

3. Monitoração

A eficiência de uso do espectro pode ser estimada a partir da utilização de modelos, como os descritos nos capítulos a seguir, para o cálculo da quantidade de informação transmitida e da quantidade de espectro utilizada para esta transmissão. Entretanto, um cálculo mais preciso destes indicadores depende da disponibilidade de dados reais de uso do espectro. A forma de obtenção direta desses dados é por meio da monitoração do espectro.

A monitoração pode, ainda, mostrar o grau de ocupação das faixas de frequências, dado importante para definir políticas de gerência do espectro.

Outro aspecto relacionado à monitoração do espectro é a avaliação das condições de ocorrência de interferência prejudicial, essencial para a garantir a convivência entre diferentes aplicações e serviços compartilhando uma mesma faixa de frequências.

Para que a monitoração atenda plenamente a estes objetivos, deve ser realizada de forma contínua e ampla por meio de campanhas de medidas.

3.1. Monitoração no Brasil

A maior dificuldade em se utilizar, no Brasil, a monitoração como índice de avaliação da eficiência de uso do espectro é a própria dimensão continental do país que torna qualquer sistema a ser instalado com cobertura nacional, extremamente caro. Outra limitação é a variedade de aplicações que devem ser monitoradas, além do que os filtros, antenas, rádios, entre outros, cobrem partes do espectro de radiofrequências, sendo necessários vários conjuntos de equipamentos.

A Anatel possui um sistema de gestão e monitoração do espectro (SGME), resultado de um grande investimento em equipamentos e treinamento de técnicos. Este sistema pretende ter cobertura nas maiores cidades de todos os Estados brasileiros, porém não em todas as faixas de frequências.

O trabalho de monitoração do espectro é atualmente realizado para identificar emissões não autorizadas e verificar a presença de interferências prejudiciais. Para ser utilizada como fator de definição do índice de eficiência do espectro seria necessário estabelecer novos procedimentos e monitorar outras características dos sinais transmitidos para a verificação da ocupação das faixas de frequências.

3.2. Sistema de monitoração – *Industry Canada*

No Canadá, a questão do uso do espectro tem sido tratada pelo Ministério da Indústria, denominado *Industry Canada*. É proposta uma metodologia relativamente simples que utiliza a monitoração de determinadas faixas de frequências e permite obter uma medida de eficiência espectral denominada índice de saturação do espectro [12].

A técnica proposta permite determinar o nível de saturação das faixas de frequências licenciadas para o serviço móvel terrestre. A metodologia também poderia ser implementada para outros serviços levando em consideração as diferenças técnicas dos diversos sistemas rádio. Entretanto, embora o procedimento seja teoricamente simples, requer a monitoração de emissões na faixa de frequências considerada por um período suficientemente longo para caracterizar a ocupação, o que é uma tarefa de grandes proporções.

Significativamente, o estudo canadense apresenta resultados para apenas um serviço específico.

3.2.1. Índice de saturação do espectro

Espectro saturado é definido como a porção de espectro que não está disponível para ser destinado a novas aplicações numa determinada área, devido à presença de sistemas previamente instalados que poderiam causar ou ser alvos de interferências em níveis acima dos definidos como aceitáveis.

O índice de saturação do espectro é uma métrica de avaliação, definida para uma determinada área, como a razão entre o espectro total usado ou consumido

por todos os sistemas licenciados nessa área e a quantidade total de espectro disponível para licenciamento na mesma área conforme eq. (10). Esta medida de saturação espectral é calculada considerando uma mesma faixa ou um conjunto de faixas que estejam destinadas para um mesmo serviço.

$$\text{Saturação de Espectro} = \frac{\text{Espectro Total Consumido}}{\text{Espectro Total Disponível}} \quad (10)$$

O índice de saturação do espectro é a razão entre o espectro total consumido por aplicações existentes e o espectro total disponível.

Cabe ressaltar que este fator não é, rigorosamente, um indicador de eficiência de uso do espectro, pois indica apenas o grau de ocupação de uma faixa de frequências sem avaliar se esta ocupação está sendo realizada de maneira eficiente ou não.

3.2.2.

Procedimento para a avaliação da saturação do espectro

O procedimento parte da obtenção do espectro total consumido seguindo a definição do UIT-R de utilização de espectro [2]. Embora a definição seja a mesma, é proposto um procedimento bem definido para o cálculo dos parâmetros que compõem a utilização do espectro.

