

Dialógos¹: WiMAX na Digitalização da Radiodifusão Sonora

Marcus Manhães²

08/10/2007

Resumo

Propõem-se o sistema Dialógos-WiMAX como uma nova alternativa tecnológica exequível para a digitalização da radiodifusão sonora, que ora opera em modulações AM e FM. Objetiva-se maior disponibilidade de largura de banda digital, com tecnologia sustentada em padrão industrial não proprietário, para promover a diversificação de serviços em uma infra-estrutura compartilhada. São considerados casos de aplicação que admitem comunicação unidirecional e bidirecional. Encaminha-se proposta de alocação espectral para o novo sistema, inclusive no período de simulcasting. A solução é desenvolvida para favorecer a ampla sociedade brasileira, especialmente, radiodifusores (OM/AM e VHF/FM), indústria eletro-eletrônica e instituições com fins nos serviços públicos.

1. Introdução

A lentidão na adoção da digitalização da radiodifusão sonora denota certa insatisfação mundial em relação aos sistemas específicos para tal propósito – não há adoção proeminente de qualquer das tecnologias. De fato, compreende-se que as alterações tecnológicas e os novos modelos de negócio estabelecem um curso para a convergência de redes e serviços. Tal curso, ao ser avaliado sob o olhar da radiodifusão mundial, é motriz para significativo grau de incerteza que faz protelar escolhas tecnológicas para a digitalização da radiodifusão sonora.

Dentre os sistemas existentes, destacam-se o Digital Radio Mondiale (DRM), em padrão aberto com vários colaboradores e o HD Radio, em padrão proprietário da norte americana ibiquity. De modo geral, tais sistemas aplicam a tecnologia digital em técnica de modulação Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). Porém, conservadores, apenas objetivam a melhoria na qualidade sonora, com alocação espectral idêntica à dos sistemas analógicos existentes. Assim, com as limitações de largura de banda digital, não há muito mais o que se obter além da melhoria de qualidade sonora. Nestes sistemas, um pequeno aumento de banda digital apenas poderá ser alcançado quando as transmissões analógicas puderem cessar, e estender-se modulações digitais sobre a parte do espectro que carrega a portadora analógica, em Amplitude Modulada (AM) ou Freqüência Modulada (FM).

Objetivando uma nova alternativa tecnológica para a digitalização da radiodifusão sonora, com maior disponibilidade de banda e, ao mesmo tempo, sustentada por um padrão industrial e não proprietário, considera-se viável e satisfatório a tais objetivos adotar-se o padrão Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX). Inicialmente, o WiMAX foi desenvolvido para as redes metropolitanas Metropolitan Area Network (MAN), sendo certificado pelo Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Destaca-se que o WiMAX especifica as camadas física e de acesso em sistemas aplicáveis a múltiplos serviços. Devido à sua elevada flexibilidade e variedade de configurações, em diversas faixas de freqüência, o WiMAX é considerado a solução tecnológica do momento para a convergência de redes e serviços.

Desenvolve-se nesse artigo um sistema, empregando-se o padrão WiMAX–IEEE 802.16 para a digitalização da radiodifusão sonora, atualmente ativa nas faixas: i) Onda Média (OM), em Amplitude Modulada (AM) que opera de 525 a 1605 kHz; ii) Very High Frequency (VHF), em Freqüência Modulada (FM), que opera de 87,4 a 108 MHz.

1 Nomenclatura correspondente à fusão de conceitos: dial e lógos – sintonia racional.

2 Pesquisador em telecomunicações e coordenador técnico do Laboratório de Convergência e Conteúdos Digitais da Diretoria de TV Digital na Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento – CPqD.

Devido à elevada capacidade do novo sistema proposto, que ora denomina-se Dialógos-WiMAX, além da digitalização dos serviços de OM e FM, poderão ser aplicadas variações da arquitetura sistêmica para, simultaneamente, prestar outros serviços de interesse público, que estão evidenciados no presente artigo.

