

6

Considerações Finais

No decorrer do trabalho foram utilizadas técnicas de análises eletromagnéticas como a Ótica Física (PO),[5], e Correntes de Franja (CF),[2], as quais foram associadas a técnicas de otimização, além do desenvolvimento de funções objetivos particular a cada caso abordado; dessa forma buscou-se modelar refletores de antenas embarcadas em satélites de baixa órbita [22], bem como refletores de antenas caracterizadas por seu diagrama de radiação omnidirecionais com um e dois refletores.

Com as técnicas de análises eletromagnéticas e otimizações foi desenvolvido um algoritmo em FORTRAN, o qual ao longo do trabalho sofreu adaptações no sentido de possibilitar a análise e/ou simulação de exemplos de antenas refletoras alimentadas por diferentes tipos de alimentadores com dependência azimutal $n=1$ e $n=0$. A validação dos métodos foi realizada de modo satisfatório tendo em vista a comparação entre casos simulados e os encontrados nas referências, [20] [21]. O caso de [20] foi adotado por se tratar do uso das mesmas técnicas de análise eletromagnética que foi abordada neste trabalho, já o caso do [21] foi adotado por fazer uma comparação com o Método dos Momentos (MoM), métodos que pela sua robustez e confiabilidade pode ser usado como referência.

Os casos estudados no Capítulo 3 abordaram possíveis situações em um processo de otimização da antena do satélite CBERS, que busca prover cobertura uniforme sobre a curvatura da Terra.

Primeiramente, foi determinado o número M de estações de observação em campo distante que atendesse a taxa de amostragem de Nyquist de acordo com o diâmetro do refletor. Seguido da determinação do número mínimo de termos N da Série de Fourier, que descrevem a superfície, tendo em vista que por um lado este número está relacionado ao grau de liberdade na determinação do objetivo e, por outro lado, ao aumento do tempo computacional, optou-se por iniciar por $N=16$

decrecendo este valor até $N=5$. Determinando a técnica de otimização que seria utilizada.

No primeiro caso estudado foi estabelecido uma margem de oscilação aceitável de 3dB, sendo o limite mínimo sobre o perfil exigido pelas especificações do CBERS. Os resultados mostraram que as otimizações realizadas a partir de 5 termos na Série de Fourier atenderiam ao diagrama de radiação, porém na geratrizes das superfícies geradas por $N=5$ e 7, notou-se que as curvas das superfícies apresentaram regiões de sombra vistas do alimentador, efeito este que invalida o processo físico, ou seja, a superfície gerada trata-se de resultado puramente matemático. Contudo, as otimizações realizadas a partir de 9 termos na serie forneceram resultados satisfatórios o que levou a se elevar o grau de exigência do projeto.

Assim optamos por elevar o valor limite mínimo em 1 dB acima do especificado no projeto original do CBERS, fazendo com que a margem de oscilação aceitável caísse para 2 dB. Os resultados a partir de 8 termos na série satisfizeram as novas exigências, porém como mostrado na Seção 3.3.1 a otimização com 7 termos mesmo atendendo as especificações de cobertura na borda gerou uma geratriz invalida fisicamente, uma vez que apresentou regiões de sombra.

Com as novas especificações que foram atendidas satisfatoriamente, foi gerado um terceiro conjunto de otimizações elevando a exigência novamente, visando reduzir a margem de oscilação para 1 dB, e assim alcançar uma cobertura ainda mais uniforme. Com os resultados gerados foi ilustrado que a partir de 9 termos alcançamos o objetivo de atender as especificações de oscilação de 1dB.

Na segunda etapa deste trabalho realizado a otimização de uma antena para o caso CBERS, porém com seu diâmetro reduzido para 50 cm, o processo de otimização partiu de 12 a 16 termos na Série de Fourier, onde primeiramente chegou-se ao resultado que nenhuma das otimizações atendia a especificação de cobertura na região da borda. Em função disso foi utilizado o emprego dos W_N que atribuíam pesos para uma determina estação de observação. Para mostrar como pode ser utilizados os valores W_N foi realizado a resintetização com os resultados da otimização com 14 termos, porém agora com um peso maior para estação de observação em 62° , a qual não tinha sido atendida. Com esta nova resintetização

acrescida do processo de atribuir peso a estação desejada o objetivo de cobertura foi atendida satisfatoriamente.