3.2.2.1.

Largura de Faixa (B)

O modelo propõe a utilização de toda a faixa de frequências destinada a um mesmo serviço.

3.2.2.2.

Espaço geométrico (S)

Para avaliar a saturação do espectro, o procedimento estabelece uma grade de hexágonos como mostra a figura 2. O tamanho de célula sugerida corresponde a uma área de 25 km².

Para avaliar a área negada a outros serviços em uma determinada faixa de frequências por sistemas nela licenciados, faz-se uso de um modelo de propagação adequado à faixa e da configuração das estações. No método proposto, uma célula

é considerada como parte do espaço geométrico negado, quando seu centro estiver dentro da área negada.

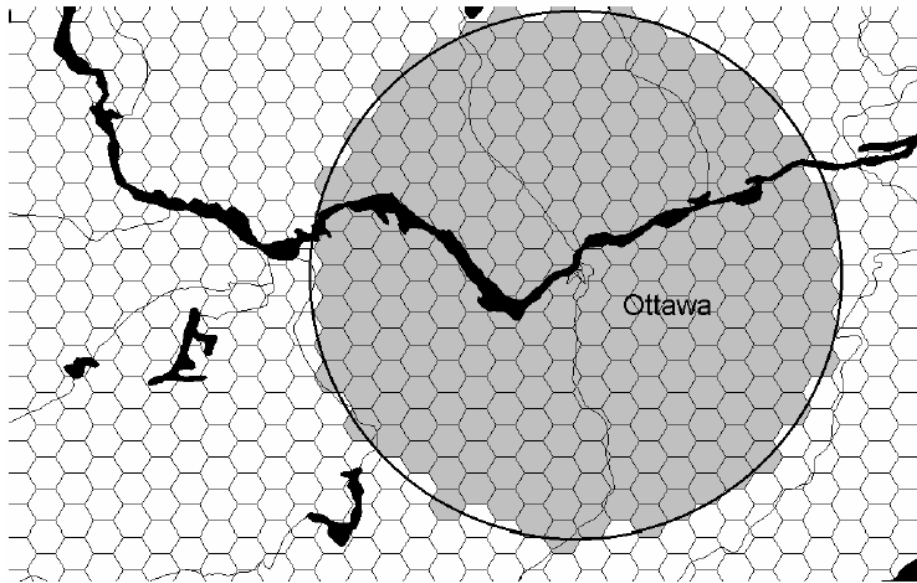


Figura 1. Grade hexagonal para cálculo da saturação do espectro

3.2.2.3. Exclusividade (tempo negado)

Neste modelo o tempo negado é substituído por um parâmetro denominado exclusividade. Este parâmetro define quando um sistema pode coexistir numa mesma área com outro sistema compartilhando uma parte ou a totalidade da faixa de frequências considerada. A determinação deste parâmetro é baseada nos requisitos operacionais e de tráfego e nos objetivos de desempenho do sistema. São definidos três níveis de exclusividade de sistemas: exclusivo, compartilhado controlado e compartilhado não controlado. As definições destes níveis, bem como os valores de exclusividade correspondentes a cada nível para o caso do Canadá, são apresentados na tabela 2.

Os valores de exclusividade indicados na tabela foram obtidos examinando o grau de compartilhamento de canais. Por exemplo, para canais compartilhados controlados, em média foram monitorados cinco usuários na mesma área. Portanto, cada usuário consumia em média 20% do canal.

3.2.2.4. Cálculo da Saturação do Espectro

O valor de saturação de espectro é calculado para cada célula como a razão entre a quantidade de espectro consumida na célula e a quantidade de espectro disponível para licenciamento nessa célula.

O espectro total consumido em uma célula é a soma do consumo individual (largura de faixa ocupada multiplicada pela exclusividade) de todos os sistemas cuja área negada inclui a célula.

