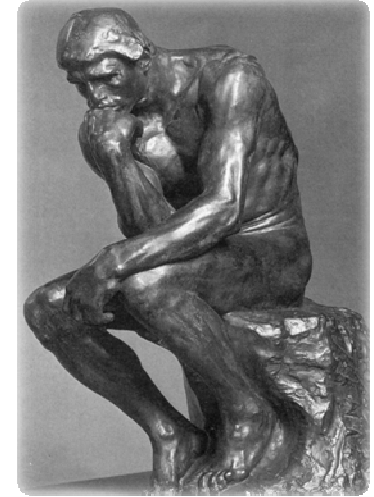




Metodologia para avaliação dos níveis de interferências permissíveis gerados por rádios cognitivos em sistemas primários de telecomunicações

Eng. Ângelo Canavitsas
PETROBRAS / PUC-RJ

Sumário



- Objetivo
- Introdução
- Cognição & exploração do espectro
- Medições de ocupação
- Modelos de ocupação (serviços de voz)
- Operação do rádio cognitivo
- Níveis de degradação dos Usuários Primários
- Conclusão

Objetivo

- Apresentar proposta de metodologia para definição dos níveis permissíveis de interferências em usuários primários, gerados por rádios cognitivos.

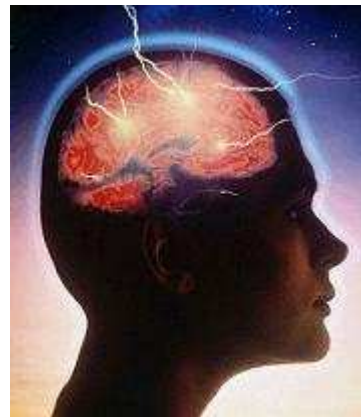


Introdução

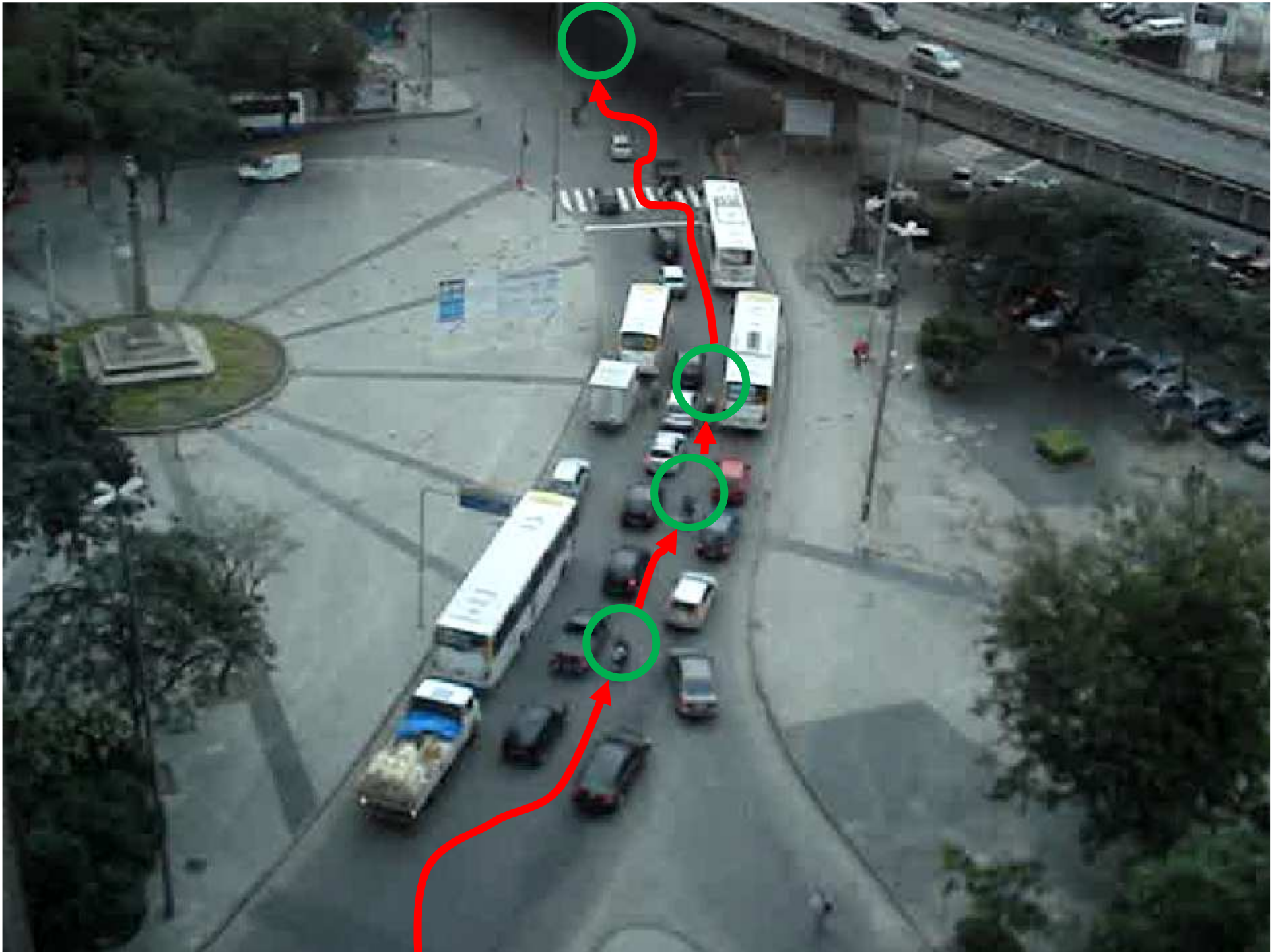
- A tecnologia de rádios cognitivos possibilita um aumento da eficiência espectral, por meio da detecção e preenchimento de *white spaces* em frequências alocadas para usuários primários.

