

PADRÕES DE RADIOCOMUNICAÇÃO DIGITAL

Eduardo Gonçalves da Silva ¹

RESUMO

As redes de comunicação via radiofrequência constituem-se na principal ferramenta de apoio a atividade operacional das entidades que desenvolvem suas ações no campo da Segurança Pública. Os três principais padrões de radiocomunicação digital, APCO-25, TETRA e TETRAPOL, estão sendo desenvolvidos para disponibilizar recursos e serviços que possam contribuir para melhorar o desempenho das atividades dos órgãos de Segurança Pública. As empresas fabricantes que desenvolvem produtos a partir destes padrões, travam uma batalha mortal para tentar alcançar a hegemonia do mercado mundial, e conseqüentemente aumentar seus lucros. Nesta batalha cada empresa apresenta apenas as vantagens, procurando ignorar as deficiências de seus produtos. A realização de um artigo cuja característica principal é a isenção de pré-conceitos, elaborado a partir de conhecimentos técnicos e científico, viabiliza a apresentação de um panorama esclarecedor que permite uma comparação objetiva e conclusiva entre os padrões analisados.

Palavras Chaves: radiocomunicação, padrões, APCO-25, TETRA e TETRAPOL.

ABSTRACT

The communication nets saw radio frequency consist in the main tool of support the operational activity of the entities that develop its action in the field of the Public Security. The three main standards of digital radio communication, APCO-25, TETRA and TETRAPOL, are being developed to make possible resources and services that can contribute to improve the performance of the activities of the agencies of Public Security. The companies manufacturers who develop products to leave of these standards, stop a mortal battle to try to reach the hegemony of the world-wide market, and to increase its profits. In this battle each company presents only the advantages, looking for to ignore the deficiencies of its products. The accomplishment of an article whose main characteristic is the exemption of daily pay-concepts, elaborated from knowledge scientific technician and, makes possible the presentation of an enlightening panorama that allows an objective and conclusive comparison between standards analyzed.

Keys words: radio communication, standards, APCO-25, TETRA e TETRAPOL.

¹ Mestre em Engenharia Ambiental (UFSC), Graduado em Marketing (UNISUL) e Graduando Sistema de Informação (UFSC).. E-mail: eduardo@inf.ufsc.br.

1. Introdução

‘O rádio é o salva-vidas do policial. Quando segundos contam, a comunicação clara e eficiente é que faz a diferença para um motorista ferido, para a vítima de um crime ou para um policial ferido.’

Coronel W Steve Flaherty, Estado da Virgínia, EUA.

Este artigo visa apresentar uma análise técnica comparativa entre os seguintes padrões de radiocomunicação digital: APCO-25, TETRA e TETRAPOL.

As redes de radiocomunicação digitais foram especificadas e desenvolvidas para serem utilizadas principalmente por órgãos de Segurança Pública, e por este motivo o foco principal deste artigo é analisar com maior riqueza de detalhes, as características que apresentam aplicabilidade para estes órgãos, tendo em vista que um sistema de um modo geral oferece mais recursos e serviços do que seria necessário, para desta forma viabilizar seu uso em outras aplicações.

Inicialmente apresentaremos quais são as características mínimas que uma rede de radiocomunicação necessita possuir para ser utilizada por órgãos de Segurança Pública.

Os requisitos técnicos que compõe cada padrão de radiocomunicação digital são apresentados no formato de uma tabela, sendo que os principais itens são comentados, de forma a apresentar informações extras, para melhor fundamentar a análise comparativa que procuramos realizar neste artigo.

