

# Otimização de Antenas de Microfita via *Artificial Bee Colony Algorithm* para Operação em 5G

Palavras-Chave: Artificial Bee Colony Algorithm, Antena, Otimização

Autores(as):

Melvin Gustavo Maradiaga Elvir – FEEC

Prof. Dr. Gilliard Nardel Malheiros Silveira (orientador), DECOM - FEEC

---

## INTRODUÇÃO:

O ABC (Artificial Bee Colony Algorithm) é uma meta-heurística desenvolvida pelo Prof.Dr. Dervis Karaboga em 2005 [1], inspirada no comportamento adotado pela *honey bee* (abelha do gênero *Apis*) no instante de forrageamento. Ela pertence à família de métodos de inteligência enxame, onde os seus múltiplos *agentes* –neste caso, as abelhas– interagem entre si para descobrir a solução cujos parâmetros melhor respeitem o critério de qualidade definido: a função de custo (ou função *fitness*). Os tipos de abelhas presentes neste algoritmo são:

- **Abelha Empregada:** Representa a melhor solução atual.
- **Abelha Observadora:** Procura uma solução melhor na vizinhança de uma abelha empregada.
- **Abelha Batedora:** Abandona a solução atual se ela não for aprimorada após um certo número de iterações.

Este algoritmo possui poucos parâmetros de controle, sendo eles: o número de abelhas disponíveis, o número máximo de iterações e o valor limite de tentativas para a abelha batedora atuar. Estes poucos parâmetros fazem com que o algoritmo seja de fácil implementação.

Nesta pesquisa foi considerado o uso do ABC na modelagem de uma antena de microfita, uma antena constituída por uma placa metálica condutora posicionada de cima de um substrato dielétrico comumente aterrado [2]. Esta antena irá operar em uma das bandas de frequência do 5G (2,3 - 2,4 GHz), e o ABC será aplicado para determinar os parâmetros da antena otimizada. Para finalizar, parâmetros de controle adequados para uma implementação deste modelo com MATLAB e simuladores eletromagnéticos são avaliados.

## METODOLOGIA:

O algoritmo ABC foi inicialmente implementado conforme descrito em [3], possuindo uma única abelha batedora. Os parâmetros de controle: *numAbelhas* (número de abelhas), *maxIteração* (número máximo de iterações) e *limiteScout* (limite de iterações da abelha batedora) foram fixados

(*numAbelhas* = 50, *limiteScout* = 20, *maxIteração* = 300), um novo parâmetro foi definido (*numLaços* = 100), e três funções de teste distintas (a Rastrigin [4], a Eggholder [5] e a Roots [6]) foram otimizadas *numLaços* vezes. Dos resultados coletados, foi levantada a Figura 1, exibindo o *desvio padrão por ciclo* das 100 otimizações realizadas pelo ABC para cada uma das funções anteriores. A esperança usada no cálculo do desvio padrão é o extrema (máximo ou mínimo) global de cada função, tal que um desvio padrão próximo de 0 implica numa proximidade à melhor solução.

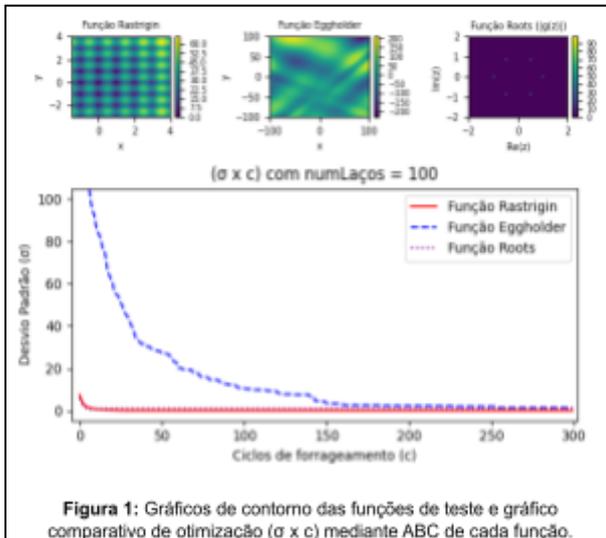


Figura 1: Gráficos de contorno das funções de teste e gráfico comparativo de otimização ( $\sigma \times c$ ) mediante ABC de cada função.