cognição
(latim cognitio, ação de conhecer)

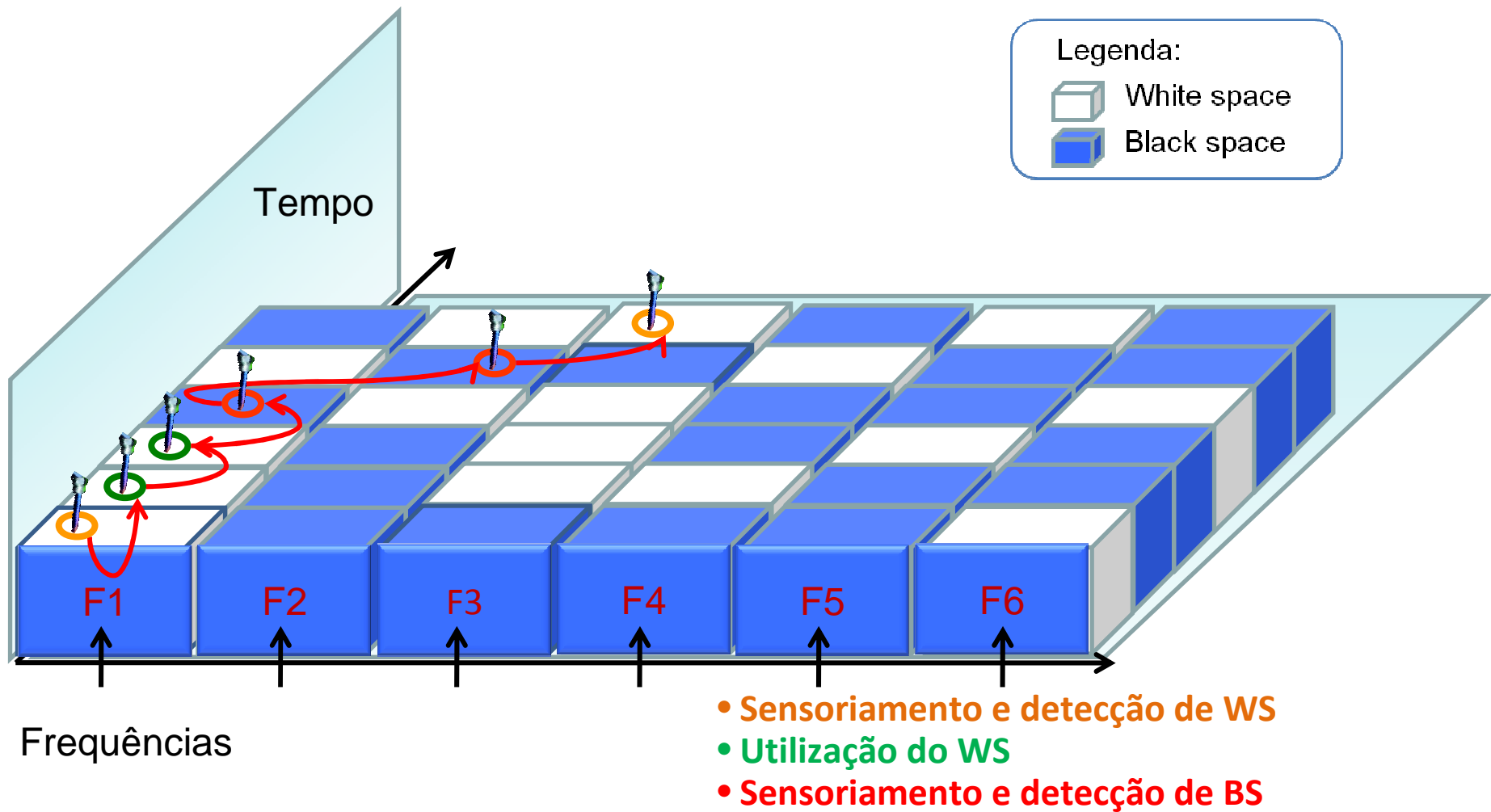
Função da inteligência ao adquirir um conhecimento.







Cognição & exploração do espectro



Medição de ocupação do espectro

- As medições do espectro que balizaram o presente trabalho foram realizadas em horário comercial na cidade de Campinas, no estado de São Paulo, Brasil.
- O cenário escolhido constitui-se de um grande centro urbano com alta densidade de usuários, explorando distintos serviços de telecomunicações.