2. Características mínimas de uma rede de radiocomunicação

Uma rede de radiocomunicação digital para ser utilizada por órgãos de Segurança Pública deve possuir pelo menos as seguintes características:

1. Utilizar protocolos abertos e possuir diversos fabricantes de terminais e infraestrutura;
2. Possibilitar o serviço de comunicação via radiofrequência, para voz e dados (para envio e recebimento);
3. Possibilitar interconexão com Internet via protocolo TCP/IP e disponibilizar serviço de comunicação com suporte à voz sobre IP;
4. Utilizar técnicas para uma comunicação segura, com a implementação de criptografia dinâmica na interface aérea, para codificação de voz e transmissão de dados;
5. Selecionar automaticamente a canalização de radiofrequência para encaminhamento das comunicações de forma transparente ao usuário (sistema troncalizado);
6. Estabelecimento de chamada em tempo inferior a 500 ms;
7. Estabelecer níveis diferentes de prioridades (para chamadas em grupo ou individual);
8. Comunicações de dados com velocidade superior a 7,2 kbps;
9. Desconectar uma comunicação quando outro transceptor, configurado com maior privilégio, necessitar estabelecer uma comunicação e o sistema estiver saturado;
10. Estabelecer chamadas de emergência;

11. Realizar ações de aglutinação e restauração dinamicamente de grupos pré-existentes no sistema, possuir estrutura flexível e hierárquica de grupos;
12. Realizar chamadas através de console de despacho; e selecionar simultaneamente grupos e/ou indivíduos nas consoles de despacho;
13. Monitoração da atividade (scan) dos grupos de conversação;
14. Intercomunicação imediata e direta com um usuário ou um grupo de usuários, tanto local quanto de outras regiões, e capacidade de operação multisítio;
15. Roaming para voz e dados em redes de mesma tecnologia;
16. Permitir habilitação e a desabilitação via aérea do acesso de terminais ao sistema;
17. Gravação das comunicações de voz;
18. Interconexão com outras redes de radiocomunicação para redes troncalizadas e convencionais (analógicos ou digitais);
19. Possuir um número de identificação único por terminal;
20. Identificar usuário chamador, sem a necessidade de qualquer ação por parte do usuário chamado, nos terminais portáteis, móveis, fixos e nas consoles;
21. Intercomunicação direta entre rádios, sem necessidade do sinal de radiofrequência ser processado pela estação rádio base ou estação repetidora;
22. Operação em faixas de frequências destinadas à correspondência oficial;
23. Operação em larguras de faixa de canal compatíveis com a legislação;
24. Todos os equipamentos devem estar certificados e homologados pela ANATEL;
25. Capacidade de operar nas bandas alocadas para comunicação oficial pela ANATEL;

26. Possuir estação repetidora móvel com possibilidade de ser transportada e alimentada por veículo tipo utilitário, e que possam operar como extensores da área de cobertura;
27. Possibilitar interconexão com a rede de telefonia pública;
28. Possuir terminais móveis com receptor de GPS, que transmitam a posição;
29. Possuir terminais digitais que possam operar também em modo analógico;
30. Interoperabilidade e interconexão com as redes que estejam em operação.

3. Características técnicas dos padrões

A tabela a seguir apresenta as principais características de uma rede de radiocomunicação digital, a fim de permitir de uma maneira objetiva e técnica, a realização da comparação do desempenho entre os padrões: APCO-25, TETRA e TETRAPOL.

	CARACTERÍSTICAS	APCO-25	TETRA	TETRAPOL
1	Tecnologia	FDMA	TDMA	FDMA
2	Modulação	QPSK-C	□/4DQPSK	GMSK
3	Vocoder	IMBE	A-CELP	RP-CELP
4	Banda de frequência (Mhz)	130-900	380-900	70-900
5	Espaçamento de canais (Khz)	12,5	25	10 e 12,5
6	Número de canais em 25 Khz	2	4	2
7	Potência de equipamento móvel (W)	1, 3 e 10	1, 3 e 10	1, 5 e 10
8	Sensibilidade estática	-	MS: -113 dBm BTS: -115 dBm	MS: -119 dBm BTS: -121 dBm
9	Sensibilidade dinâmica	-	MS: -104 dBm BTS: -106 dBm	MS: -111 dBm BTS: -113 dBm
10	Taxa para transmissão dados na rede (kbits/s)	9,6	28,8	7,2
11	Taxa de bit no canal (kbits/s)	-	36	8
12	Eficiência do espectro com interferências limitadas -alto tráfego e muitas células (bit/(s*kHz*cell))	-	50	43
13	Eficiência do espectro com barulho limitado - célula isolada (bit/(s*kHz*cell))	-	384	192
14	Tamanho das células em área rural	53 km	20,7 km	31,1 km
15	Tamanho das células em área urbana	5,4 km	2,9 km	4,3 km
16	Máximo path loss em área rural (margem 7 db)	157,8db	144 db	150 db
17	Máximo path loss em área urbana (margem 20 db)	131,3 db	122 db	128 db
18	Número de estações base em área rural	161	1.056	466
19	Número de estações base em área urbana	683	2.427	1.071
20	Custo terminal (dólares)	2.500	700	1.300
21	Melhor desempenho em ambientes com densidade	baixa	alta	alta