2. Arquitetura Sistêmica Proposta

O transmissor da Estação Rádio Base (ERB) utiliza o padrão WiMAX 802.16e, adaptado para a faixa de frequência de VHF, canais baixos. Objetiva-se o atendimento de cobertura em diversidade morfológica que abrange desde áreas urbanas densas até mesmo áreas rurais e regiões de floresta. A capacidade do transmissor para o transporte de dados deve atender a composição de múltiplos sinais fonte, oriundos de diversos radiodifusores - provedores de conteúdo -, compondo pacotes de dados, conforme requisitos funcionais, a serem transportados sobre Internet Protocol (IP).

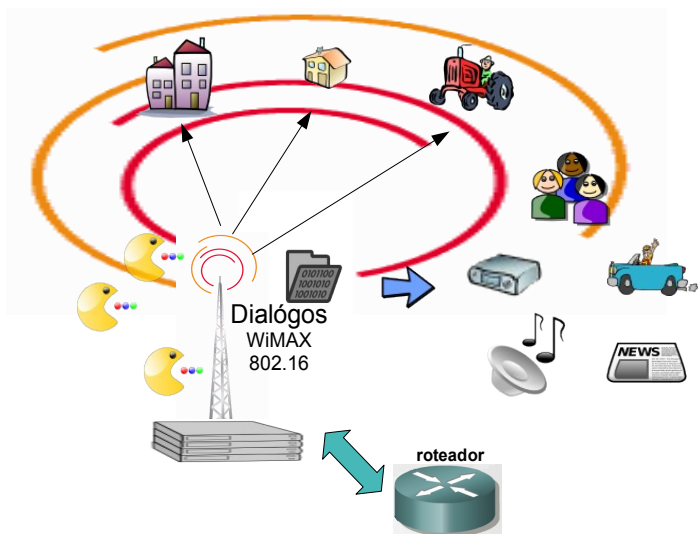


Figura 1 Arquitetura simplificada

A arquitetura sistêmica Dialógos-WiMAX é desenvolvida visando sua convivência temporária com os sistemas preexistentes, de televisão analógica e de rádio FM, até que possa ser dominante, com a desativação dos transmissores analógicos. São destacadas as capacidades de otimização e atendimento para múltiplos serviços, provedores e usuários. No padrão IEEE 802.16e estas características também são objetivadas para a estruturação de plataformas aplicáveis em múltiplos serviços. Assim, a ERB Dialógos-WiMAX transmite e recebe informações sob o padrão 802.16e, ou superior a este. Os conteúdos são submetidos aos codificadores e protocolos IP.

3. Casos de Aplicação

A arquitetura simplificada apresentada na figura 1 é genérica. Porém, cabe uma distinção de casos de aplicação que estabeleçam diferentes demandas e, ao mesmo tempo, evidenciem a potencialidade do sistema proposto. Destacam-se alguns casos representativos para o desenvolvimento da arquitetura, infra-estrutura e modelos de negócio. São eles:

3.1 Caso 1: Difusão Unidirecional – *Broadcast*:

Neste caso é considerada apenas a transmissão de um ou mais sinais de provedores de conteúdo para difusão destinada à múltiplos usuários, numa dada área de cobertura. Diferencia-se do atual paradigma de radiodifusão devido à possibilidade de mais de uma fonte de programação poder estar contida no mesmo meio transmissor. O usuário, através de um receptor apropriado, poderá proceder à escolha da emissora digital ou mesmo de qualquer uma das analógicas disponíveis na área de cobertura, seja FM ou AM. Portanto, o receptor é dual: analógico (AM e FM) e digital (Dialógos-WiMAX). O caso 1 está ilustrado na Figura 2:

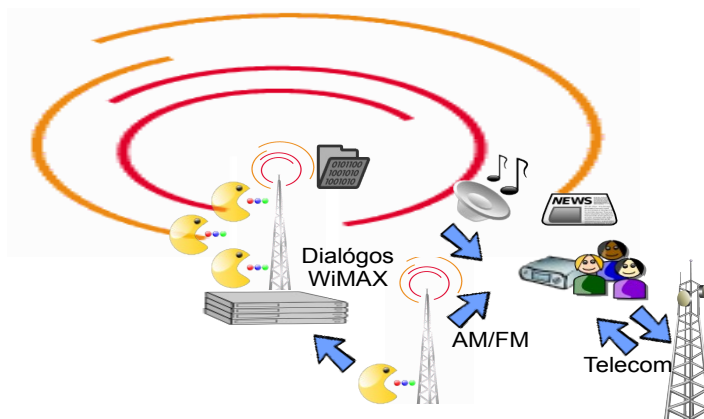


Figura 2 Caso 1

O caso 1 ilustra situação, particularmente, apropriada para áreas com grande conurbação, número elevado de emissoras AM e FM, limitação de espectro, inúmeras alternativas de conexão em banda larga e serviços de telecomunicações disponíveis para a toda a população. Neste caso, a evolução de serviços deve ser estabelecida através da maximização da banda de dados para a transmissão e, em complementaridade, dispor das redes e serviços de telecomunicações para sua efetivação plena com aplicação de interatividade. Cabe observar que os inúmeros provedores devem disponibilizar seu conteúdo para a ERB Dialógos-WiMAX, numa conexão que pode ocorrer através de um *link* privado ou serviço de telecomunicação ou, mesmo, através de um receptor dedicado aos programas, que estão difundidos nas faixas originais de OM ou VHF – esta última alternativa acarreta perda de qualidade.

3.2 Caso 2: Difusão Restrita Bidirecional – *Broadcast, Unicast e Multicast*

No caso 2 de aplicação ocorrem dois sentidos de transmissão. Naturalmente, o primeiro deles é idêntico ao caso 1, onde o conteúdo dos diversos provedores de conteúdo é disponibilizado para a transmissão do sentido ERB – usuários. Porém, fazendo uso da infra-estrutura que, neste caso, deve ser elaborada para obter largura de banda capaz de suprir outros serviços específicos para a comunidade. Conseqüentemente, torna-se necessário o estabelecimento de comunicação com sentido de transmissão para a ERB. Esta comunicação é denominada canal de retorno. A Figura 3 ilustra este caso e destaca um subconjunto de usuários restritos, que têm exclusividade para utilizar a comunicação provida pelo canal de retorno.

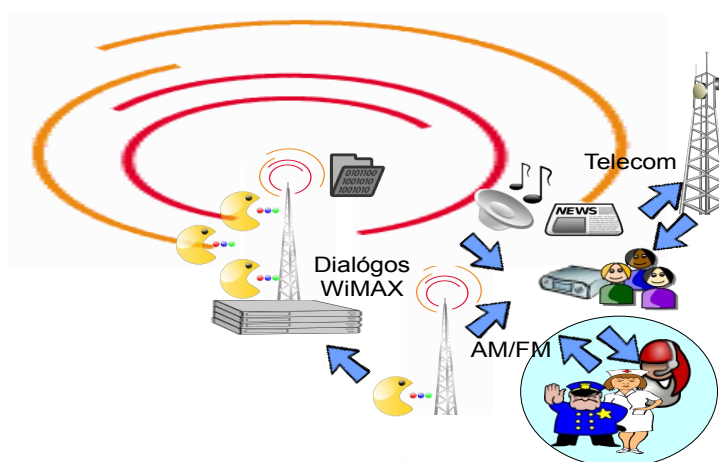


Figura 2 Caso 2

A aplicação para usuários exclusivos possibilita a implementação de serviços relacionados com a segurança pública, saúde, educação e, até mesmo, postos de telecentro – todos capazes de usufruir de comunicação Internet em banda larga. Não há restrições para o perfil morfológico da

área em que tal arquitetura poderá ser disponibilizada. Entretanto, um limite operacional se dá com a capacidade de banda digital e estimativa de tráfego associados. Por isso, ao privilegiar-se serviços de utilidade pública, a capacidade de comunicação bidirecional deve ser reservada somente para tal finalidade. Em decorrência, a capacidade de transporte de informações concorre apenas entre programações de radiodifusão sonora e serviços públicos, otimizando os recursos aplicáveis e a capacidade sistêmica.