Validado o funcionamento do algoritmo, desenvolveu-se uma implementação simples do ABC no projeto de antenas de microfita baseando-se na abordagem de *objetivo único* apresentada em [7], modelando a antena apresentada na Figura 2. A antena modelada é alimentada por um cabo coaxial com impedância característica de  $50\Omega$ , possuindo um substrato dielétrico com permissividade relativa  $\epsilon_r$  e permeabilidade relativa de 1. Os seus parâmetros dimensionais ( $x_{in}$ ,  $L$ ,  $W$ ,  $h$ ) junto com a permissividade do substrato ( $\epsilon_r$ ) compõem as variáveis que são utilizadas para o cálculo dos parâmetros característicos de antena ( $e_r$ ,  $BW$ ,  $R_{in}$ ,  $SWR$ ), obtidos aplicando as equações CAD presentes em [8, Cap 5]. Para obter as frequências de ressonância nas faixas desejadas, as variáveis foram geradas nos intervalos:

$$0 < x_{in} < 0,035$$

$$0,04 < L < 0,07$$

$$0,04 < W < 0,07$$

$$0,0001 < h < 0,01$$

$$2 < \epsilon_r < 4.$$

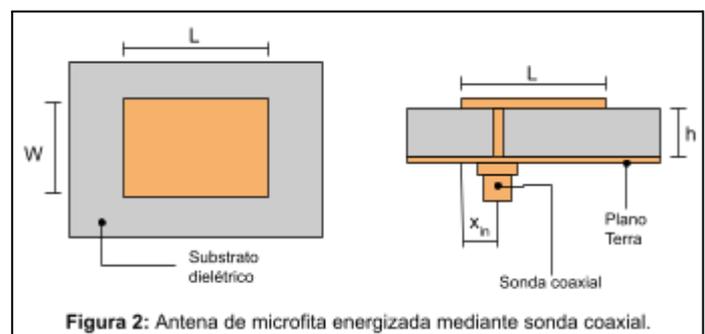


Figura 2: Antena de microfita energizada mediante sonda coaxial.

Destaca-se que  $x_{in}$  precisa ser ajustado para ser sempre menor que  $L$ , caso a variável seja gerada muito próxima do intervalo. Estes intervalos descrevem o domínio da nossa aplicação.

A função fitness utilizada é:

$$Fit = \frac{e_r + (1/SWR) + 20 \cdot BW + F_1}{4 \cdot F_2} + 1$$

Onde  $F_1 = 1 - \frac{|50 - R_{in}|}{50}$  se  $|50 - R_{in}| \leq 50$  ou, caso contrário,  $F_1 = 0$ ; e  $F_2 \rightarrow \infty$  (um número arbitrariamente grande) se  $f_0 < f - (f \cdot df)/2$  ou  $f_0 > f + (f \cdot df)/2$  ou, caso contrário,  $F_2 = 1$ .

Nesta aplicação, a função fitness é *maximizada* dentro do domínio escolhido, maximizando a eficiência de radiação ( $e_r$ ) e largura de banda (BW), minimizando a razão de onda parada (SWR) e procurando tanto o casamento de impedância entre a antena e o cabo coaxial ( $R_{in} = 50\Omega$ ), como uma frequência de ressonância ( $f$ ) próxima à desejada ( $f_0 = 2,4$  GHz).

Em algumas implementações (como aquelas que utilizam simuladores eletromagnéticos) o custo computacional do cálculo dos parâmetros característicos de antena é muito alto. Por esse motivo, realizou-se um estudo para determinar parâmetros de controle do ABC tais que o número de acessos ao protocolo que calcula os parâmetros seja minimizado. Neste estudo variaram-se os parâmetros *numAbelhas* e *limiteScout*, contabilizando o número de acessos ao protocolo de cálculo. O número de iterações se manteve fixo (*maxIteracao* = 300), e o ABC foi executado 100 vezes para cada conjunto de valores dos dois parâmetros de controle, tal que a média do número de acessos (*numAcessos*) necessários para a obtenção de uma *boa solução* –uma solução com fitness maior a 1,6-- fosse determinada.