22	Operação modo DUPLEX	não	sim	sim
23	Largura de Banda sob demanda	não	sim	não
24	ISI – interconexão e roaming entre redes	não	sim	sim
25	Sistema isofrequencial e voting	sim	não	não
26	Compatibilidade com analógicos	sim	não	não
27	DMO – modo dual e gateway	não	sim	não
28	Transmissão simultânea voz+dados	não	sim	sim

Observação: tendo em vista a escassez de fontes para a realização desta pesquisa, alguns campos não foram preenchidos.

A seguir passaremos a analisar as principais características capazes de influenciar no desempenho de uma rede de radiocomunicação digital.

O item 4 apresenta a ‘**banda de frequência**’ de operação de cada padrão de radiocomunicação, sendo que neste quesito o TETRA possui pior desempenho, tendo em vista que sua frequência mais baixa de operação é de 380 Mhz, enquanto que no APCO-25 chega a 130 Mhz e no TETRAPOL até mesmo a 70 Mhz. Quanto menor a frequência de operação, maior será a área de cobertura de cada sítio, ou seja, serão necessário menor investimento em infraestrutura, isto se o custo de cada site fosse similar para cada padrão, no entanto o custo de cada site varia de acordo com o projeto e padrão da rede. Existe um custo mínimo necessário para ativação de um Site, tendo em vista ser necessário prever a compra ou locação de um terreno, a construção de uma torre, construção de um abrigo para guardar os equipamentos, compra de geradores e banco de baterias, gastos para manutenção das instalações e pagamento da conta de energia elétrica. Todos estes custos são independentes do equipamento que será instalado no local. Quanto maior a quantidade de sites, maior serão os custos, porque nem todos os locais considerados tecnicamente ideais para instalação do Site, poderão receber esta infraestrutura. Os sites são ativados onde é possível e não onde deveriam ser instalados, tornando-se necessário ativar mais sites do que o previsto no projeto original.

Os itens 5 e 6 apresentam o espaçamento e quantos canais podem operar em 25 kHz. O TETRA apresenta uma eficiência espectral 100% superior ao APCO-25 e TETRAPOL, que apresentam o mesmo desempenho, ou seja, em 25 kHz consegue utilizar apenas dois canais tendo em vista que cada canal utiliza 12,5 kHz, enquanto que o TETRA possui canais de 6,25 kHz. Quanto menor for o canal, maior a quantidade de canais podem ser utilizados em determinada banda de frequência. Esta é uma característica importantíssima tendo em vista que o espectro de radiofrequência encontra-se cada vez mais saturado, sendo este justamente a principal virtude das redes