Com estas otimizações realizadas sobre variantes de otimização para a antena do CBERS, onde se pode trabalhar com os aspectos que podem envolver um projeto de otimização de refletores das antenas de satélites de baixa órbita, conclui-se que o algoritmo desenvolvido com associação das técnicas de análises eletromagnéticas a técnica de otimização alcançou resultados satisfatórios.

O algoritmo desenvolvido adaptado a antenas refletoras omnidirecionais com um e dois refletores foram validados por comparação entre casos simulados com casos das referências [28] [30]. Nestas validações foi constatado que o modelo de alimentador adotado anteriormente, o qual não satisfazia as equações de Maxwell na região de campo próximo, evidenciado por apresentar discrepâncias no diagrama de radiação, região atrás do refletor. Este foi substituído pelo modelo de ondas esféricas, corrigindo as discrepâncias apresentadas pelo modelo anterior e validando o algoritmo desenvolvido.

No decorrer do Capítulo 5 foram abordados casos de deslocamento de feixe, bem como otimizações de antenas com diagramas de radiação omnidirecionais com um e dois refletores. Onde o primeiro caso foi realizado com uma antena de único refletor, abordando o deslocamento na direção do feixe, pela aplicação de um ângulo ao eixo de simetria da geratriz da superfície, direcionando o feixe de máximo ganho para a direção determinada, os casos abordados foram 96° e 105° . Os resultados obtidos foram comparados com diagramas gerados via MoM.

No segundo caso foi realizada a otimização da antena de único refletor buscando maximizar o ganho máximo apresentado. Neste conjunto de otimizações foi demonstrado que adicionamos restrições à função objetivo, como fixar o vértice da superfície, V_s , e o valor da abertura, W_A , para que o resultado não fosse puramente matemático, ou seja, gerasse uma superfície impossível fisicamente. Porém, com essas restrições acarretaram uma limitação na maximização do ganho máximo.

O terceiro caso abordado foi a otimização da antena de único refletor para otimizar o refletor no sentido de que o diagrama radiado gerado descrevesse um tipo cossecante ao quadrado. Neste caso, o ganho máximo apresentado foi reduzido comparado com o caso de validação. Entretanto, este resultado era esperado, devido à distribuição de energia ao longo da região de cobertura dado

pelo perfil cossecante ao quadrado. No conjunto de otimizações realizadas, 9 foi o número mínimo de termos da Série de Fourier encontrado para que se atendessem as especificações dadas pelo perfil cossecante ao quadrado, que permitia uma oscilação de ± 3 dB determinada na função objetivo.

O quarto caso abordado no Capítulo 5 foi à maximização do ganho da antena com diagrama omnidirecional com dois refletores. Este caso foi realizado em duas etapas, sendo a primeira otimizado somente o refletor principal, onde se obteve um aumento de 0.6 dB no ganho na região de ponto máximo. Já na segunda etapa foi realizado a otimização do subrefletor utilizando o refletor principal otimizado na etapa anterior. O resultado dessa segunda etapa obtiveram um acréscimo no ganho de 1.2dB na região de ponto máximo em relação ao caso inicial sem otimizações. Durante as etapas do projeto de otimização dos refletores foram ilustradas as distribuições de correntes induzidas sobre o refletor principal, o que permitiram acompanhar os efeitos dos modelamentos.

Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento deste trabalho os objetivos foram sendo atingidos conforme relatado acima, entretanto em alguns tópicos um aprofundamento mais detalhado foram constatados, os quais são comentados a seguir e ficarão para trabalhos futuros.

Primeiramente, no caso da antena do CBERS se faz necessário uma abordagem maior sobre assuntos como fixação do vértice e uma atenção no *roll-off* durante a construção da função objetivo.

Em um segundo momento o caso das antenas refletoras de um e dois refletores, que radiam omnidirecionalmente, apresenta a necessidade de analisar casos que apresentem dimensões maiores e menores para caracterizar o ambiente de atuação do algoritmo em função da contribuição da Correntes de Franja.