Medição de ocupação do espectro (Cont.)

- Neste estudo foi escolhida a faixa de 450 a 500 MHz para ser investigada pelos seguintes fatores:
 - apelo comercial;
 - bons mecanismos de propagação;
 - * alta utilização em grandes centros;
 - proporciona altas taxas de transmissão; e
 - níveis de ruído moderados.

* Os ensaios visaram avaliar o comportamento do RC em ambientes com alta taxa de ocupação do espectro.

Medição da ocupação do espectro em grande centro urbano.

Alta gama de usuários em distintos serviços.

- Alta gama de usuários em distintos serviços.

RC pode provocar interferência nos primários.

- RC pode provocar interferência nos primários.

Delimitação do cenário de operação.

- Delimitação do cenário de operação.

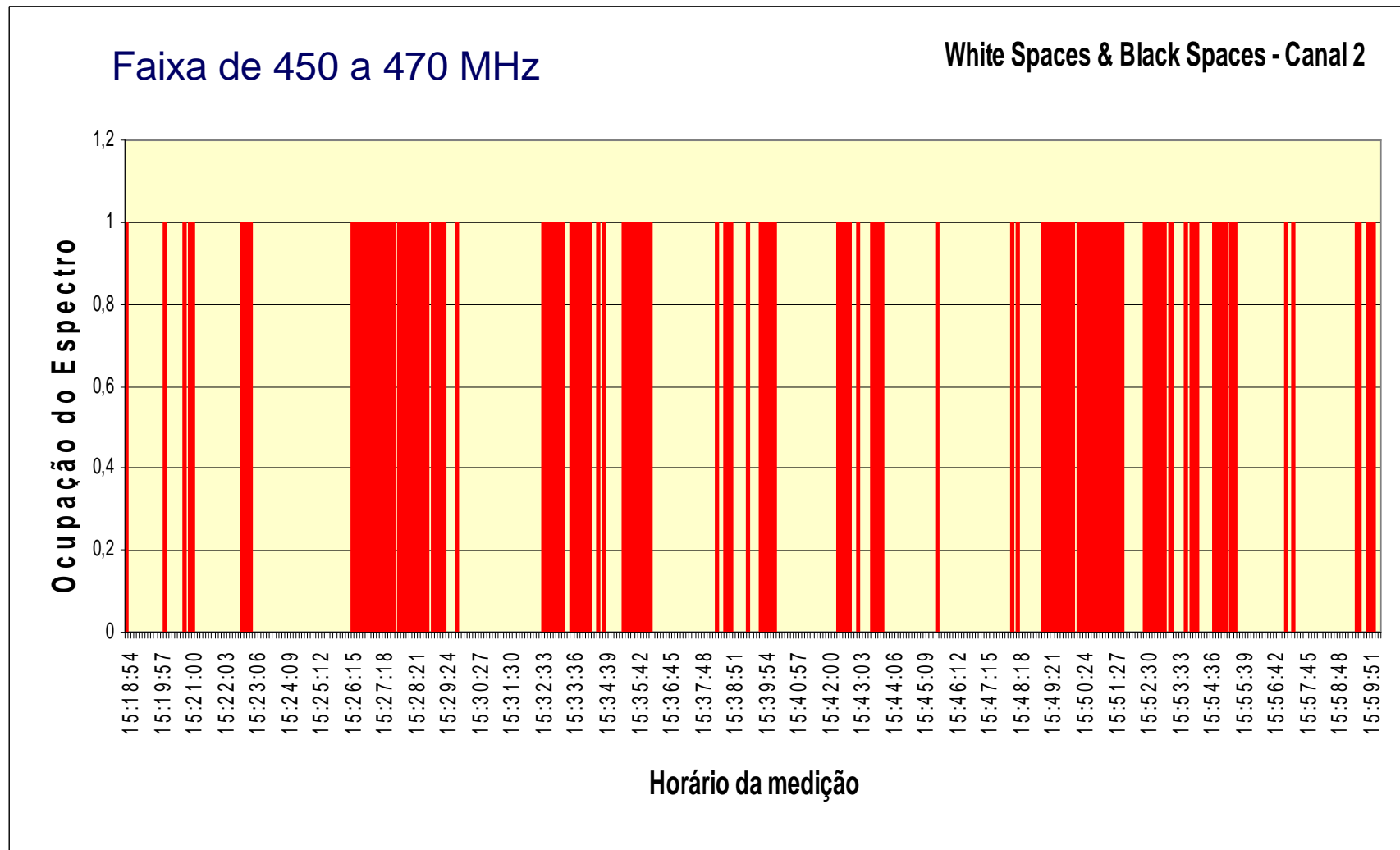
Detecção robusta no ambiente considerado.

- Detecção robusta no ambiente considerado.

Técnicas de *squelch* para silenciar os rádios (RX).

- Técnicas de *squelch* para silenciar os rádios (RX).

