

ASDRA—Axially-Symmetric Dual-Reflector Antennas: Projeto e Análise Interativos

Tulio Condé Duarte Silva, Marco Antônio de Souza Mayrink e Fernando José da Silva Moreira

Universidade Federal de Minas Gerais – Depto. Engenharia Eletrônica – Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 – Belo Horizonte, MG – CEP 30161-970

Resumo – O projeto e a análise interativos de antenas com dois refletores clássicos axialmente simétricos através de um programa de computador são os objetivos do presente trabalho. Através deste programa, pode-se definir de maneira amigável a geometria do sistema refletor, bem como o modelo do alimentador. O campo na abertura é analiticamente calculado dos princípios da ótica geométrica; e o campo distante radiado obtido pelo método da abertura. Esta ferramenta tem por finalidade inicializar o processo de síntese destas antenas de maneira eficaz.

Palavras-chaves – Antenas refletoras, ótica geométrica, projeto de antenas, CAD.

I. INTRODUÇÃO

O projeto de antenas refletoras invariavelmente necessita da ajuda de uma ferramenta computacional apropriada, visto que o cálculo dos campos necessários é de elevada complexidade. Utilizando técnicas baseadas nas aproximações da ótica geométrica (GO), obtém-se resultados satisfatoriamente comprovados para a inicialização rápida e aproximada do projeto destas antenas, que pode ser posteriormente incrementado através de técnicas difrativas [1],[2]. Apesar destas características serem válidas a todas as antenas refletoras, este trabalho visa a análise e o projeto interativo de antenas com dois refletores clássicos axialmente simétricos [3]—[7], através de um *software* desenvolvido para ambiente *Windows*: ASDRA (*Axially-Symmetric Dual-Reflector Antennas*).

As superfícies axialmente simétricas das configurações com dois refletores analisadas pelo ASDRA são definidas de forma analítica e fechada, através de geratrizes cônicas, cujos eixos estão deslocados entre si e não coincidem com o eixo de simetria da antena [3]—[6]. O sistema duplo-refletor é especificado de forma a transformar a frente de onda esférica (representando a irradiação do alimentador) que emana do foco principal da antena em uma frente de onda plana na abertura desta antena, de acordo com os princípios da GO. Simultaneamente, pode-se evitar que os raios provenientes do refletor principal sejam bloqueados pelo subrefletor, reduzindo-se assim a perda de eficiência associada a este bloqueio [5],[6]. A definição da geometria da antena é obtida através de cinco parâmetros geométricos de entrada [5],[6], possibilitando o projeto interativo através do ASDRA. As configurações clássicas *Cassegrain* e *Gregorian* [7] são consideradas como casos particulares destas geometrias [5],[6].

Tulio Condé Duarte Silva, conde@campus.cce.ufmg.br, Marco Antônio de Souza Mayrink, mayrink@campus.cce.ufmg.br, Fernando José da Silva Moreira, fernando@eee.ufmg.br, Tel. +55-31-499-4861.

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq.

II. GEOMETRIA DAS ANTENAS

Foi demonstrado que as antenas com dois refletores clássicos axialmente simétricos podem ser caracterizadas em um total de quatro famílias distintas, denominadas ADC (*Axially-Displaced Cassegrain*), ADG (*Gregorian*), ADE (*Ellipse*) e ADH (*Hyperbola*) [6]. Foi também desenvolvida uma formulação analítica, generalizada e fechada, para o projeto destas antenas através dos princípios da GO [5],[6]. De acordo com esta formulação, uma determinada configuração fica unicamente estabelecida através de cinco parâmetros geométricos de entrada: o diâmetro do refletor principal (D_m), o diâmetro do subrefletor (D_s), o diâmetro do bloqueio (D_b , o qual define a folga entre a borda do subrefletor e os raios provenientes do refletor principal), o caminho óptico constante que o raio percorre desde o foco principal até a abertura da antena (denominado *percurso* e especificado de tal forma que o foco principal encontra-se no plano da abertura) e o semi-ângulo do cone especificado pelo foco principal e a borda do subrefletor. As configurações clássicas *Cassegrain* e *Gregorian* são diretamente obtidas da ADC e da ADG, respectivamente, estabelecendo-se $D_b = 0$ [5],[6].

