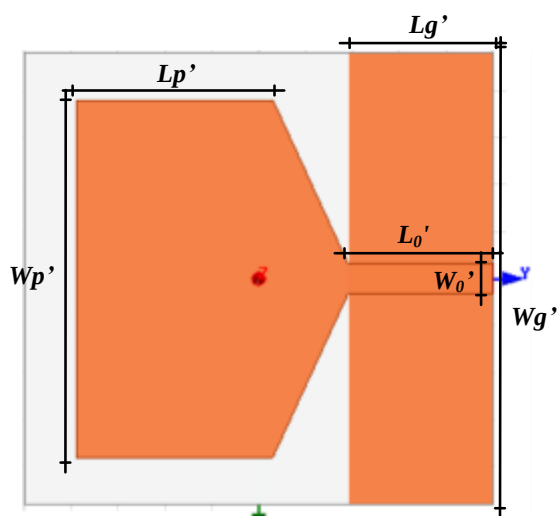


Figura 3. AMA com *patch* chanfrado e plano de terra truncado.

Por fim, a partir do projeto da Figura 3, uma fenda de 1 mm x 12 mm foi inserida na linha de transmissão, sendo mantidas as demais medidas (Figura 4). A fenda é uma técnica que contribui para um melhor desempenho do coeficiente de reflexão ( $S_{11}$ ), de acordo com a literatura (Silva, 2019).

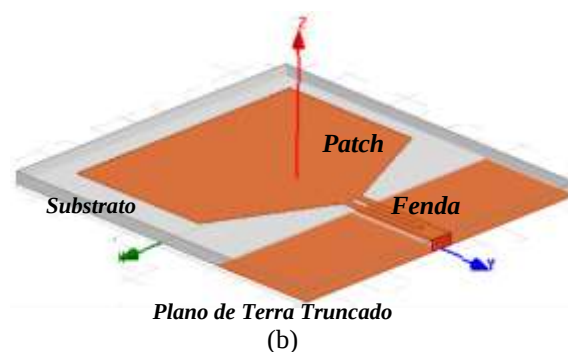
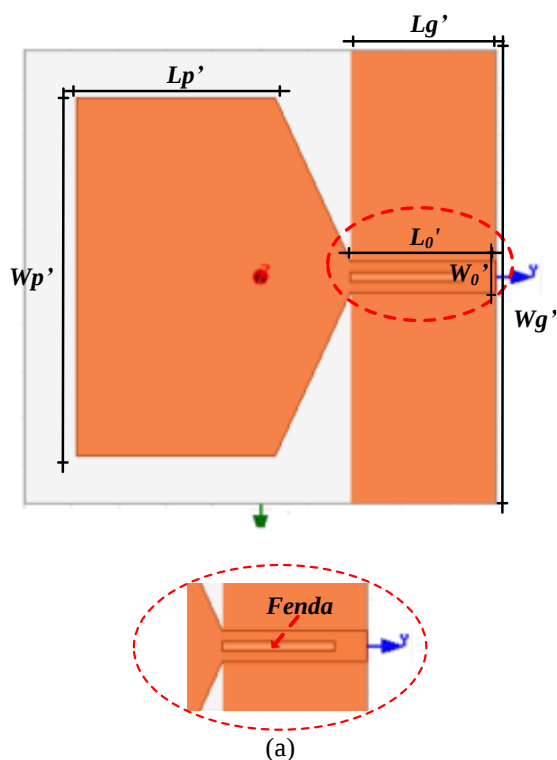


Figura 4. (a) AMA com a inserção da fenda, (b) Visão 3D da AMA com fenda.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para validar o desempenho com as alterações na estrutura da antena de microfita (AMA), foram realizadas simulações computacionais com a antena padrão, com a configuração da AMA de *patch* chanfrado e plano de terra truncado e, por último, a antena contendo as modificações anteriores e inserindo uma fenda na linha de alimentação. Todas as AMAS foram simuladas no *software* ANSYS HFSS®, que utiliza o método dos elementos finitos (MEF). Os resultados foram avaliados para valores dentro da faixa de -10 dB, conforme determina a FCC.