Tabela 1. Exclusividade em cálculos de consumo de espectro

| Nível | Definição | Exemplo | Valor |
|------------------------------|--|--|-------|
| Exclusivo | O uso exclusivo nega a faixa de frequências para outras licenças dentro da área negada, mas permite sobreposição de sistemas adjacentes sempre que não exista risco de interferência prejudicial. | Sistema de paging Sistema Rádio Móvel Especializado SMP, SMC | 1 |
| Compartilhado controlado | A faixa de frequências é compartilhada com um número limitado de licenças dentro de uma área negada. Cada uma das licenças restringe o recurso aos outros usuários em proporção ao tempo em que usa a faixa. O compartilhamento de frequências otimiza o uso do espectro enquanto provê aos usuários um nível satisfatório de serviço. | Sistemas limitados privados que compartilham a mesma faixa de frequências | 0.2 |
| Compartilhado não controlado | A faixa de frequências destinada é compartilhada entre uma quantidade não especificada de usuários. Parâmetros da estação ou sistema permitem numerosas licenças usadas na mesma porção do espectro. A interferência aumentará de acordo com o aumento da quantidade de licenças. | Sistemas de baixa potência Sistemas de alocação dinâmica de frequências com detecção de portadora Sistemas de espalhamento espectral | 0.04 |

Desde que seja possível a realização de monitoramento das faixas de frequências de interesse e determinação dos valores de exclusividade, espaço geométrico e de saturação do espectro, este índice mostra-se bastante interessante, pois reflete a utilização real de faixas de frequências por determinados serviços ou

sistemas. Os valores para os fatores mencionados dependem de campanha de medidas realizadas sistematicamente.

3.2.3. Resultados para o índice de saturação

Para o caso particular das comunicações móveis terrestres, o *Industry Canada* obteve valores de saturação de espectro para as faixas de frequências mostrados na tabela 3.

Tabela 2. Faixas de frequências para o cálculo do índice de saturação

| Faixas de frequências | | | |
|-----------------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| 29,7 MHz - 50 MHz | 75,2 MHz - 76 MHz | 150,05 MHz - 174 MHz | 806 MHz - 824 MHz |
| 72 MHz - 73 MHz | 138 MHz - 144 MHz | 216 MHz - 220 MHz | 849 MHz - 869 MHz |
| 74,6 MHz - 74,8 Hz | 148 MHz - 149,9 MHz | 406,1 MHz - 470 MHz | 894 MHz - 960 MHz |

Foram considerados cinco níveis percentuais de saturação e determinada a incidência destes níveis em todas as regiões do país. O resultado da saturação das frequências na área geográfica analisada é mostrado na figura 3.

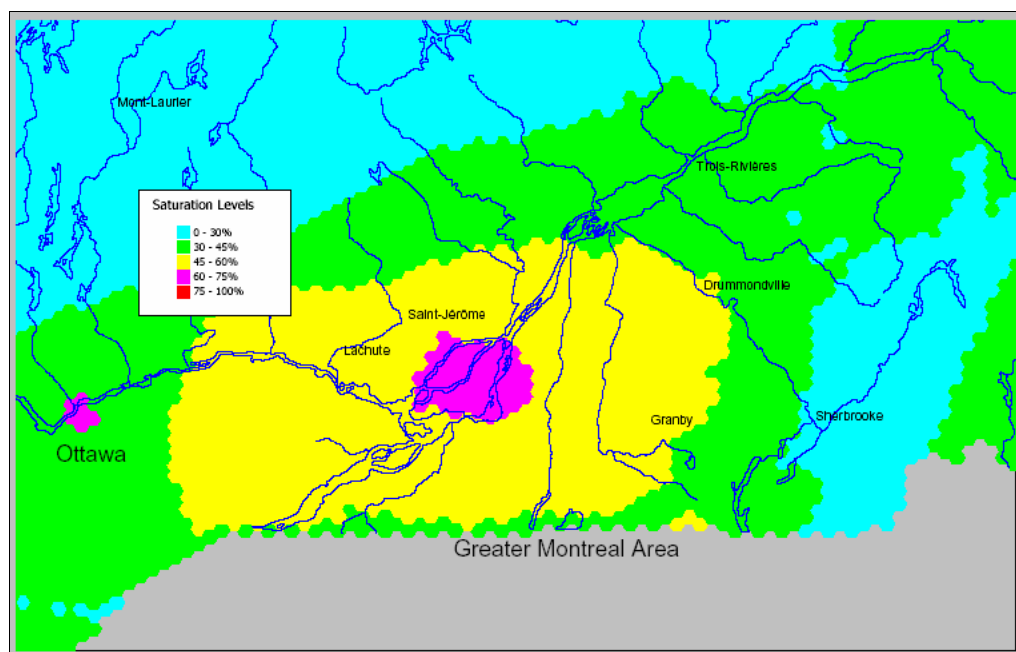


Figura 2. Saturação do espectro na região de Montreal