

1

Introdução

Os satélites geoestacionários (GSO) existem desde a década de 1950. Desde então, foram realizados diversos estudos envolvendo as interferências geradas e sofridas por estes sistemas, resultando num conhecimento bastante sólido do comportamento estatístico destas interferências.

A partir de 1990, houve um crescimento considerável no que diz respeito a utilização de satélites não geoestacionários para a comunicação civil, o que fez com que vários estudos sobre a caracterização estatística das interferências geradas por estes sistemas surgissem. O Setor de Radiocomunicações da União Internacional de Telecomunicações (UIT), através de seus grupos de estudos, vem desenvolvendo estudos e análises relacionadas ao problema do compartilhamento entre redes de comunicações por satélite que utilizam satélites Non-GSO de baixa órbita (LEO) e enlaces de outros sistemas como, por exemplo, enlaces do Serviço Fixo Terrestre (FS) ou enlaces de Redes do Serviço Fixo por Satélite (FSS) que operam com satélites geoestacionários (GSO).

Os primeiros estudos constataram, entre outras coisas, que a interferência produzida por enlaces de sistemas que utilizam satélites Non-GSO é diferente da produzida por sistemas que utilizam satélites GSO, uma vez que a natureza intermitente da interferência produzida por enlaces de sistemas Non-GSO pode permitir a operação sob níveis de interferência maiores do que aqueles correspondentes a fontes de interferência que estão presentes durante quase todo o tempo, como as geradas por sistemas GSO. Por isso, estudos e análises de desempenho de sistemas do tipo que produzem interferência de curto prazo *Short Term* tornaram-se importantes.

Alguns resultados dos estudos desenvolvidos durante a década de 1990 fizeram com que, em 2000, a Conferência Mundial de Radiocomunicações (WRC-2000) [3], realizada em Istambul, incluísse no Regulamento de Radiocomunicações (RR) da União Internacional de Telecomunicações provisões

visando a proteção dos enlaces terrestres e das redes de comunicações que utilizam satélites GSO da interferência gerada por sistemas de comunicações que utilizam satélites Non-GSO. Ou seja, no Artigo 21 do RR, foram incluídas máscaras de densidade de fluxo de potência, chamadas máscaras de *pdf*, que garantem a proteção dos enlaces terrestres e, no Artigo 22 do RR, máscaras de densidade de fluxo de potência equivalente, chamadas máscaras de *epfd*, que garantem a proteção das redes que utilizam satélites geoestacionários. Tais máscaras definem os níveis máximos de interferência que podem ser produzidos pelos sistemas não geoestacionários.

Os estudos que levaram à escolha destas máscaras, apenas levaram em conta sistemas não geoestacionários com características bastante homogêneas, como por exemplo órbitas circulares, satélites com características idênticas, espaçamento uniforme entre satélites etc. Dentre os sistemas com estas características estavam o GlobalStar, o Iridium, o Sky-Bridge e o Teledesic. Entretanto, a classe dos sistemas não geoestacionários com órbitas altamente inclinadas -os sistemas HEO, do inglês *High Elliptical Orbit*- na qual se encaixam alguns sistemas atualmente em operação, não havia sido considerada nos estudos.

Tais sistemas, possuem características orbitais e de operação bastante diferentes das consideradas nos estudos que levaram a adoção das máscaras no Regulamento de Radicomunicações em 2000. Uma destas características é que a maioria destes satélites opera em órbitas inclinadas altamente elípticas, fazendo com que a velocidade dos satélites em torno do apogeu seja bastante baixa. Isto significa que em torno do apogeu, estes satélites podem ser considerados quase geoestacionários. Uma outra característica importante desses sistemas é que eles só operam quando seus satélites estão próximos ao apogeu de suas órbitas -dentro do chamado "arco ativo".

Por isto tudo, as características estatísticas das interferências geradas por este tipo de sistema podem ser bem próximas daquelas correspondentes às interferências geradas por sistemas geoestacionários, isto é, têm uma componente alta de interferência de longo prazo e uma componente baixa de interferência de curto prazo. Obviamente o comportamento estatístico das interferências geradas por esses sistemas depende, dentre outros fatores, do tamanho do seu "arco ativo" e da excentricidade de sua órbita.

O fato de produzirem interferências com comportamento estatístico muito diferente daqueles correspondentes aos sistemas de características

homogeneas (GlobalStar, SkyBridge etc), faz com que os sistemas HEO tenham muita dificuldade no atendimento das máscaras de pfd incluídas no Regulamento de Radiocomunicações pela WRC-2000 para a proteção dos enlaces terrestres. Assim, durante o período 2000-2003, diversos estudos e análises, como por exemplo [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21], foram realizados com o objetivo de especificar máscaras de pfd menos restritivas, mas que garantissem a proteção dos enlaces terrestres de interferências geradas por sistemas HEO. Os resultados desses estudos permitiram que a Conferência Mundial de Radiocomunicações (WRC-2003) [22] fizesse modificações no Regulamento de Radiocomunicações, para solucionar os problemas que envolviam a proteção de enlaces do serviço fixo terrestre das interferências geradas por sistemas HEO. Nesta mesma conferência, foi observado que alguns dos problemas identificados envolviam uma complexidade maior -e talvez até a definição de novos critérios de proteção- e requeriam uma investigação mais detalhada, demandando então a realização de estudos e análises adicionais. Dentre estes problemas está o da proteção dos enlaces do Serviço Fixo Terrestre das interferências geradas por sistemas FSS HEO operando em 18 GHz, assunto analisado neste trabalho.

No Capítulo 2, é definido o problema a ser abordado, e são descritos os dois métodos de análise que são usualmente utilizados na avaliação dos efeitos de interferências de sistemas não geoestacionários no desempenho de enlaces do serviço fixo terrestre. No Capítulo 3 é apresentada a modelagem matemática utilizada nas análises realizadas. Resultados numéricos envolvendo situações específicas de interesse são apresentados no Capítulo 4. Finalmente, no Capítulo 5, são indicadas e comentadas as conclusões importantes resultantes das análises efetuadas.