A formulação desenvolvida em [5] e [6] permite que a geometria do sistema duplo-refletor seja especificada pelo ASDRA através de um *mouse*, tornando o processo interativo. Como ilustração, a Fig. 1 apresenta a janela principal do *software*, tendo uma configuração ADE como modelo. Sobre a antena apresentada nesta janela encontram-se cinco pontos, cada um deles associado a um dos cinco parâmetros de entrada. O deslocamento destes pontos via *mouse* está implicitamente associado à alteração do respectivo parâmetro. Alternativamente, os cinco parâmetros de entrada podem ser também alterados via teclado, permitindo assim um ajuste fino das respectivas dimensões.

Note da Fig. 1 que alguns dos principais raios são traçados junto com as geratrizes dos refletores. Desta forma o usuário pode imediatamente verificar se a geometria apresenta mecanismos de bloqueio, segundo a GO.

III. MODELO DO ALIMENTADOR

A distribuição do campo da GO na abertura destas antenas é também determinada analiticamente, através da formulação desenvolvida em [5] e [6]. Desta distribuição de campo, o ASDRA determina as características elétricas das antenas através do método da abertura [8]. Porém, para a determina-

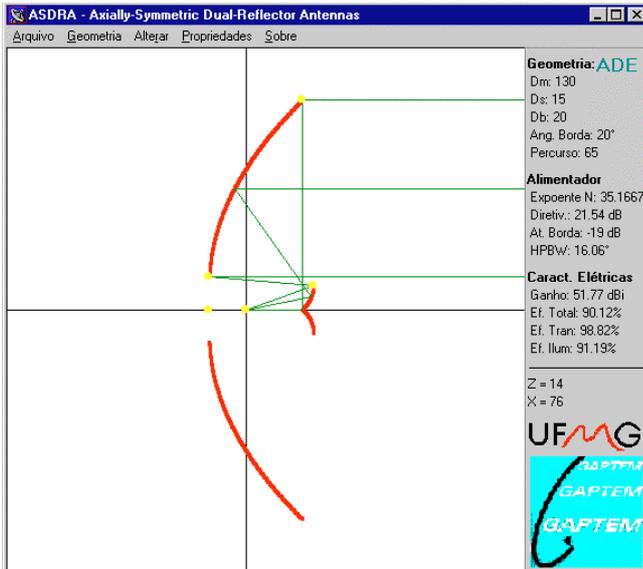


Figura 1: Janela principal com uma configuração ADE.

ção do campo na abertura é necessária a definição de um modelo que represente a irradiação do alimentador (além do conhecimento da geometria do sistema duplo-refletor).

No presente caso, o modelo de alimentador adotado é o coseno-elevado [8], capaz de modelar de forma satisfatória os alimentadores utilizados na prática. Neste modelo, o alimentador (localizado no foco principal da antena) é representado como uma fonte esférica pontual, linearmente polarizada, cujo campo elétrico é definido por [8]

$$\vec{E}(\vec{r}) = \cos^N(\theta) (\cos \phi \hat{\theta} - \sin \phi \hat{\phi}) \frac{e^{-jkr}}{r}, \quad (1)$$

onde r , θ e ϕ representam as coordenadas esféricas usuais e o expoente N especifica o diagrama de radiação (simétrico) do alimentador. Logo, o modelo do alimentador é unicamente definido através de N . Este expoente pode ser especificado pelo usuário de três formas diferentes: através da especificação direta do valor de N , através da definição da atenuação do alimentador na direção da borda do subrefletor, ou através da diretividade do alimentador. Isto é realizado via teclado através da janela principal do ASDRA (Fig. 1).

É importante ressaltar que qualquer alteração na geometria da antena e/ou no modelo do alimentador faz com que tanto a representação gráfica do sistema refletor como os valores das diversas características elétricas sejam automaticamente recalculados e imediatamente apresentados na janela principal, o que auxilia de sobremaneira o processo de síntese e análise. Estas características elétricas são discutidas a seguir.

IV. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Para auxiliar no projeto da antena, o ASDRA permite a visualização das principais características elétricas através de janelas auxiliares, disponíveis através da janela principal (veja a Fig. 1). Estas características são o diagrama de radiação do

alimentador (coseno-elevado), a distribuição de amplitude do campo da GO na abertura da antena e o diagrama de radiação da antena.

O diagrama de radiação do alimentador permite a visualização de suas principais características elétricas, como a diretividade, a largura de meia potência (HPBW – *Half-Power Beam Width*) e a atenuação na direção da borda do subrefletor. Todos estes parâmetros são apresentados juntamente com o diagrama em uma janela própria. Para a geometria da Fig. 1, a janela referente às características do alimentador é ilustrada na Fig. 2. Repare que apenas metade do diagrama é apresentado (valores positivos de θ), já que este é circularmente simétrico.