3.3 Caso 3: Difusão Ampla Bidirecional – *Broadcast, Unicast e Multicast*

Este caso é representativo para aquelas regiões do país onde os serviços de telecomunicações são precários, havendo necessidade de grandes esforços para a inclusão sociodigital da população. Nestas áreas, o número de emissoras de rádio é substancialmente reduzido ou nulo. Ainda, o serviço básico de telecomunicação, voz, é precário. Devido à baixa densidade demográfica, há disponibilidade de espectro pela presença rarefeita de canais de televisão e de rádio. Particularmente, os canais de televisão são recebidos de satélite ou de retransmissores em Ultra High Frequency (UHF), favorecendo a disponibilidade de canais em VHF baixo e mesmo em UHF. Há possibilidades de ampliação de serviços de telecomunicações com a adoção do sistema Dialógos-WiMAX, naturalmente aplicando-se a maximização de banda. A figura 4 ilustra suas particularidades:

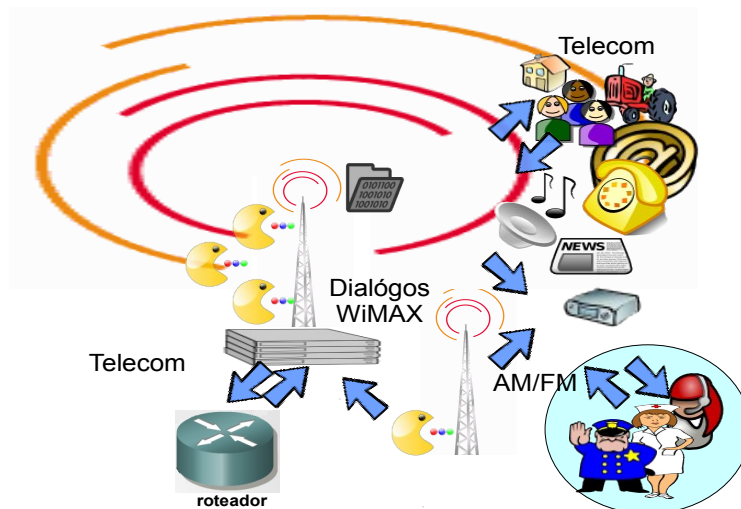


Figura 4 Caso 3

Os serviços fundamentais de comunicação são, portanto, implementados sobre IP e utilizam toda a capacidade da infra-estrutura que se estabelece em canais de transmissão bidirecionais proporcionados pela arquitetura Dialógos-WiMAX. Neste caso de aplicação, o sistema é muito mais exigido em sua capacidade de atendimento aos serviços denominados “de telecomunicações”. Admite-se que o número de programas de rádio sejam bastante reduzido nesta variável.

4. Hierarquia

A estrutura de rede apóia-se em serviços e protocolos capazes de sustentar a transmissão de pacotes IP, diferenciados em hierarquia, latência, delay, jitter, qualidade de serviço, e robustez. Para isso, os protocolos de transporte são utilizados de forma adequada à aplicação requerida. Os protocolos User Datagram Protocol (UDP) e Real-time Protocol (RTP) destacam-se para aplicações que são susceptíveis ao tempo. O TCP é empregado para transporte de dados em geral, que exigem confiabilidade elevada. A Figura 5 apresenta camadas do sistema:

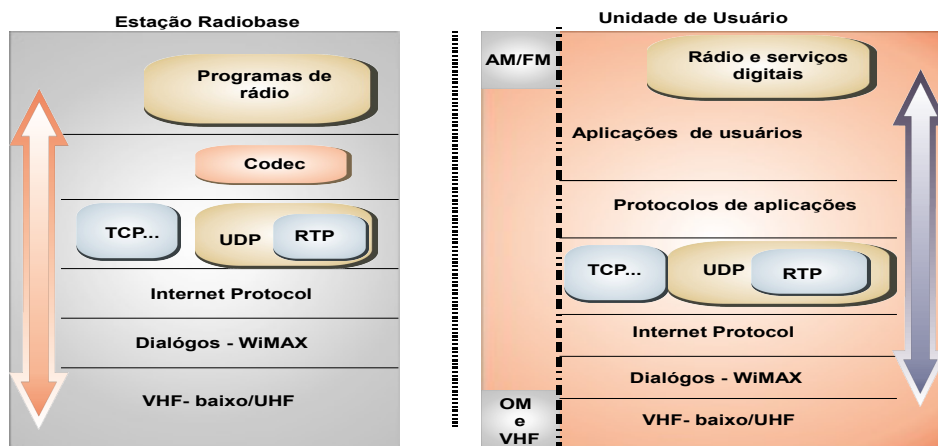


Figura 5 Camadas Diálogos-WiMAX

Os programas de rádio são codificados e mapeados em Datagrama IP, que seguem uma estrutura convencional, necessariamente, utilizada para prover informações que permitam ao dispositivo receptor do usuário escolher o “canal a ser recebido”. As informações para tal finalidade serão mapeadas no IP Header, especialmente nos campos *source* e *destination*, conforme Figura 6:

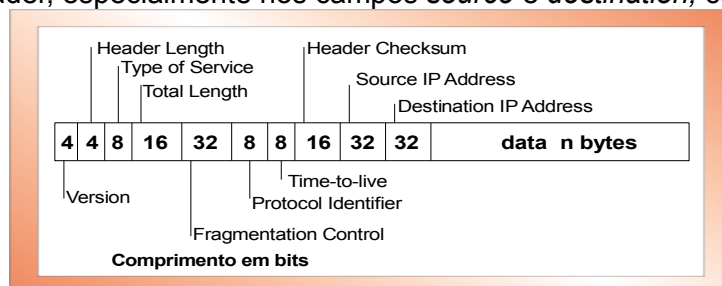


Figura 6 IP Header

5. Perfis Tecnológicos

Até aqui, apresentou-se a noção geral do sistema e casos representativos de aplicação. No entanto, é importante estabelecer requisitos para que o sistema seja capaz de suprir as demandas sugeridas. Embora pareça óbvio que a largura de banda seja um destes requisitos, de fato, será resultante da adoção dos mecanismos aplicáveis ao Diálogos-WiMAX.

Avaliando-se o padrão IEEE 802.16e é recomendável a adoção de perfis potencializadores de melhor desempenho em diferentes faixas de frequência e aplicações. Os perfis, também, devem permitir que os casos 1, 2 e 3 sejam efetivados. Para assegurar a operação, consideram-se adequados os seguintes mecanismos, contidos na tabela 1:

Item	Mecanismo
1	multipercurso, adequando o sistema para a recepção móvel veicular, exclusivamente na recepção de conteúdos de radiodifusão sonora;
2	ausência de linha de visada;
3	controle de potência, no caso de transceptores;
4	técnicas para mitigação de interferências;
5	acesso multiplexado;
6	largura de banda de operação variável de 1,25 a 54 MHz, em sub canais de transmissão;
7	Time Division Duplexing (TDD), que utiliza um único canal de radiofrequência para os canais de

	subida e descida;
8	Frequency Division Duplexing (FDD), que requer dois canais de radiofrequência, um para a subida e outro para a descida;
9	vários tipos de terminais de usuário (somente receptor ou transceptor);
10	terminal de usuário transceptor capaz de operar em FDD (<i>half-duplex</i> ou <i>full-duplex</i>);
11	modulação adaptativa;
12	codificação de canal: Randomizer, Forward Error Correction (FEC);
13	Block Turbo Coding (BTC) e – Convolutional Turbo Coding (CTC);
14	Interleaving, onde todos os bits de dados codificados são intercalados;
15	esquemas de modulação BPSK, QPSK, 16 QAM e 64QAM;
16	taxas de codificação de 1/2, 2/3 e 3/4;
17	subcanalização aplicada ao canal de subida.

Tabela 1 Mecanismos

Recomenda-se o emprego da técnica FDD, quando o sistema for aplicado em situações representadas pelos casos 2 e 3. As taxas de transmissão obtidas devem ser bastante elevadas e chegar a superar 18 Mbit/s quando o canal utilizado corresponder a 6 MHz de largura e atingir 75 Mbit/s utilizando 20 MHz de banda.

A largura a ser ocupada pelo canal poderá ser variável, segundo disponibilidade e estratégia de compartilhamento de espectro e implementação de serviços. Isto implicará na característica dos transmissores da ERB, cujo custo poderá ser reduzido se a largura de banda for menor. No custo do amplificador de potência, considere-se linearidade, banda e configurações complementares para obter-se maiores potências de operação. Em alternativa, o transmissor da ERB poderá compor-se de diversos transmissores, alocados em faixa de frequência contígua ou não, sendo implementados segundo exigência de banda de dados e tráfego associados.