Medição de ocupação do espectro

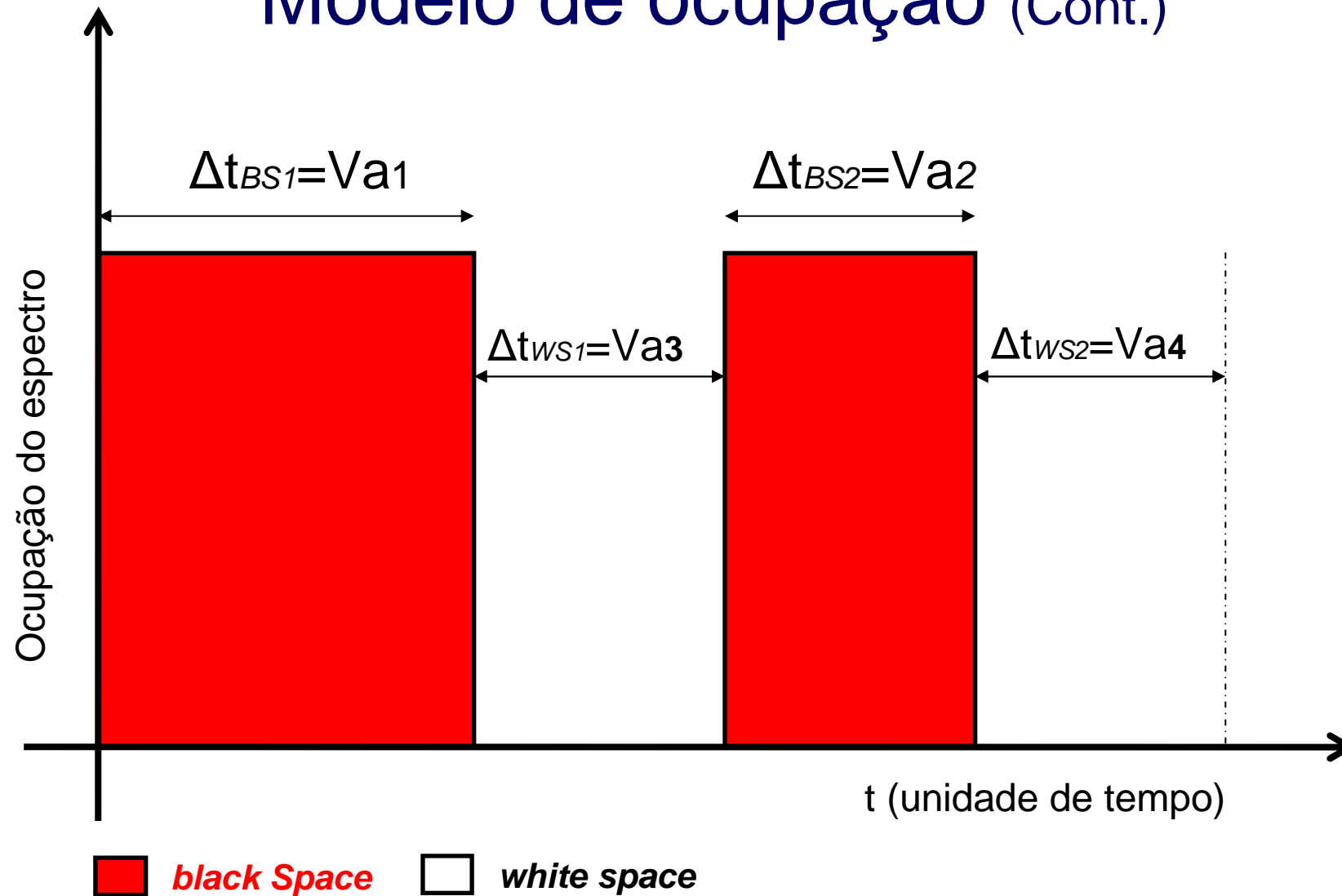


Modelo de ocupação (serviço de voz)

- Os serviços de voz apresentam a característica de ocupar o espectro com intervalos típicos das conversações.
- As ocupações (*black spaces*) percentuais do espectro no tempo foram de 34,56% e 33,87%, respectivamente, para os canais 1 e 2 mostrados nas figuras anteriores.
- As questões a investigar são as durações dos *black spaces* – BS e *white spaces* – WS e suas distribuições ao longo do tempo.

Obs. As medições identificaram taxas de ocupação variando de 10 a 51%.