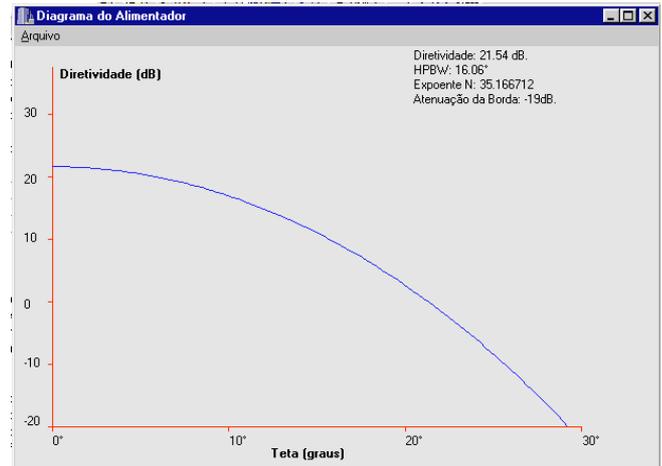


Figura 2: Diagrama de radiação do alimentador.

Outra característica elétrica importante é a distribuição do campo na abertura da antena. Esta informação é de suma importância no projeto de antenas refletoras, já que, em princípio, a máxima eficiência de radiação é obtida através de uma iluminação uniforme [8]. Para as presentes configurações e para o modelo de alimentador definido em (1), o campo da GO na abertura possui fase e polarização uniformes [5],[6]. Neste caso, basta a visualização da distribuição da amplitude deste campo. Através do ASDRA, o usuário pode conferir a distribuição de amplitude na medida em que modifica a geometria da antena, possibilitando uma obtenção semi-interativa da distribuição de abertura desejada.

Para a antena da Fig. 1, a janela contendo a distribuição do campo da GO na abertura é ilustrada na Fig. 3. Além da representação gráfica da distribuição, a janela também apresenta a eficiência de iluminação associada [8].

Finalmente, através do campo da GO na abertura e do método da abertura [8], o ASDRA determina (de maneira aproximada) o diagrama de radiação da antena e as eficiências mais importantes do sistema: as eficiências total, de transbordamento e de iluminação [8]. Estas características são visualizadas através de uma terceira janela auxiliar, ilustrada na Fig. 4 para a antena representada na Fig. 1. O diagrama repre-

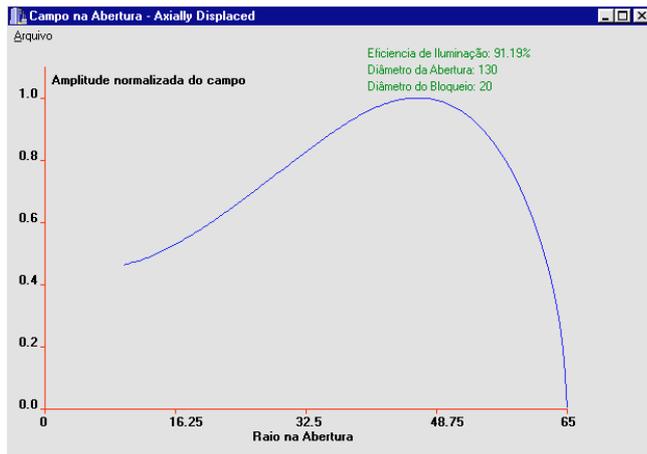


Figura 3: Distribuição da amplitude do campo na abertura.

senta o ganho (valores em dBi) da antena, calculado considerando-se a potência total irradiada pelo modelo coseno-elevado do alimentador e a presença de bloqueio (quando $D_b \neq 0$). Devido às aproximações inerentes ao método da abertura, apenas os cinco ou seis primeiros lóbulos secundários são apresentados.