A Figura 5 mostra as curvas do parâmetro  $S_{11}$  para a AMA padrão, em que se observa o modo ressonante principal  $TM_{01}$  em 2,45 GHz. Além disso, verificam-se outros modos de propagação múltiplos e superiores em 3,76 GHz, 4,52 GHz e 4,92 GHz. Estes modos podem ser interessantes quando se quer mais de uma frequência de operação da AMA (Sena, 2018). Entretanto, podem ser um problema, visto que prejudicam a distribuição da radiação na frequência fundamental ( $TM_{01}$ ). Então, é interessante aplicar técnicas para supressão dos modos superiores Sena, 2018) e (Souza, 2020). Quanto à largura de banda (LB) do modo ressonante  $TM_{01}$ , compreende uma faixa de frequência de 50 MHz, que inicia em 2,36 GHz até 2,41 GHz e uma LB fracionada de 2,1%. Dessa forma, verifica-se uma faixa muito estreita (<10% da frequência fundamental) e se tornando um problema, conforme mencionado na introdução e nas literaturas sobre AMAs, pois limita a sua aplicação (Balanis, 2005), (Lima, 2020) e (Sena, 2018).

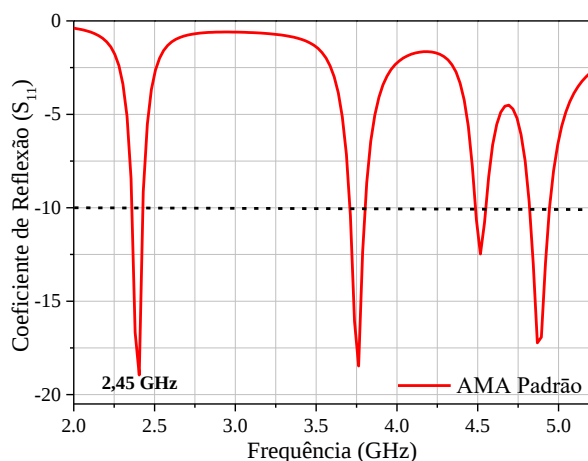


Figura 5. Parâmetro  $S_{11}$  da AMA padrão.

A Figura 6 ilustra o comportamento da densidade linear de corrente no *patch* da AMA padrão, em que se observa o efeito de franjamento. O efeito atinge a as bordas e a linha de alimentação, sendo que a linha tem um impacto maior devido a espessura, implicando na frequência fundamental. Além disso, proporciona a dissipação de energia, reduzindo a eficiência e ganho da AMA.

A Figura 7 apresenta o diagrama de radiação da AMA padrão em 2D, nos planos E e H ( $0^\circ$  e  $90^\circ$ ), em que observa uma radiação, com o feixe principal irradiando perpendicularmente ao plano do *patch* da AMA e nenhuma radiação na direção longitudinal.

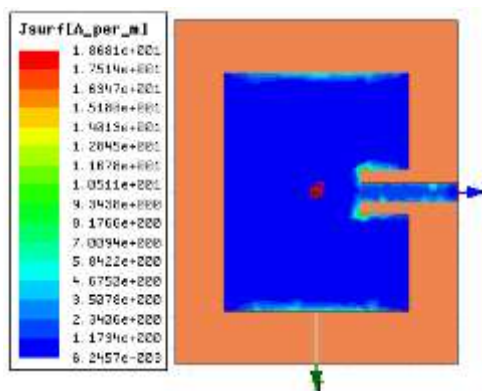


Figura 6. Densidade de corrente na AMA padrão.

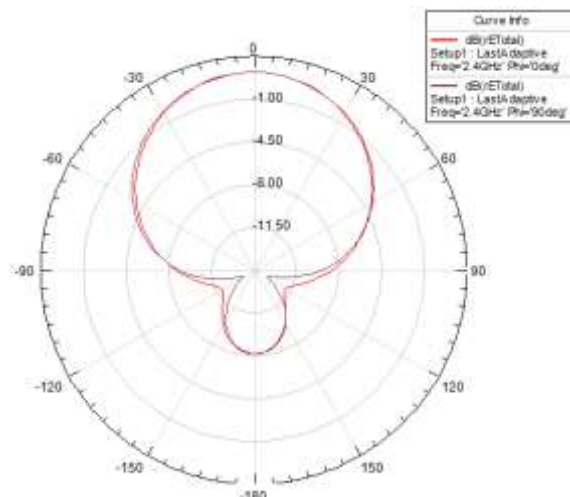


Figura 7. Diagrama de radiação em 2D da AMA padrão.

