

PROJETO WLAN IBIÚNA

G.F. PREGER *
FURNAS
Brasil

F.S.B.T CAMPOS
FURNAS
Brasil

J.L.F NASCIMENTO
FURNAS
Brasil

***Resumo** – Este trabalho técnico apresenta o projeto-piloto realizado na subestação de Ibiúna, em São Paulo, que consistiu em instalar equipamentos da tecnologia sem fio WLAN/Wimesh em caráter provisório em uma determinada área de interesse no pátio de obras em torno da sala de controle e em áreas interiores para testar aplicações de voz, vídeo e dados para atender equipes de O&M. O projeto foi realizado numa parceria entre FURNAS, a empresa NEC, que emprestou equipamentos de fabricação Cisco sem ônus e a fundação CPqD que foi contratada para realizar testes de validação. Os testes resultaram em recomendações de melhores práticas para uma futura instalação definitiva envolvendo aspectos de cobertura, desempenho e segurança.*

Palavras-chave: WLAN, Wimesh, coletores de dados

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, FURNAS está iniciando uma implantação padronizada e sistemática de redes WLAN em suas unidades industriais. Nos anos de 2003 e 2004 foi realizado junto com a Fundação CPqD um projeto de P&D sobre “Sistemas sem fio para pátios de SE’s”, cujos resultados foram apresentados no XVIII SNPTTE. Este P&D realizou testes experimentais utilizando Access Points (APs) nos pátios das subestações (SEs) de Tijuco Preto e de Ibiúna para estudar o comportamento do sinal nas condições eletromagnéticas de pátios durante a execução de manobras, como abertura e fechamento de chaves seccionadoras e disjuntores, que emitem grande quantidade de espúrios (ruídos) no ar. Os resultados dos testes foram positivos, tendo sido definidas distâncias mínimas de proteção que isolavam o dispositivo portátil emissor de qualquer efeito eletromagnético indesejado. Os testes também mostraram ser a frequência de 2,4 GHz a mais apropriada em função da área de cobertura.

Como sequência a este projeto de pesquisa, FURNAS realizou um Projeto-Piloto na SE de Ibiúna, entre setembro e dezembro de 2007, num empreendimento em conjunto com a NEC e o CPqD. A NEC cedeu, sem ônus, os equipamentos para os testes durante o período mencionado, enquanto o CPqD realizou testes de qualidade do sistema e produziu relatórios de validação da solução. Nos itens a seguir serão apresentados os detalhes deste projeto.

Inicialmente, foram instalados 5 APs outdoor, nas áreas do pátio de manobra de 345kV (em frente à sala de controle), cujas dimensões são de aproximadamente 500m x 500m, e 3 APs indoor que cobriam as áreas internas do prédio administrativo da SE. Em virtude de problemas do fabricante Cisco ao longo do projeto, os APs tiveram que ser desinstalados e a quantidade de APs disponíveis para a realização dos Testes de Aplicações diminuiu para 3 outdoor e 1 indoor. Consequentemente, estes testes restringiram-se a uma área pequena da subestação.

Também foram utilizados dispositivos portáteis, como telefones Wi-Fi, PDA's e um coletor de dados industrial para as equipes de manutenção e operação. Funcionalidades de acesso a banco de dados, de voz (VoIP) e vídeo foram também utilizadas durante os testes.

* preger@furnas.com.br

2 PROJETO-PILOTO

2.1 Descrição

Inicialmente, foi realizado um Site Survey (levantamento de campo) pela equipe técnica da NEC, com o acompanhamento de FURNAS, nas áreas de interesse do projeto. Este levantamento teve como finalidade dimensionar a área e identificar os locais mais apropriados para a instalação dos APs para que os clientes pudessem usufruir de qualidade de sinal aceitável de recepção, acesso à rede e utilizar aplicações e recursos de modo compartilhado. Definiu-se em seguida uma área de interesse restrita (Área 1) para a realização do projeto-piloto. Esta área foi do pátio de 345 kV em torno do edifício da sala de controle. A planta a seguir ilustra a área de interesse e os locais definidos para os APs externos (Figura 1).

