

1

Introdução

O emprego de sistemas de comunicações via satélite, a partir do final de 1950, fez surgir a necessidade da adoção de medidas destinadas a controlar o ambiente de interferência criado pela operação destes meios de telecomunicação, visto que as emissões de um sistema satélite, tanto as geradas a partir de estações terrenas, quanto as originadas de estações espaciais, podem resultar em interferência em um outro sistema, quando ambos os sistemas operam na mesma banda de frequências.

Até 1990, os satélites utilizados eram basicamente do tipo geoestacionário (GSO), cuja órbita é praticamente fixa no tempo e, neste caso, o comportamento das interferências geradas ou experimentadas é quase o mesmo durante quase todo o tempo. Para sistemas de satélites deste tipo foram realizados vários estudos, havendo, atualmente, um conhecimento acumulado bastante sólido do ambiente de interferência por eles gerado.

A partir de 1990, passou a ocorrer a utilização crescente de satélites não geoestacionários (NGSO), cuja característica de movimentação orbital é tal que a posição relativa entre um satélite e as estações terrenas, ou entre os próprios satélites, é variante no tempo. O comportamento das interferências geradas por tais sistemas, diferentemente do comportamento praticamente invariante no tempo das interferências geradas pelos sistemas GSO, é tal que interferências de potência significativa ocorrem em intervalos de curta duração ao longo do tempo. Neste caso, além do nível de potência da interferência, passou a ser importante determinar o comportamento estatístico das potências dos sinais interferentes, ou seja, o relacionamento entre níveis de interferência e as percentagens de tempo durante as quais eles ocorrem.

Com base em estudos desenvolvidos ao longo dos anos 90, a Conferência Mundial de Radiocomunicações (WRC-2000), realizada em Istambul, decidiu incluir no Regulamento de Radiocomunicações (RR) da UIT requisitos para a proteção dos enlaces terrestres (Artigo 21 do RR [11]) e das redes de

comunicações que utilizam satélites GSO (Artigo 22 do RR [12]) contra as interferências geradas por sistemas que operam com satélites NGSO. Assim, o Artigo 21 impõe limites (máscaras) de densidade de fluxo de potência (*power flux density - pfd*) para garantir a proteção dos enlaces terrestres e o Artigo 22 estabelece os limites (máscaras) de densidade de fluxo de potência equivalente (*equivalent power flux density - epfd*) que podem ser produzidos por sistemas NGSO sobre sistemas GSO. Entretanto, os limites especificados nos artigos 21 e 22 foram estabelecidos com base em estudos de compartilhamento que envolveram, principalmente, sistemas NGSO em órbitas baixas (LEO) e médias (MEO). As decisões da WRC-2000 tomaram como base a hipótese de que os sistemas NGSO podem produzir tanto interferências de longa duração (*long term*), quanto interferências de curta duração (*short term*), o que não ocorre com a classe de sistemas NGSO com órbitas altamente inclinadas - os sistemas HEO (*High Elliptical Orbit*) - que só operam durante uma pequena porção da órbita, no chamado arco ativo, quando seus satélites estão próximos ao apogeu. Este fato motivou a realização de diversos estudos [3, 4, 5, 6] no âmbito da UIT, no período 2000-2003, visando determinar um conjunto de valores de *pfd* e *epfd* menos restritivos, mas que pudessem ainda proteger os enlaces terrestres e as redes de satélites GSO das interferências produzidas por redes HEO.

Durante a Conferência Mundial de Radiocomunicações de 2003 (WRC-2003), um dos pontos específicos discutidos tratou da adequabilidade, para os sistemas HEO, dos limites de *epfd* correspondentes ao lance de descida que estão especificados na Tabela 22-1C do Artigo 22 do RR para sistemas operando na faixa de 19.7-20.2 GHz. Estudos preliminares indicaram que alguns sistemas HEO não são capazes de atender à parte de longa duração das máscaras de *epfd* do Artigo 22 do Regulamento de Radiocomunicações, embora sejam capazes de satisfazer facilmente à parte de curta duração destas máscaras. A WRC-2003 concluiu haver necessidade de estudos adicionais sobre o assunto e aprovou a Resolução 140 (WRC-03), sobre medidas e estudos associados aos limites de *epfd* na faixa de 19.7-20.2 GHz, que solicita à UIT o desenvolvimento de critérios para a proteção de redes GSO FSS, operando nesta faixa, de interferência inaceitável causada por sistemas HEO. Conforme indicado naquela Resolução, a idéia é desenvolver critérios "equivalentes" aos atualmente contidos no Artigo 22.

Como se observa, o estabelecimento de restrições ao comportamento estatístico das interferências presentes em um enlace, ainda é objeto de estu-

dos e análises na comunidade de telecomunicações. A Recomendação ITU-R S.1323 da UIT [1], por exemplo, que trata dos níveis máximos permissíveis de interferência em sistemas por satélite, apresenta uma metodologia (metodologia A) que considera o efeito conjunto das degradações provocadas pela chuva e por interferências no estabelecimento destes níveis. Entretanto, devido à complexidade da metodologia, e à dificuldade envolvida na sua aplicação a sistemas reais, o texto da recomendação apresenta apenas alguns exemplos de caráter acadêmico, que envolvem situações muito simples onde o modelo de propagação e as características estatísticas da interferência não representam adequadamente as situações reais. Por este motivo a metodologia proposta na Recomendação ITU-R S.1323 [1], embora tenha sido proposta no início da década de 90, foi muito pouco utilizada. A complexidade desta metodologia motivou a proposição de técnicas alternativas, menos precisas, para obtenção de máscaras de interferência [13, 14, 16].

O trabalho desenvolvido nesta dissertação define um problema de otimização com restrições que pode ser utilizado na implementação, de forma sistemática, da metodologia apresentada na Recomendação ITU-R S.1323 [1]. O procedimento proposto permite a aplicação da metodologia em questão a situações realistas e que consideram os modelos de atenuação por chuvas usualmente empregados nos cálculos de enlace via satélite. Ele permite especificar as condições a serem impostas ao comportamento estatístico das interferências, de modo a garantir que, independentemente das características específicas do sistema interferente considerado, os requisitos de desempenho do enlace interferido sejam atendidos.

No Capítulo 2 é descrito o problema a ser abordado e analisadas as condições das degradações devidas à ocorrência de chuvas e de interferências. No Capítulo 3 são definidas as restrições para o problema, a função objetivo e o problema de otimização a ser solucionado. No Capítulo 4 são apresentados os resultados numéricos para alguns casos de interesse. Finalmente, no Capítulo 5, são comentadas as principais conclusões deste trabalho.