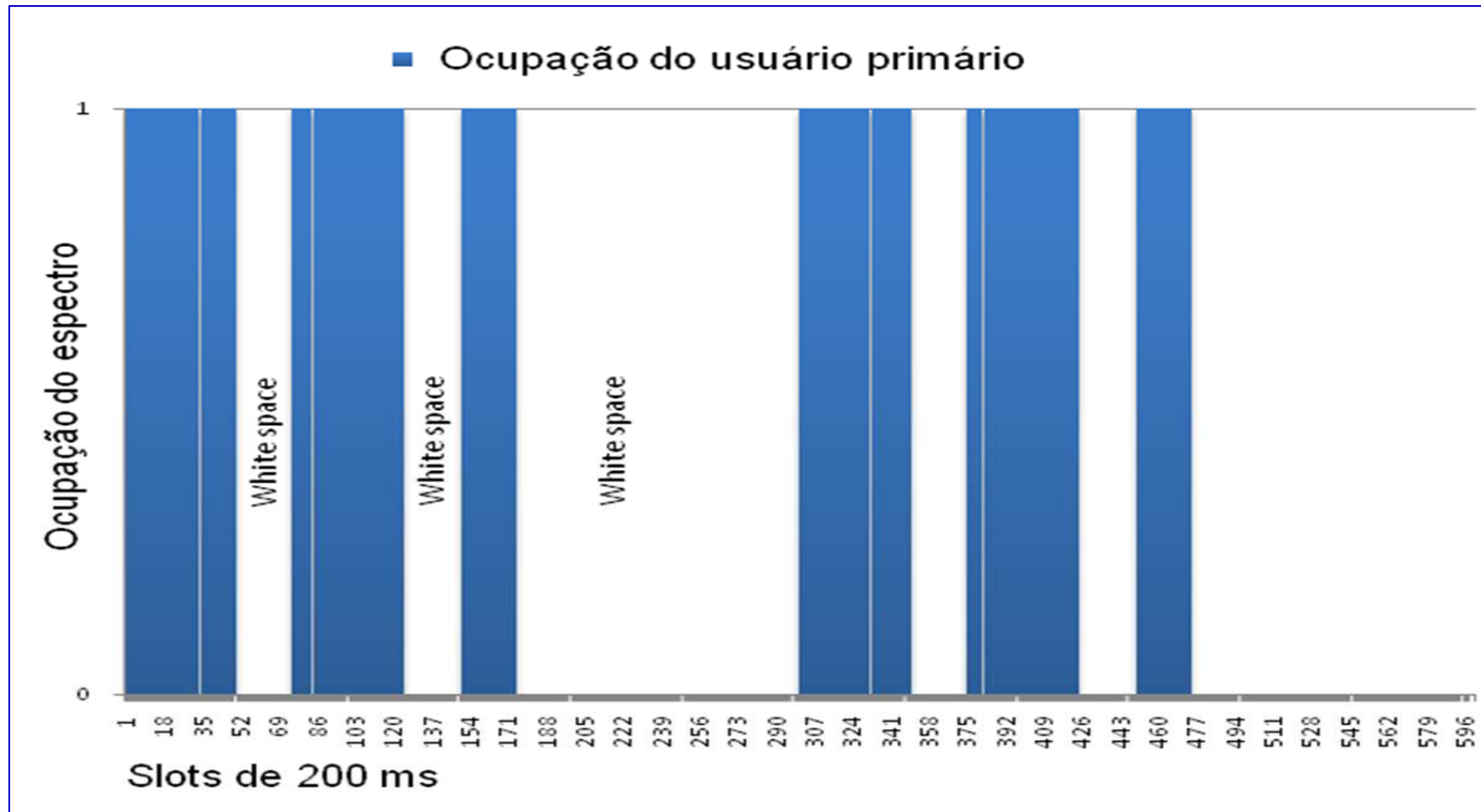
Modelo de ocupação (Cont.)



Modelo de ocupação (Cont.)

- Alguns serviços, devido à metodologia operacional e fraseologias utilizadas facilitam a captura das suas sequências médias de WS e BS, como por exemplo, o Serviço Móvel Aeronáutico - SMA, que pode ser representado pela modelagem indicada a seguir.

Modelo de ocupação (Cont.)



Modelo de ocupação (Cont.)

- **O Serviço Móvel Aeronáutico - SMA em horário de pico apresenta aproximadamente as seguintes taxas de ocupação e *white spaces*, 58,3%, e 41,7% respectivamente.**

Obs. Não está sendo sugerida a utilização de rádios cognitivos na faixa do SMA, pois se trata de serviço de tráfego aéreo que exige alta segurança e uma proteção institucional por parte dos órgãos reguladores, entretanto, ele foi utilizado como exemplo pela repetibilidade dos padrões de ocupação do espectro, o que facilita a sua modelagem.

Modelo de ocupação (Cont.)

- Na modelagem aplicada são utilizados os critérios indicados em (1) e (2) para parametrizar a ocupação do espectro:

$$T_{BS} (\%) = \frac{\sum_1^k (\sum_1^P T_{UP(k)})}{\sum_1^N T_S} \quad (1)$$

$$T_{WS} (\%) = (1 - T_{BS}) \quad (2)$$

Modelo de ocupação (Cont.)

- T_{BS} : Porcentagem do tempo com ocupação do espectro no ciclo definido (Somatórios de BS dos usuários primários – UP).
- T_s : Período dos slots de processamento do RC.
- N : Total de slots do ciclo definido.
- T_{up} : Tempo de ocupação do espectro do usuário(s) primário(s).
- K : k éximo usuário primário.
- P : Total de slots ocupados pelo K éximo usuário primário.
- T_{ws} : Porcentagem do tempo com espectro livre – WS.
- $\sum_1^k (\sum_1^P T_{UP(k)})$: Tempo de ocupação do espectro no ciclo definido (Somatórios de BS dos usuários primários – UP)

Obs. Considerados *slots* com 200 ms.