A Figura 8 mostra as curvas do parâmetro  $S_{11}$  para a AMA com *patch* frachado e plano de terra truncado, em que se observa uma frequência central de 3,11 GHz e um menor  $S_{11}$  de -20,03 dB. Além disso, as mudanças iniciais na estrutura da AMA, colaboraram para uma LB de 2,16 GHz, que compreende uma faixa de frequência de 2,03 GHz até 4,19 GHz, e uma LB fracionada de 69,45%. Diante disso, a antena é caracterizada como uma AMA de banda ultralarga UWB (*Ultra Wideband*), pois apresenta pelo menos 500 MHz de LB (Lima, 2020). Outra observação, é que devido à LB maior, outros equipamentos poderão ser utilizados, já que com a AMA modificada inicialmente, é possível trabalhar com outras frequências.

A Figura 9 apresenta o comportamento da densidade linear de corrente com *patch* chanfrado e plano de terra truncado e, na qual a linha de alimentação tem maior concentração devido à fenda estreita.

A Figura 10 ilustra o diagrama de radiação da AMA com *patch* chanfrado e plano de terra truncado em 2D, nos planos E e H ( $0^\circ$  e  $90^\circ$ ), em que observa uma radiação omnidirecional no plano H e parcialmente omnidirecional no plano E, visto que o plano de terra é truncado.

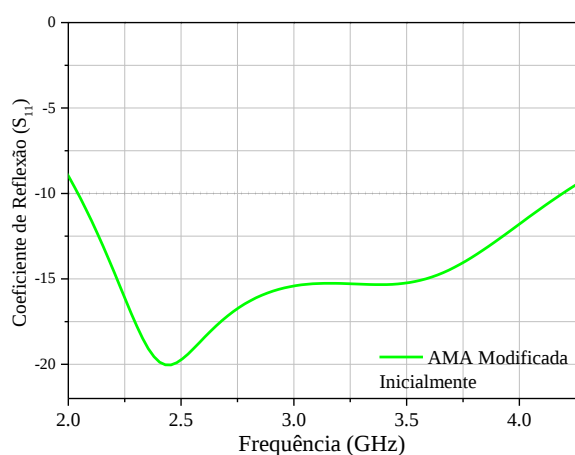


Figura 8. Parâmetro  $S_{11}$  da AMA com *patch* chanfrado e plano de terra truncado.

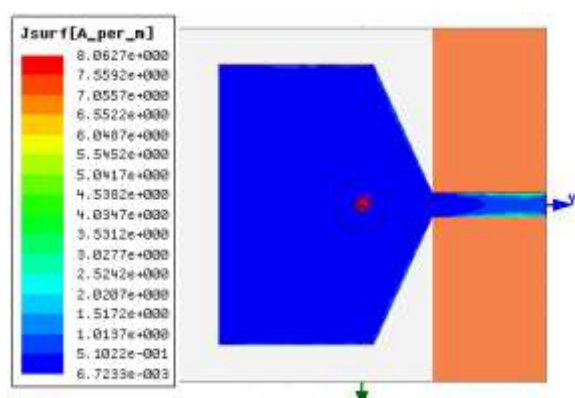


Figura 9. Densidade de corrente da AMA com *patch* chanfrado e plano de terra truncado.

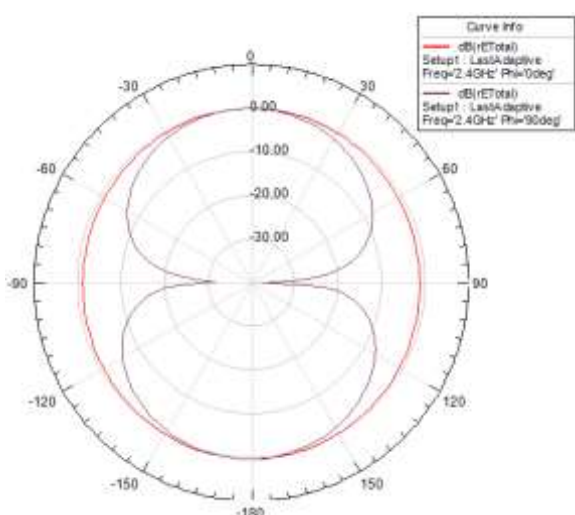


Figura 10. Diagrama de radiação em 2D da AMA com *patch* chanfrado e plano de terra truncado.