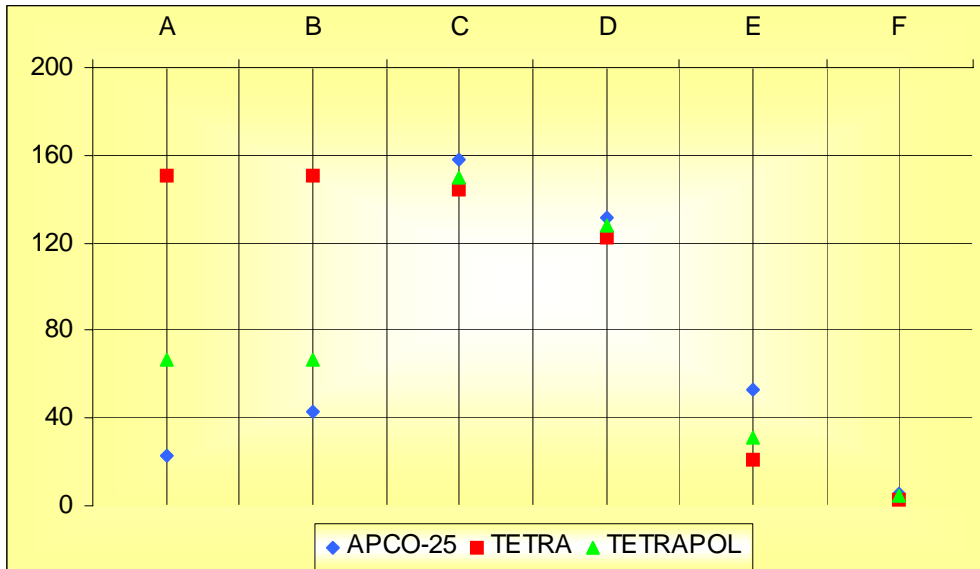
troncalizadas, que são capazes de utilizar a mesma frequência para diversas redes, sem que haja interferências entre elas. No entanto não basta utilizar uma rede troncalizada para resolver o problema de espectro de radiofrequência, é necessário utilizar canais cada vez menores, a fim de aumentar a quantidade destes, mas neste aspecto o principal problema é a qualidade, tendo em vista que em canais com pequena largura a qualidade do áudio pode ser prejudicada, bem como, poderá ficar limitada a taxa de transmissão de dados. A rede TETRA apresenta áudio com boa qualidade e resolve o problema da taxa de transmissão de dados, alocando simultaneamente, quando necessário, quatro canais, de forma a multiplexar e quadruplicar a taxa de transmissão de dados. O APCO-25 e o TETRAPOL estão desenvolvendo-se tecnologicamente, de modo a viabilizar sua operação em canais de 6,25 kHz, a fim de suprir esta deficiência na otimização do espectro de radiofrequência.

O item 7 apresenta a '**potência do equipamento móvel**', sendo que em comparação com sistema analógicos, há uma redução na potência dos equipamentos, de modo que temos mais um motivo para justificar a necessidade de ser empregado nestas redes um número muito maior de sites. O principal motivo desta redução da potência, é que na Europa e nos Estados Unidos, temos a presença de agências reguladoras, que preocupadas em não expor o ser humano a emissões de radiofrequência, cujo resultado, não foram até o presente momento exaustivamente analisado pela ciência, sendo que na dúvida optou-se por determinar o desenvolvimento de equipamentos que apresentem menor risco possível para a saúde humana, e conseqüentemente operem com potências inferior a dos equipamentos de redes analógicas. A cobertura e propagação de radiocomunicação apresenta as seguintes características: quanto maior a potência e sensibilidade maior a cobertura; quanto maior a frequência e modulação mais complexa menor será a cobertura. Um sistema com maior cobertura necessita de mais: frequências, mais sítios, mais enlaces, mais equipamentos, é mais complexo, e apresenta maior custo de aquisição e manutenção.

O item 10 **‘taxa de transmissão de dados’**, não pode ser analisado a partir de números absolutos, tendo em vista que uma variável muito importante a ser analisada é a sensibilidade dos transceptores utilizados e da própria estrutura de rede, tendo em vista que a sensibilidade influencia diretamente na taxa de erros, conseqüentemente não adianta ter um fluxo com grande quantidade de dados, se o índice da taxa de erros for alto, neste caso será necessário descartar muitos pacotes, resultando em desempenho inferior ao apresentado por velocidades inferiores, mas com menores taxas de erros. Outro aspecto importante é que o índice apresentado trata-se de velocidade máxima nominal, que é a velocidade de pico da rede. O índice que apresentaria melhor qualidade para fazer-se uma comparação técnica seria obtido a partir da análise da taxa média de tráfego de dados em condições similares.

Os itens 14 a 19 apresentam a **‘análise comparativa do path loss’** (cálculo elaborado a partir da fórmula Okumura-hata), e qual o tamanho das células em áreas urbanas e rurais, conforme ilustra gráfico 1. Esta característica apresenta reflexo imediato nos custos de uma rede de radiocomunicação, tendo em vista que quanto maior a quantidade de sites maior será, em geral, o valor a ser investido em infraestrutura, bem como maior será o custo de manutenção da rede. A diferença entre os padrões é extremamente acentuada, tendo em vista que o TETRA apresenta o pior desempenho, tanto em área rural, quanto em área urbana é inferior ao TETRAPOL, que apresenta por sua vez um desempenho apenas mediano, sendo o APCO-25 é a rede que apresenta o maior tamanho de célula, conseqüentemente uma rede com este padrão possuirá um menor número de sites.