Operação do rádio cognitivo

Menor complexidade:

- Frequências dos usuários primários com baixa taxa de ocupação.
- Transmissão de dados, pois a necessidade de espectro de forma contínua nem sempre é necessária.

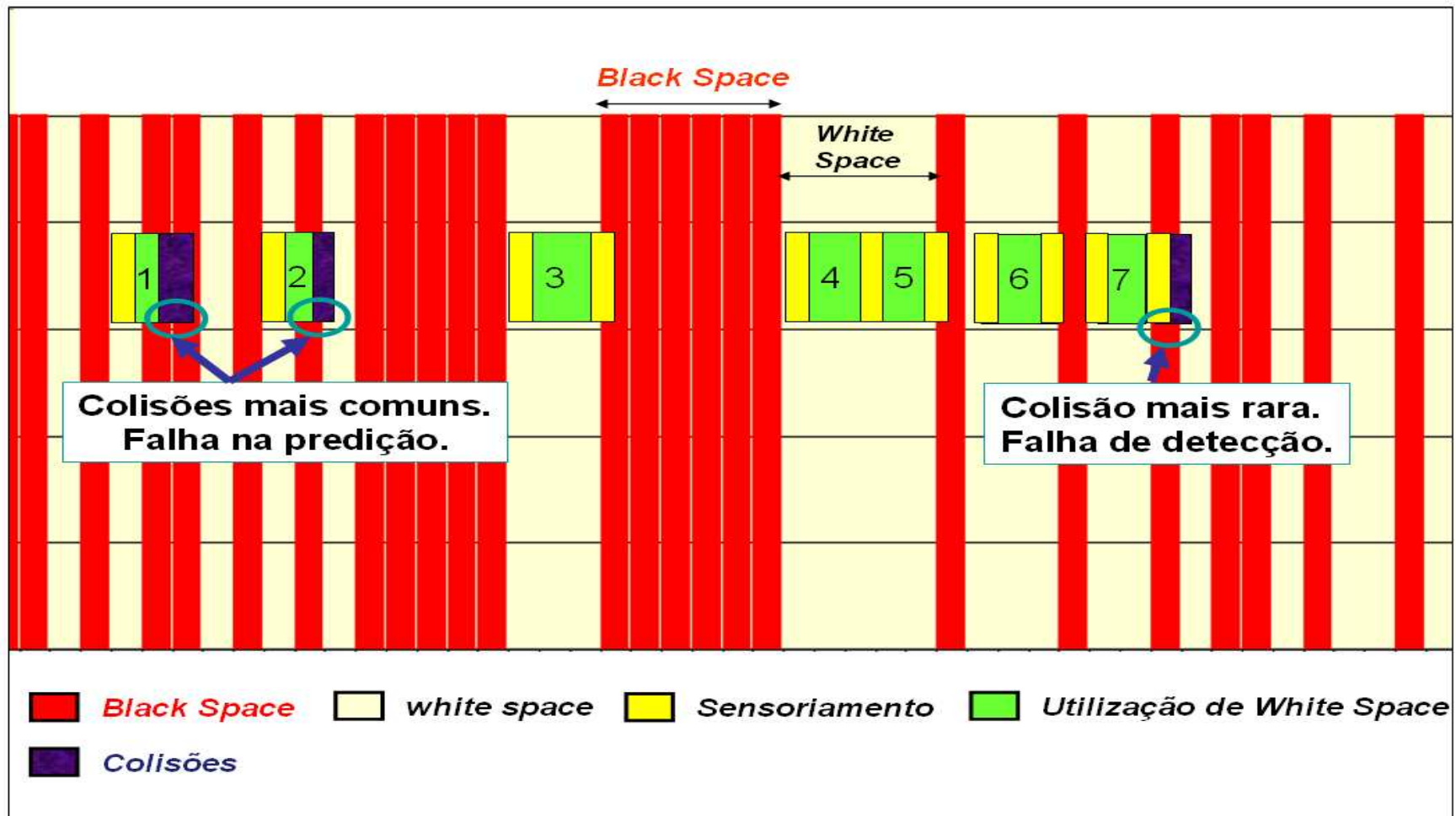
- Maior complexidade:

- Serviço desejado é transmissão de voz ou vídeo.
- O canal do RC formado pela combinação sequencial de várias frequências de UP.
- Pode não absorver interrupções prolongadas, sob pena de provocar degradação do serviço.

Operação do rádio cognitivo (Cont.)

- Os algoritmos mais complexos aumentam as probabilidades de detecções corretas de WS e BS, contudo, o RC pode mesmo assim errar nas predições, provocando colisões com o UP.
- Portanto, este estudo visa apresentar níveis de degradação permissíveis para os UP, especialmente, nos serviços de voz, gerados por RC.
- Supondo-se que a detecção dos sinais dos UP pelo RC seja robusta, as maiores probabilidades de ocorrências de colisões estão correlacionadas aos inícios das transmissões dos UP, como mostrado no próximo slide.