As áreas escolhidas foram: topo dos prédios do Bipolo (pontos 1 e 2) e do Síncrono (pontos 4 e 5) e torre de microondas em frente ao Edifício de Controle Principal (ponto 3). Este último foi configurado para ser o AP root (que está fisicamente interligado à rede). Neste modo, ele serve como conexão entre o mundo cabeado e o mundo sem fio. Todos os clientes wireless se comunicam através dele. A Figura 2 ilustra a posição dos APs externos em relação à área da SE.

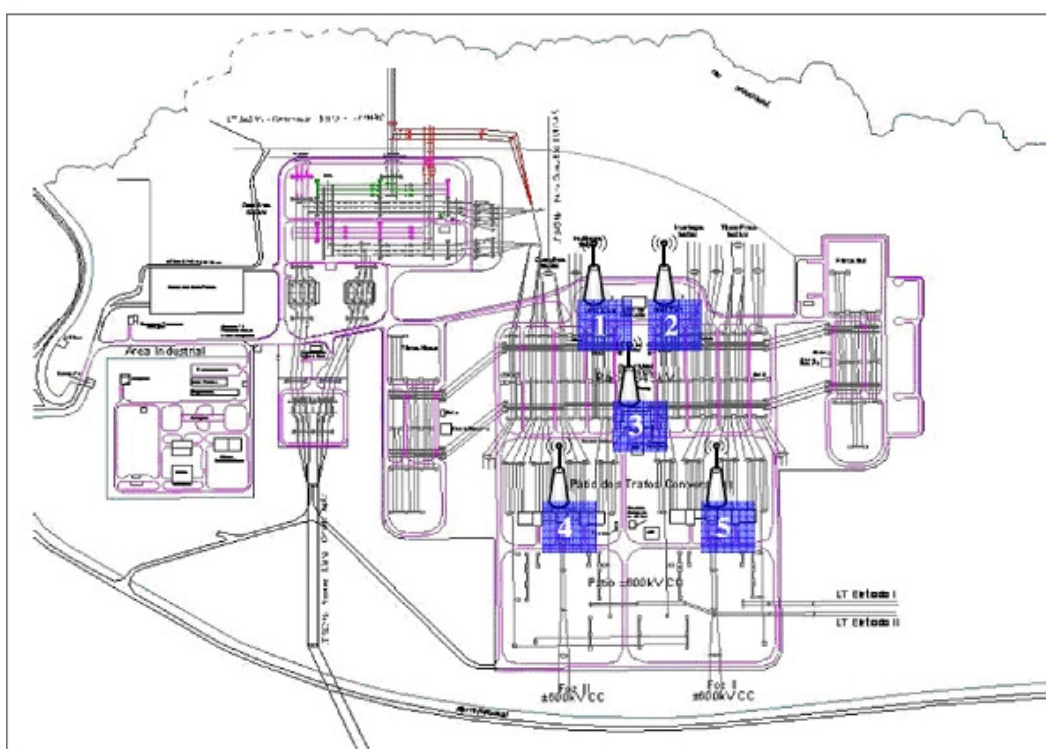


Figura1: Posição dos APs na área de interesse

2.2 Equipamentos

- Access Points WiMesh para áreas externas e comuns para internas;
- Antenas omnidirecionais 802.11a (ganho de 7,5dBi) e 802.11b/g (ganho de 5,5dBi);
- Power Injectors;
- Controladora;
- Gerenciador;
- Servidor de comunicação / PABX IP com interface E1;
- Telefones IP fixos e W-F;
- Roteador com interface E1 para conexão com o PABX existente na SE;
- Câmera de vídeo;
- Softphones;
- Coletores de dados.



Figura 2: Posição dos APs na SE

2.3 Rede instalada

A Figura 3 a seguir ilustra a topologia da rede da SE de Ibiúna, incluindo a rede Wi-Fi Mesh, bem como sua interligação com o Escritório Central em Botafogo.