A Figura 11 mostra as curvas do parâmetro  $S_{11}$  simulado para a AMA com a proposta final, em que se observa uma frequência central de 3,62 GHz e um menor  $S_{11}$  de -20,95 dB. Além disso, as técnicas aplicadas colaboraram para uma LB de 2,31 GHz, que compreende uma faixa de frequência de 2,11 GHz até 4,41 GHz, ou seja, uma LB fracionada de 99,13%. Com isso, mais uma vez, a proposta final da AMA é caracterizada como uma UWB. Nesse projeto a LB é maior quando comparada com as outras AMAs. Portanto, a fenda e os chanfros no *patch* são mecanismos que otimizam o casamento de impedância, e expandem os modos ressonantes das AMAs, assim como o truncamento auxilia em uma maior LB para novas aplicações.

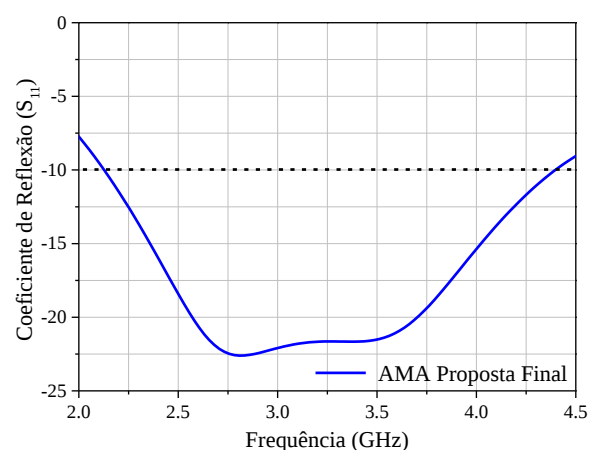


Figura 11. Parâmetro  $S_{11}$  da AMA como proposta final.

A Figura 12 mostra o comportamento da densidade linear de corrente no *patch* da AMA como proposta final, em que o efeito do franjamento é bem menor, havendo uma maior concentração na linha de alimentação devido à fenda.

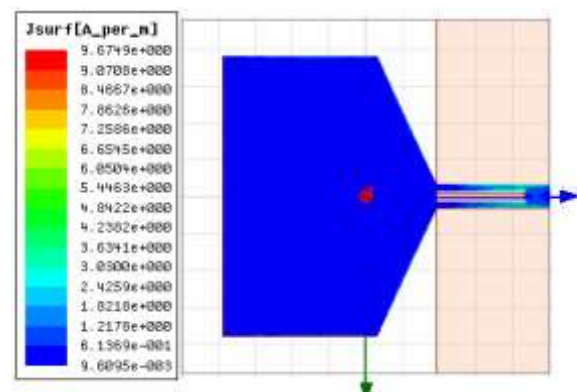


Figura 12. Densidade de corrente da AMA como proposta final.

A Figura 13 apresenta o diagrama de radiação da AMA em 2D, nos planos E e H ( $0^\circ$  e  $90^\circ$ ), em que observa uma radiação omnidirecional no plano- H e quase omnidirecional no plano E, em virtude das mudanças estruturais.

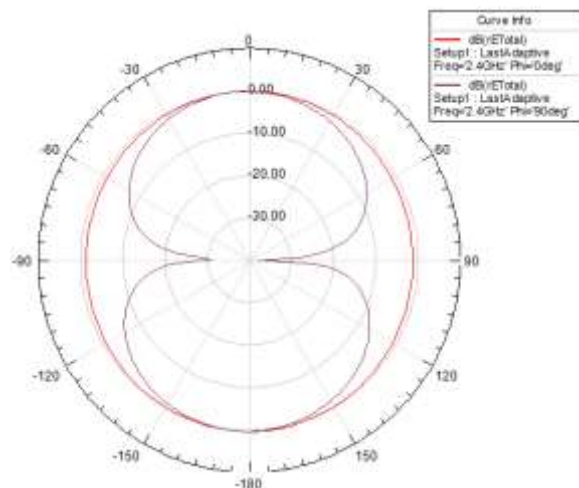


Figura 13. Densidade de corrente da AMA como proposta final.

Por fim, a Figura 14 apresenta um resumo comparativo das AMAs analisadas.