6. Codificação de áudio

Na codificação de programas radiofônicos, recomenda-se a adoção dos codificadores para áudio MPEG-2 AAC, os mesmos adotados no Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD). Tal codificador admite a convivência de som com áudio multicanal, Estéreo ou Mono. A frequência de amostragem pode ser de 32 kHz, 44,1 kHz ou 48 kHz. Ainda, deverá prever-se canais dispostos na configuração 3/2 (Lf, Rf, C, Ls, Rs) ou 5.1 (Lf, Rf, C, Ls, Rs, LFE). Isso é importante para definir-se a taxa máxima a ser utilizada por um programa, que neste caso apresentar-se-á em torno de 256 Kbps. Como decorrência desta escolha técnica, será possível desenvolver um modelo alternativo de receptor Diálogos-WiMAX, para ser aplicado junto ao set-top-box da TV Digital, acoplado pela porta Ethernet. Assim, o set-top-box será capaz de decodificar as emissoras de rádio e reproduzir seu áudio no sistema de som da TV, e mesmo apresentar alguma imagem associada ao conteúdo. O ganho de escala do decodificador MPEG-2 AAC será favorecido com as demandas de rádio e de TV.

7. Plano de frequência

O plano de frequência é decisivo no funcionamento do sistema proposto. A área de cobertura local objetivada é equivalente àquela obtida nos sistemas analógicos atuais de rádio e de televisão. Para a definição de faixa de frequência, consideram-se fatores determinantes: a simplificação de infra-estrutura, viabilidade na administração do espectro, estabelecimento de planos de frequência e convivência harmônica com os sistemas atuais.

No sistema Diálogos-WiMAX, a transmissão da ERB para os múltiplos usuários deverá ocorrer em faixa de frequência compreendida entre 54 e 108 MHz, correspondente aos canais VHF baixo do sistema de televisão e contígua à faixa destinada ao Rádio FM. Trata-se de faixas destinadas à transmissão da televisão aberta que serão disponibilizadas com a futura desativação dos canais de TV analógicos e do Serviço de FM, tema focal da digitalização do rádio. Entretanto, até que ocorram liberações de canais, deve ser considerada, apenas, a ocupação dos canais bloqueados no correspondente plano básico de canais de televisão – denominados canais adjacentes, que, no entanto, admitem utilização e convivência quando neste canal adjacente a transmissão se dá com sinal tal que se caracterize como o do espectro OFDM, e com potência relativamente menor.

Em tal recomendação apóia-se nas análises desenvolvidas para a determinação de padrões de digitalização da televisão. A convivência entre sinais provenientes de transmissores de TV analógicos e sinais digitais foram rigorosamente avaliadas, resultando em recomendações em nível internacional, especialmente para o plano de canais, tal como ocorreu no Brasil. A Figura 7 ilustra a ocupação do canal 3 de televisão com um sinal de transmissor Diálogos- WiMAX, adjacente ao canal 2 onde há presença de transmissão para a TV analógica.