Operação do rádio cognitivo (Cont.)



Obs. Tempo máximo de transmissão contínua de 2 slots.

Níveis de degradação (Cont.)

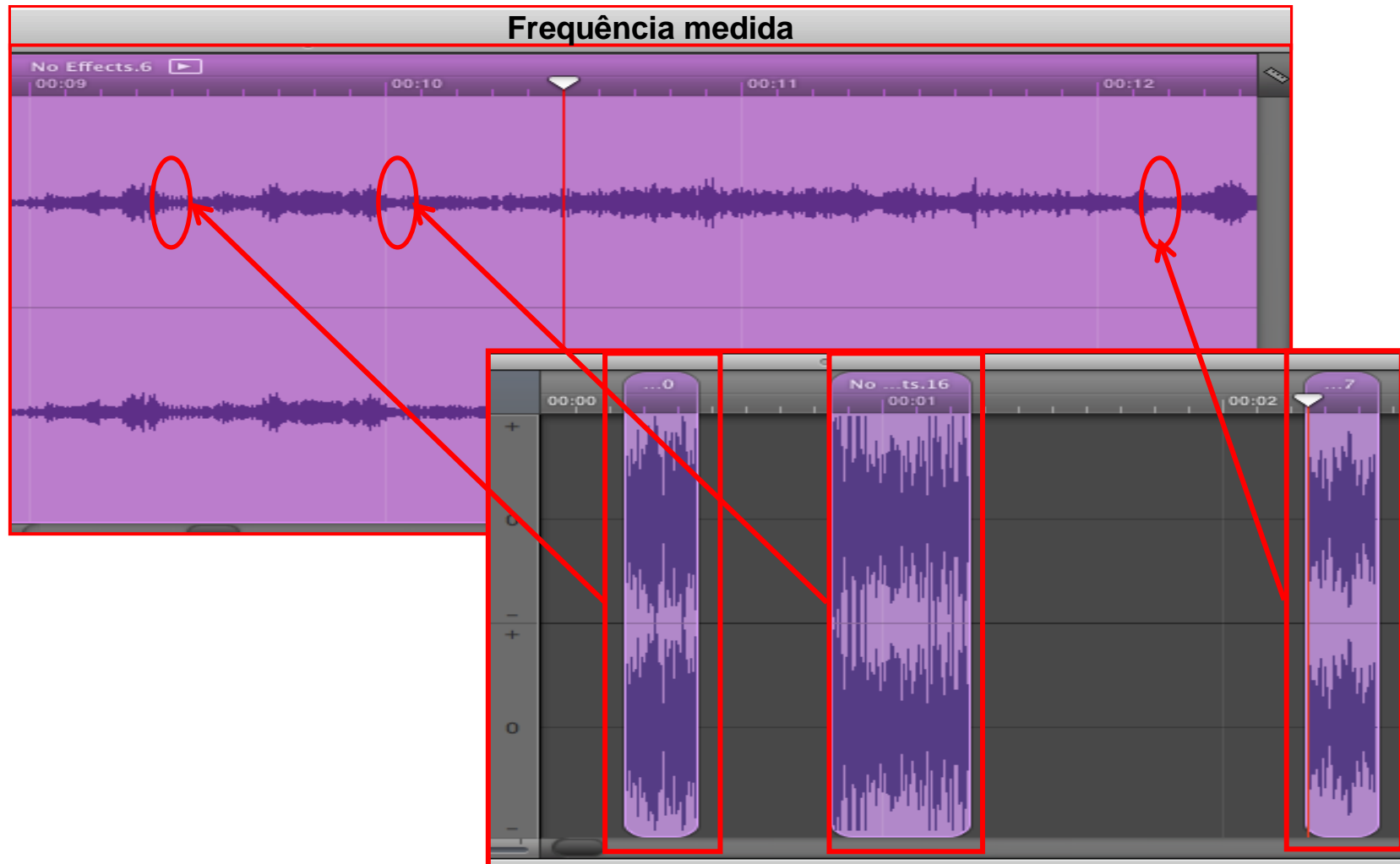
- Nas estimativas realizadas, as colisões do RC com o usuário primário (ocupação de 34,5%) ficaram em torno de 0,9%.
- Este valor não afeta a inteligibilidade da conversação, mas pode causar desconforto (avaliação subjetiva).
- Para balizar que níveis de interferências seriam toleráveis para os usuários primários foi levantada a tabela de avaliação dos níveis de degradação, que define a inteligibilidade e conforto das comunicações.

Obs. Valores obtidos por meio da reprodução dos dados das medições.

Níveis de degradação (Cont.)

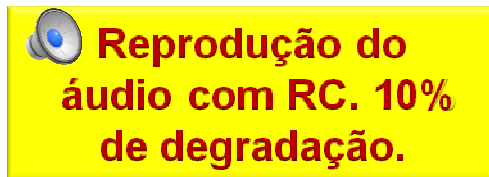
- Avaliação feita por especialistas em telecomunicações, por meio de blocos de conversações de 20 segundos.
- Inserção das colisões de 2 slots após os inícios das falas e as demais (1 slot) inseridas aleatoriamente.
- Pontos de colisão foram sinalizados com ruído para gerar degradação.