Gráfico 1 - Comparação desempenho APCO-25, TETRA e TETRAPOL



Legenda:

- A = Proporção de estações base em área rural (Km);
- B = Proporção de estações base em área urbana (Km);
- C = Máximo path loss em área rural (margem 7 db);
- D = Máximo path loss em área urbana (margem 20 db);
- E = Tamanho das células em área rural (Km);
- F = Tamanho das células em área urbana (Km).

O gráfico 2 apresenta com maior nível de detalhamento os dados referentes ao número de estações bases, necessárias em cada rede, bem como, a comparação do tamanho das células de cada padrão.

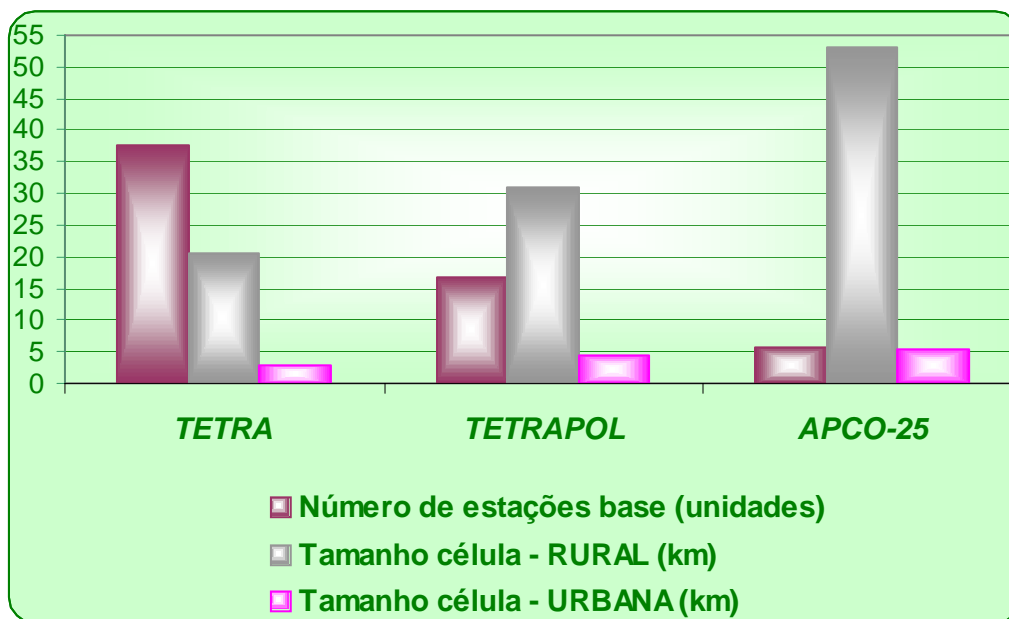


Gráfico 2 - Tamanho das Células

O item 20 apresenta o custo dos terminais. Este aspecto é importante porque um projeto de rede deve prever que pelo menos 50% do seu investimento deverá ser

destinado a aquisição de terminais (fixos, móveis, portáteis e acessórios). O gráfico 3 apresenta uma análise comparativa entre custos de infraestrutura, terminais e uma análise dos custos total da rede. Neste gráfico podemos verificar que o padrão TETRAPOL apresenta menor custo médio, que foi obtido a partir da soma dos custos de infraestrutura e dos terminais.

Para estabelecer uma comparação entre os custos da infraestrutura e dos terminais, atribuiu-se 100% ao padrão com maior custo, sendo que os outros dois padrões foram valorados em termos proporcionais, a partir da análise da quantidade de sites que seriam necessários para estabelecer a rede.

Para definir o custo total da rede foram somados os custos com infraestrutura e com terminais e divididos por dois, de forma a obtermos a média de gastos, tendo em vista que atribuímos um peso de 50% para infraestrutura e 50% para terminais.