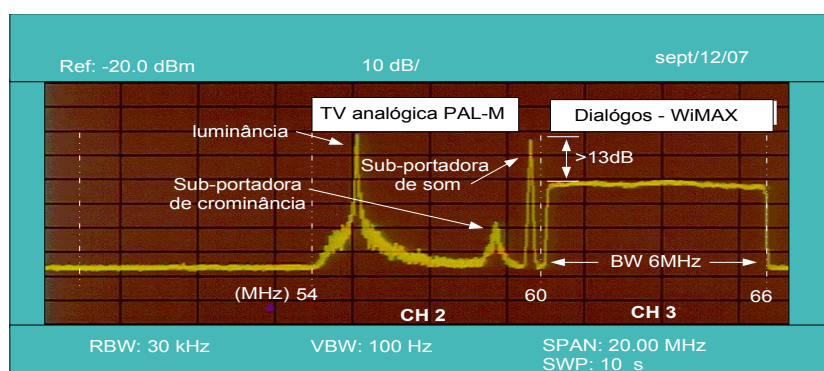


Figura 7 Canais adjacentes TV & Diálogos-WiMAX

A faixa destinada à transmissão do usuário para a ERB apresenta outras considerações relevantes. Admite-se que é necessário o distanciamento entre as frequências de transmissão e de recepção, portanto aplicando-se o FDD. O comprimento de onda é fundamental para a definição física de antenas, se isso for necessário. Assim, o receptor do usuário, com robustez decorrente da técnica de codificação aplicada, deverá operar com qualidade, sem o emprego de uma antena externa, dentro de uma área definida como contorno protegido – a mesma área estabelecida para as estações de rádio analógicas.

Quando existir um transmissor no dispositivo do usuário, este deverá operar em frequência distinta daquela aplicada para a recepção. Sugere-se que os canais de UHF situados entre o 60 e o 69 de televisão sejam especificados para tal finalidade. Estudos desenvolvidos para o canal de retorno da Televisão Digital brasileira validam tal recomendação. Estes canais situam-se entre 746 e 806 MHz, apresentando desempenho muito bom para a transmissão a partir de dispositivos compactos, sem exigir o uso de antenas externas para todas as situações. Se necessário, torna-se simples a instalação de antenas externas, fato proveitoso para aplicações do caso 3 em áreas rurais e remotas, usufruindo da diretividade e ganho das antenas.

8. Comparações de Desempenho

Na tabela 2 faz-se o exercício de alocação para emissoras de rádio, conforme caso 1, admitindo-se a ocupação do canal 3 e situação equivalente àquela apresentada na Figura 7. Assegura-se a robustez necessária para qualidade de enlace, que implica em uma taxa líquida de 18 Mbit/s. Os usuários podem ou não estar em condição de visada desobstruída.

Item	especificação	Comentário
Sistema digital Diálogos-WiMAX		
Canal RF	CH 3 de 60 a 66 MHz	Canais adjacentes ativos para televisão (2 e 4)
Taxa de bits (líquida)	18 Mbit/s	Já considera mecanismos de robustez derivados do WiMAX
Overhead	1,2 Mbit/s	Implementação de IP Header e outros dispositivos de segurança aplicáveis ao protocolo IP
Largura de banda	6 MHz	Limitada ao canal de TV
Taxa programa de rádio	256 kbit/s (pode ser reduzido)	Empregando-se codificador MPEG-2 AAC
Raio de cobertura	80 km	Maximizado, impondo degradações (ruído impulsivo, multipercurso e desvanecimento seletivo e perda de penetração)
Número de emissoras admitido por localidade	60	Todas com mesma qualidade. Este número pode ser elevado. (Caso de aplicação 1)
Serviços adicionais	Data, imagem, multiprogramação...	Há banda de dados adicional para compartilhar e diversificar serviços.
Sistema digital iBOC/FM		
Faixa de frequência	88 a 108 MHz	Aplicando-se regras de convivência
Largura de Banda	20 MHz	400 kHz por canal (emissora)
Número de emissoras admitido por localidade	26	Qualidade de Recepção diferenciada
Raio de cobertura	Individualizado e em torno de 50 km para o digital	Presença de interferências mútuas área de cobertura digital ¼ da área analógica
Serviços adicionais	multiprogramação	Taxa líquida 148 kbit/s por canal P1 25 kbit/s, P2 98 kbit/s, P3 25 kbit/s

Tabela 2 Desempenho estimado comparado

9. Comentários e Conclusões

Uma das questões significativas para a avaliação de uma dada tecnologia, que deva ser absorvida por uma massa de consumidores, refere-se ao custo de produção e, conseqüente, seu reflexo no preço de comercialização dos dispositivos de recepção, ou de transceptores. Este é um dos mais significativos desafios para a definição de uma tecnologia capaz de digitalizar o serviço de radiodifusão sonora. A escala de produção dos dispositivos, mais particularmente do chip-set, onde o núcleo tecnológico está embutido, é o primordial fator que define seu custo. A adoção de um chip-set de amplo emprego para a digitalização da radiodifusão sonora apresenta um ganho de escala muito expressivo.