Níveis de degradação (Cont.)



Níveis de degradação (Cont.)

- Exemplos de áudio “limpo” e com “degradação”.

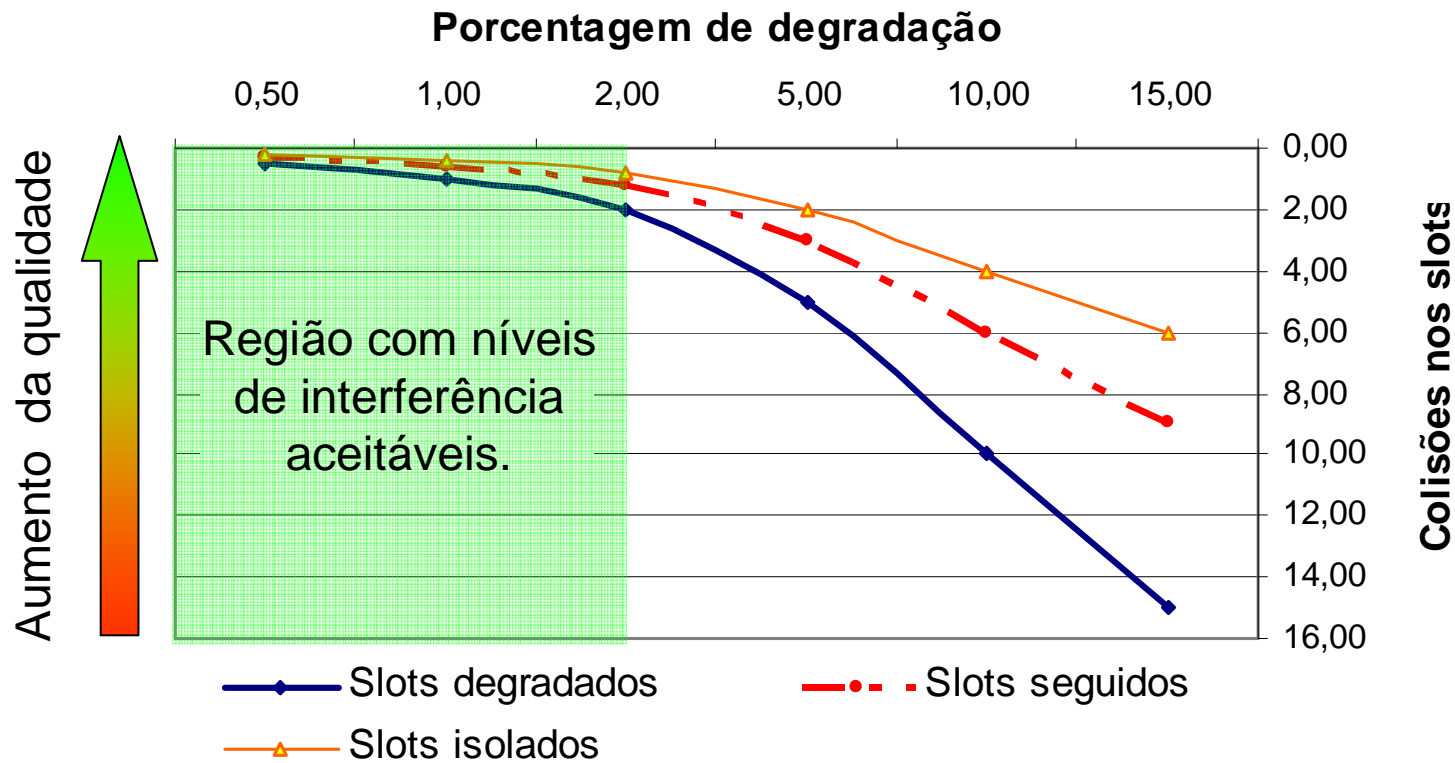


Níveis de degradação (Cont.)

Tabela de avaliação dos níveis de degradação

Gravações	Degradações	Graduação dos Avaliadores					Média
		1	2	3	4	5	
A	15%	4	5	5	4	4	4,4
B	10%	4	5	6	6	5	5,2
C	5%	6	6	6	7	5	6
D	2%	7	7	7	8	7	7,2
E	1%	7	6	8	7	8	7,2

Níveis de degradação (Cont.)



Resumo

- Medições de ocupação do espectro;
- Modelos de ocupação;
- Operação do rádio cognitivo;
- Estimativas de colisões (simulação estática);
- Definição de percentuais de degradação para avaliações; e
- Sugestão dos níveis de degradação dos Usuários Primários (porcentagem do tempo).

Conclusão

- As informações apresentadas sugerem uma metodologia para definição dos níveis de interferências permissíveis gerados por rádios cognitivos em sistemas de usuários primários.

Obrigado!

Ângelo Canavitsas

E-mail: canavitsas@petrobras.com.br

www.canavitsas.com.br