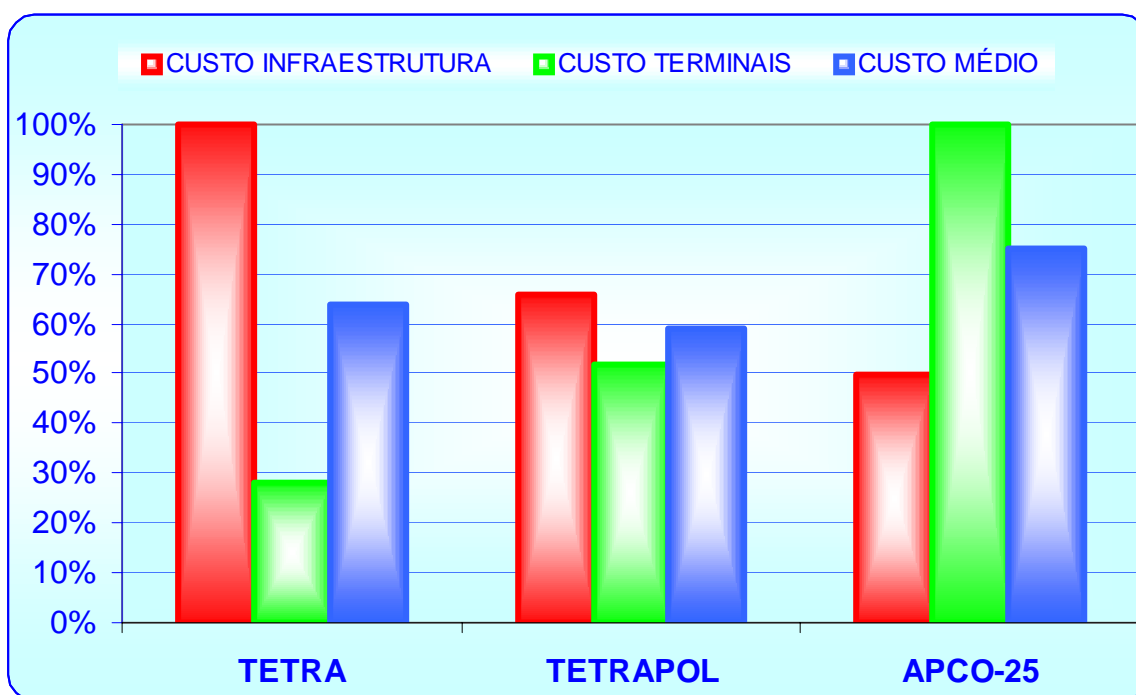


Gráfico 3 - Custos Rede Digital de Radiocomunicação

4. Considerações Finais

As informações apresentadas neste artigo permitem conhecer melhor os padrões de radiocomunicação digital, de forma a viabilizar uma melhor comparação a respeito do desempenho de cada padrão.

O modo ideal para realizar esta comparação seria implantar os três padrões na mesma área geográfica, em condições similares de operação, para somente a partir da

análise deste desempenho, definir qual padrão atende com melhor qualidade as necessidades dos órgãos de Segurança Pública.

Entretanto diante da impossibilidade de efetuar-se este tipo de teste de campo, realizamos uma pesquisa científica, de forma a obter-se os dados para estabelecer um quadro comparativo e desta forma viabilizar uma análise empírica, que apresentou resultados consistentes a partir do uso de técnicas específicas.

A escolha de um padrão de radiocomunicação digital deve levar em conta não as características técnicas disponibilizadas, mas sim quais são as características que possuem importância para o usuário da rede, bem como, a relação custo benefício do sistema, e principalmente as condições financeiras não somente para adquirir o sistema, mas principalmente, qual a previsão do custo de manutenção deste sistema; e para finalizar deve-se avaliar qual o ciclo de vida estimado para terminais e infra-estrutura.

5. Bibliografia

<http://www.apco911.com>. Acesso em 01/09/04.

<http://www.project25.org>

<http://www.tetrapol.com>. Acesso em 01/09/04.

<http://www.tetramou.com>. Acesso em 01/09/04.