O chip-set WiMAX é elaborado em um único chip que executa todas as funções e, para operação

em outras faixas de frequência, adapta-se o receptor, ou transceptor, com o emprego de conversores adequados no *front-end*. Assim, a flexibilidade contribui para a maximização da escala de produção, ao viabilizar sua adoção nos mais variados serviços. A escala de produção do rádio é da ordem dos 100 milhões de unidades, significativa, portanto.

A factibilidade de uso do espectro, com novas adaptações, é oportunidade temporal. Ocorre hoje, devido ao processo mundial de digitalização dos canais de televisão. Associado a isso, também, acontece uma discussão acerca da convergência e das leis aplicadas aos serviços de radiodifusão e de telecomunicações.

Necessidades sociais já foram evidenciadas em inúmeros trabalhos e pululam proposições para criação de centros de inclusão digital. No entanto, observa-se deficiência significativa de soluções de acesso, especialmente para áreas remotas, onde as características de propagação da faixa VHF podem minimizar algumas dificuldades técnicas.

A centralização de infra-estrutura para a transmissão de radiodifusão dissolve questões históricas: a diferença técnica entre estações AM e FM, além da minimização de efeitos de radiação não-ionizante, com a redução de número e potência de transmissores. A transmissão simultânea de transição tecnológica, denominada simulcasting³, também está garantida. Embora adote-se faixa de frequência distinta, é de factível implementação apresentando o mesmo comportamento de propagação que evidencia-se no sistema VHF-FM.

O sistema Dialógos-WiMAX promove a diversificação de serviços e conteúdos, e propõe que seus respectivos provedores compartilhem a mesma plataforma. Tal fenômeno evidencia a cisão entre serviços e plataforma. Historicamente, a radiodifusão sonora não distingue serviço e plataforma, algo que é correspondido através da legislação e atribuição espectral. Portanto, o sistema Dialógos-WiMAX traz à radiodifusão sonora um novo paradigma que, na atualidade, encontra-se em discussão para uma tendência mundial.

Apresenta-se, com o sistema aqui proposto, oportunidades para as emissoras comerciais, com maximização de banda, diversificação de programação (multiprogramação), novos negócios e modelos e, até mesmo, redução de custos operacionais. Novas emissoras podem surgir e compartilhar a infra-estrutura, mesmo nas regiões do país em que, hoje, elas estão ausentes.

Outro fator fundamental é a possibilidade de que a indústria eletrônica nacional, de transmissores e receptores, faça uso da tecnologia aberta para o desenvolvimento de produtos que podem constituir diferenciações em modelos, exigências e serviços. Esta tecnologia é aplicável para qualquer país, no atual contexto tecnológico. O modelo brasileiro pode ser exportado para todos os continentes e apresenta potencial para isso.

10. Referências

Anatel; Regulamento Técnico Para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Onda Média e em Onda Tropical- 120 METROS; Brasília-DF; 2003.

_____; Anexo à resolução no. 67, de 12 de novembro de 1998. Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada; Anatel.

_____; Rádio Digital No Brasil: Situação Atual; 2006.

Code of Federal Regulations. Title 47 - Telecommunication. Chapter I - Federal Communications Commission. Part 73 - Radio *Broadcast* Services. Section 317. FM transmission system requirements.

CPqD; Planejamento de Canais de TV Digital; Anatel; 2003.

_____; Relatório de análise dos testes de laboratório e campo de sistemas de TV; Digital realizados no Brasil; 2001.

IEEE; Standard for Local and metropolitan area networks IEEE Std 802.16e; 2005.

3 O simulcasting considera a manutenção temporária da transmissão analógica, até que os usuários adotem a nova tecnologia digital.

Manhães, Marcus; A Nova Era da Radiodifusão Sonora Digital; 2007.

Recomendación UIT-R BS. 1514-1 Sistema para radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de 30 MHz; 2004.

_____ BS. 1114-5 Sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal para receptores en vehículos, portátiles y fijos em la gama de frecuencias 30-3 000 MHz; 2004.

WiMAX Forum; Regulatory Position And Goals Of The WiMAX Forum; 2004.