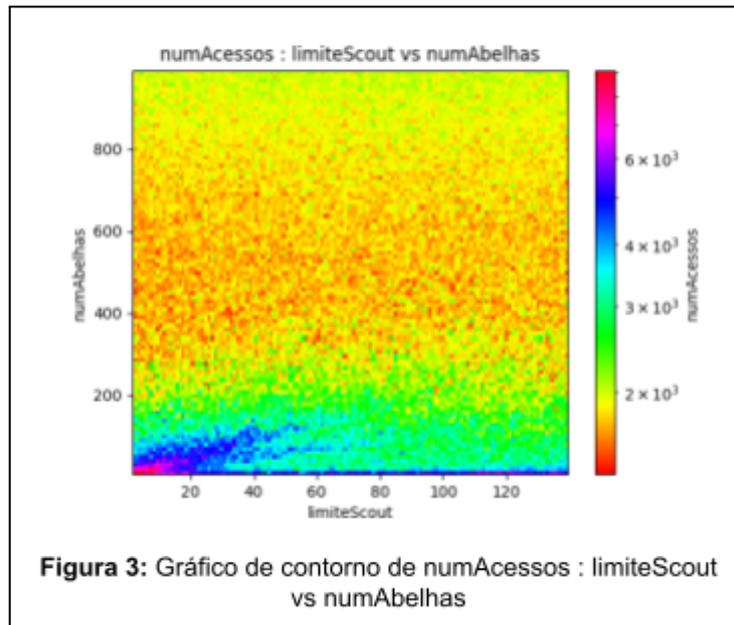
## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O ABC foi adaptado para o projeto da antena de microfita proposta, considerando *numAbelhas* = 50 e *limiteScout* = 20, *maxIteracao* = 300. O melhor resultado obtido de 100 iterações do código é apresentado na Tabela 1.

Fit	$x_{in}$ (cm)	L (cm)	W(cm)	h (cm)	$\epsilon_r$	$e_r$	BW	$R_{in}$	SWR	f (GHz)
1,6783	2,951	4	7	0,496	2	0,891	0,0600	50,003	1,609	2,34

**Tabela 1:** Parâmetros obtidos da adaptação do ABC para o projeto da antena de microfita.

Do estudo dos parâmetros para a minimização do número de chamadas ao protocolo de cálculo, foram gerados os gráficos apresentados na Figura 3.



Nos dois gráficos visualiza-se, nos eixos x e y, os valores para os parâmetros de controle do ABC, (numAbelhas e limiteScout). O eixo z (numAcessos) é representado por um gradiente de cor distinto entre as duas Figuras, permitindo observar características diferentes. Nas duas figuras podemos observar a existência de uma região com um menor número de acessos. Na Figura 4.b pode-se delimitar esta região ainda mais, notando uma concentração de numAcessos mínimos na região próxima a numAbelhas = 400, e  $0 < \text{limiteScout} < 40$ . Olhado para esta região, os melhores parâmetros obtidos para a aplicação do ABC foram tabulados na Tabela 2.

numAcessos	numAbelhas	limiteScout
1361,22	500	22
1399,16	360	10
1419,41	370	11
1421,49	420	6

**Tabela 2:** Melhores parâmetros para a aplicação do ABC no projeto da antena de microfita.

## CONCLUSÃO:

O ABC demonstrou ser um algoritmo eficiente na otimização de funções bidimensionais, podendo ser aplicado para resolver problemas de dimensões variadas. Um destes problemas é a otimização dos parâmetros da antena de microfita, onde mediante a adaptação de um modelo simplificado é possível realizar a modelagem deste tipo de antena.

As simulações definitivas, aplicando os parâmetros apresentados na Tabela 2, estão sendo executadas e os resultados finais serão apresentados durante o congresso.

---

## BIBLIOGRAFIA

- [1] D. Karaboga and B. Basturk, “**A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm,**” J. Global Optimiz. 39 (459–471), 2007.
- [2] M. N. O. Sadiku, “**Elementos do Eletromagnetismo,**” Bookman, Porto Alegre, RS, 5ta, 2012.
- [3] D. Karaboga, “**Artificial bee colony algorithm,**” Scholarpedia, 5(3):6915, 2010.
- [4] F. Hoffmeister e T. Bäck., “**Genetic Algorithms and Evolution Strategies: Similarities and Differences**”, H.-P. Schwefel and R. Männer (eds.): Parallel Problem Solving from Nature, PPSN I, Proceedings (455–469), Springer, 1991.
- [5] S. K. Mishra, “**Some new test functions for global optimization and performance of repulsive particle swarm method,**” North-Eastern Hill University, Shillong, India, 2006.
- [6] L. N. de Castro e J. Timmis, “**An artificial immune network for multimodal function optimization,**” Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation. CEC'02 (Cat. No.02TH8600) pp. 699-704 vol.1, Honolulu, HI, USA, 2002.
- [7] C. H. da Silva Santos, K. Claudio, M. S. Gonçalves, J. R. Brianeze, H. E. Hernández-Figueroa, “**Bio-inspired algorithms applied to microstrip antennas design,**” #1 Journal of Computational Interdisciplinary Sciences. 1. 141-147, 2009.
- [8] K. F. Lee, W. Chen, “**Advances in Microstrip and Printed Antennas,**” John Wiley & Sons, Estados Unidos, 1997.