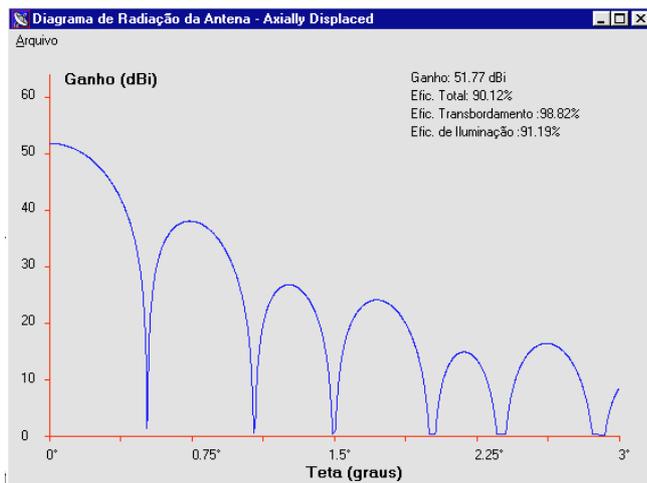


Figura 4: Diagrama de radiação da antena.

V. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um programa de computador criado para o ambiente *Windows* (ASDRA – *Axially-Symmetric Dual-Reflector Antennas*), uma ferramenta que permite o projeto e a análise interativos de antenas com dois refletores clássicos axialmente simétricos. Isto foi possível através de uma formulação analítica previamente desenvolvida, que permite o tratamento generalizado de todas as quatro configurações existentes através dos princípios da ótica geométrica.

A geometria do sistema duplo-refletor pode ser especificada através do *mouse* ou via teclado (para eventuais ajustes finos dos parâmetros que caracterizam a antena). O alimentador, localizado no foco principal da antena, é modelado através de um coseno-elevado, cujas características podem ser determinadas via teclado. A formulação desenvolvida também fornece o campo da ótica geométrica na abertura da antena, permitindo uma análise aproximada através do método da abertura. As principais características elétricas (diagrama do alimentador, campo na abertura e diagrama de radiação da antena) podem ser visualizadas através das respectivas janelas auxiliares. Os principais parâmetros (parâmetros geométricos, ganho, eficiências, etc.) são apresentados na janela principal do programa, juntamente com a geometria da antena, sendo automaticamente atualizados toda a vez que a geometria do sistema refletor e/ou as características do alimentador são alteradas.

Todas estas características tornam o ASDRA uma ferramenta útil e amigável para a síntese e a análise destas antenas. O *software* vem sendo constantemente incrementado. Dentro em breve será implementada a técnica da ótica física, para uma análise mais precisa das características elétricas das antenas. Mais adiante, pretende-se também incorporar uma análise baseada nas equações integrais, resolvidas pelo método dos momentos (para corpos de revolução). Uma versão em *Java* também vem sendo desenvolvida, para o acesso direto via Internet.

O ASDRA é de extrema utilidade para o início de um projeto prático e para fins didáticos, dadas suas características interativas. O programa executável está disponível para a comunidade.

REFERÊNCIAS

- [1] F. L. Teixeira, F. J. S. Moreira, and J. R. Bergmann; "An Efficient Approach for the Synthesis of Shaped Reflector;" Proceedings of the 1991 SBMO International Microwave Conference, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 189—194, July 1991.
- [2] J. R. Bergmann, F. L. Teixeira, and F. J. S. Moreira; "Diffraction Synthesis of Reflector Antennas: an Efficient Approach for the Optimization Procedure;" 1993 IEEE APS International Symposium Digest, Ann Arbor, Michigan, USA, pp. 266—269, June 1993.
- [3] Yu. A. Yerukhimovich, "Analysis of Two-Mirror Antennas of a General Type," Telecommunications and Radio Engineering, Part 2, vol. 27, no. 11, pp. 97—103, 1972.
- [4] W. Rotman and J. C. Lee, "Compact Dual Frequency Reflector Antennas for EHF Mobile Satellite Communication Terminals," 1984 IEEE APS International Symposium Digest, Boston, Massachusetts, USA, pp. 771—774, June 1984.
- [5] F. J. S. Moreira, "Design and Rigorous Analysis of Generalized Axially-Symmetric Dual-Reflector Antennas," Ph.D. Dissertation, Dept. Electrical Engineering—Electrophysics, University of Southern California, Los Angeles, August 1997.
- [6] F. J. S. Moreira and A. Prata, Jr., "Generalized Classical Axially-Symmetric Dual-Reflector Antennas," accepted for the IEEE Transactions on Antennas and Propagation.
- [7] P. W. Hannan, "Microwave Antennas Derived from the Cassegrain Telescope," IRE Transactions on Antennas and Propagation, vol. AP-9, no. 2, pp. 140—153, March 1961.
- [8] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, second edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997.