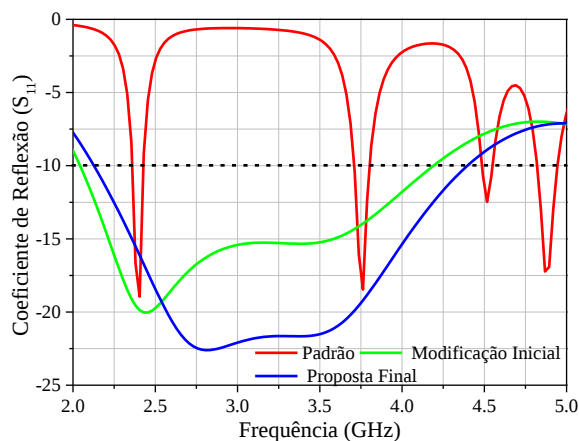


Figura 14. Comparação do parâmetro  $S_{11}$  das AMAs.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram realizadas modificações em uma antena de microfita (AMA) retangular, em que tiveram o *patch* chanfrado, o plano de terra truncado e uma fenda na linha de alimentação. Em seguida, a antena padrão e as antenas modificadas foram analisadas e comparadas, com o objetivo de evidenciar a influência das modificações estruturais no desempenho da antena. Nesse contexto, observaram-se variações no coeficiente de reflexão ( $S_{11}$ ) e na

largura de banda (LB), as quais apresentaram resultados satisfatórios de acordo com a frequência. Além disso, as técnicas aplicadas promoveram a supressão de modos de ordem superior, evidenciando uma característica importante para o projeto. Por fim, as estruturas projetadas foram analisadas por simulação computacional, verificando-se a viabilidade da antena como proposta final e um produto para aplicação comercial.

## AGRADECIMENTOS

A UFRSA Campus Pau dos Ferros, e ao PPGEE/UFRSA Campus Mossoró pela licença do *software* comercial (nº 1058710).

## REFERÊNCIAS

- Balanis, C. A. Antenna Theory: Analysis and Design, 3rd ed., New York, John Wiley and Sons, 2005.
- Islam, M. T.; Ullah, M. H.; Singh, M. J.; Faruque, M. R. I. A New Metasurface Structure for Antenna Performance Enhancement. *Materials*. 3226-3240. 2013.
- Leite, V.; Almeida, Junqueira, C.; Almeida, A.; Sobreira, C.; Costa, A.; Antenas de Microlinha: Uma Aplicação em Ensaios em Voo. XXII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações – SBTr05. Campinas. 2005.
- Lima, A. M. Aplicação de Células Metamateriais CLL ao Projeto de Antenas de Microfita Retangulares. Tese de Doutorado. UFRN, Natal, 2020.
- Santos, R. A.; Costa, I. F.; Junior, A. C. S.; Novo Modelo de Antena Impressa com Banda Ultralarga. MOMAG 2014: 16º SBMO - Simpósio Brasileiro de Micro-ondas e Optoeletrônica e 11º CBMag – Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo. Curitiba. 2014.
- Sena, F. C. B. Aplicação de Células. Otimização de Estruturas DGS e PBG em Antenas de Microfita Retangular Usando Algoritmo Genético. Tese de Doutorado. UFRN, Natal, 2018.
- Silva, R. A. O. Aplicação de Técnicas de Alargamento de Banda em Antenas de Microfita. Dissertação de Mestrado. IME. Rio de Janeiro. 2014a.
- Silva, R. A. O.; Barros, J. A. A.; Dias, M. H. C.; Santos, J. C. A. Aplicação de Técnicas de Alargamentos de Banda em uma Antena Patch Circular em 2,45 GHz. MOMAG 2014: 16º SBMO - Simpósio Brasileiro de Micro-ondas e Optoeletrônica e 11º CBMag – Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo. Curitiba. 2014b.



Silva, J. L. P. Implementação de estruturas EBG em Antenas de Microfitas e polarização Linear-Circular com Metasuperfície para WLAN. Tese de Doutorado. UFRN, Natal, 2018.

Silva, A. N. Novas Técnicas de Otimização de Casamento de Impedância de Antenas Planares para Sistemas de Comunicação Sem Fio. Tese de Doutorado. UFRN, Natal, 2019.

Silva, E. W. R.; Andrade, H. D.; Santiago, C. B.; Silva, P. A. F.; Silva, A. M.; Fernandes, R. T. M.; Análise Computacional dos Efeitos da Curvatura na Eficiência de antenas Vestíveis para WBAN para Banda ISM, In: Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, online, Anais, 2025.

Souza, F. A. A. Aplicação de DGS em Formato H para Supressão e Atenuação de Modos de Ordem Superior em Antenas de Microfita. Tese de Doutorado. UFRN, Natal, 2020.