Uma característica desta rede é a presença da controladora (Controller). Este elemento é responsável pela configuração de todos os APs. Ao se logarem, todos os APs devem ser reconhecidos pela Controladora para poder se associar. Neste reconhecimento, são transmitidas as configurações específicas do AP. Ele funciona como um nível a mais de segurança, pois reconhece previamente todos os APs configurados e barra a entrada dos não autorizados. A Controladora também centraliza a comunicação, de forma que todos os dados provenientes dos APs passem necessariamente através dela. Embora não haja necessidade desta Controladora estar fisicamente na mesma localidade dos APs, é importante sua presença para evitar tráfego WAN.

Outra característica importante é a presença do gerenciador. Este gerenciador é responsável pelo monitoramento de toda a rede, incluindo configuração, performance e visão de alarmes. Para a rede completa só é necessário apenas um gerenciador.

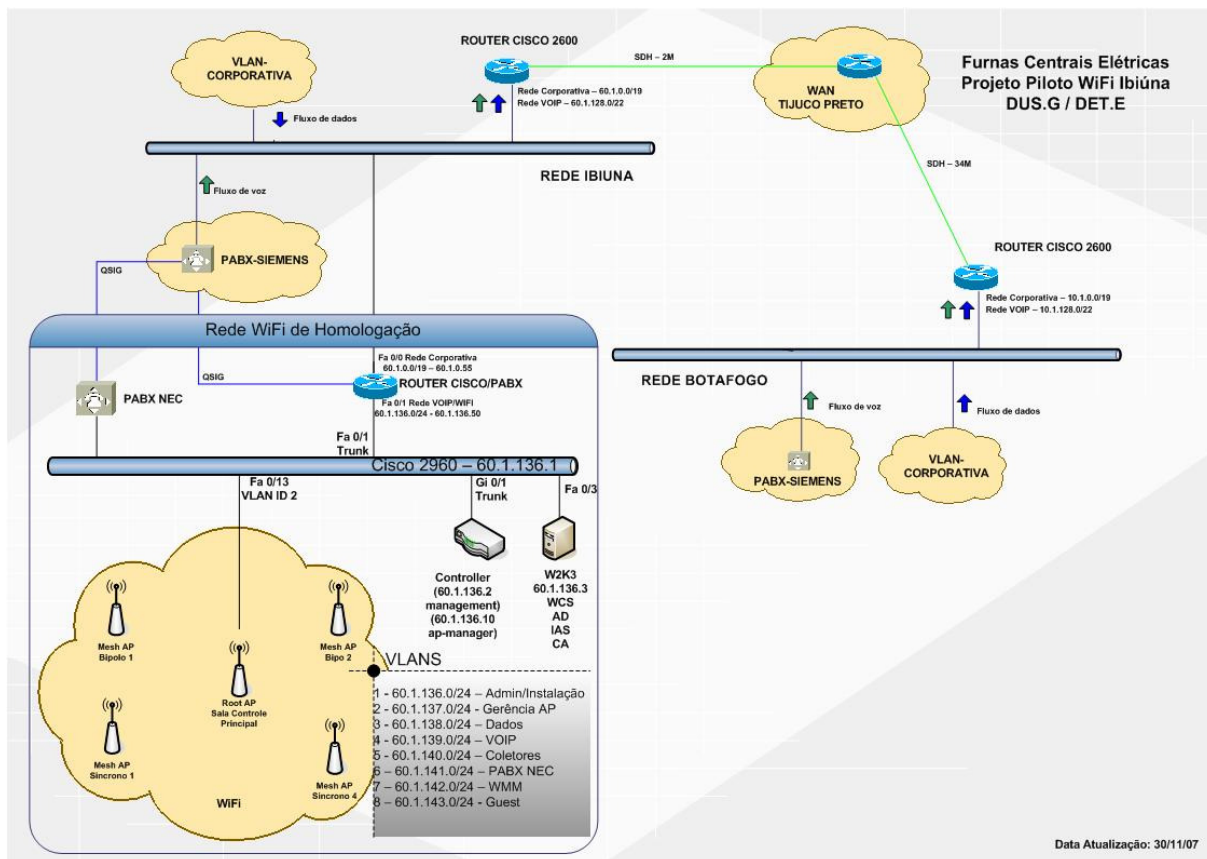


Figura 3: Topologia da rede

A rede wireless foi segmentada logicamente em VLANs de modo a separar diferentes tipos de tráfego e tratá-los com prioridades distintas através dos SSIDs. As VLANs criadas foram as seguintes:

- Administrativa / Instalação: para instalação dos equipamentos de rede e atualização das configurações de rede pelo administrador;
- Gerência de APs: para gerenciar os APs através do WCS;
- Dados: para aplicações exclusivas de dados;
- VoIP: para aplicações exclusivas de voz;
- Instalação: para as atividades exclusivas da instalação da rede;
- Coletores: para aplicações exclusivas de coletores de dados;
- WMM: para aplicações de vídeo e voz simultâneas;
- Guest: rede de acesso criada para visitantes temporários.

Uma vantagem desta segmentação é a inserção de novos clientes na rede wireless, que podem ser encaminhados para VLANs/SSIDs diferentes de acordo com o tipo de serviço que forem utilizar.

3 TESTES E RESULTADOS

3.1 Testes de cobertura

Para os testes de cobertura, utilizou-se uma ferramenta específica (Site Survey Ekahau versão 2.2) que fornece os seguintes parâmetros de medida: intensidade do sinal (dBm), relação sinal-ruído SNR (dB), interferência com os APs do projeto (dBm), sinais do canal (intensidade do sinal mais forte - RSSI - em cada localização para cada canal), AP mais forte em cada localização no mapa, contagem de APs, orientação para posicionamento dos APs, estimativa de localização dos APs e taxa de dados (bit/s).

A ferramenta foi instalada em um notebook. Cerca de 600 pontos foram marcados na planta do pátio de interesse (345kV). Equipes técnicas percorreram o pátio para coleta de sinal nos pontos previamente marcados e posterior análise dos dados medidos na ferramenta.

Os resultados foram analisados para coberturas de sinais de -70, -80 e -90 dBm, recomendadas para os serviços de voz, vídeo e dados, respectivamente.

Para sinais de -80 e -70 dBm, verificou-se que a cobertura estava bastante prejudicada. Os APs dos prédios do Bipolo e do Síncrono, com suas antenas omnidirecionais, estavam instalados nas paredes dos edifícios e radiando sinal tanto para a área de interesse, quanto para as costas desta área, o que contribuiu para tornar o sinal baixo. Além disso, o AP da torre de microondas estava instalado em uma altura muito elevada, que era inadequada para oferecer um bom nível de sinal aos clientes. No caso da análise dos sinais de -90 dBm, concluiu-se que a rede instalada cobria satisfatoriamente a área de interesse.

O CPqD formulou duas recomendações de cobertura da rede Wi-Fi Mesh. A primeira seria reposicionar os APs nos extremos da área de interesse do projeto, utilizando antenas setoriais de 90°. A segunda recomendação seria a utilização de antenas omnidirecionais de maior ganho (15 dBi) nos APs para melhorar a cobertura. Esta alternativa levaria a uma cobertura de -70 dBm em quase todo o pátio conforme simulação desenvolvida pelo CPqD e ilustrada pela Figura 4. Além disso, alertou para a necessidade de linha de visada ótica entre o cliente e o AP. No caso das áreas de pátio, sabemos que existe grande quantidade de obstáculos, tais como transformadores, disjuntores, colunas de concreto, torres de transmissão de energia, etc, que prejudicam esta visada. É importante, igualmente, que os APs permitam antenas com diversidade de espaço, o que minimiza a presença dos obstáculos de pequena largura como os presentes nos pátios. No entanto, os APs utilizados no teste não possuíam esta característica.

Os testes também concluíram que a quantidade de 5 APs, configurados conforme recomendações acima, é suficiente cobrir toda a área de interesse.

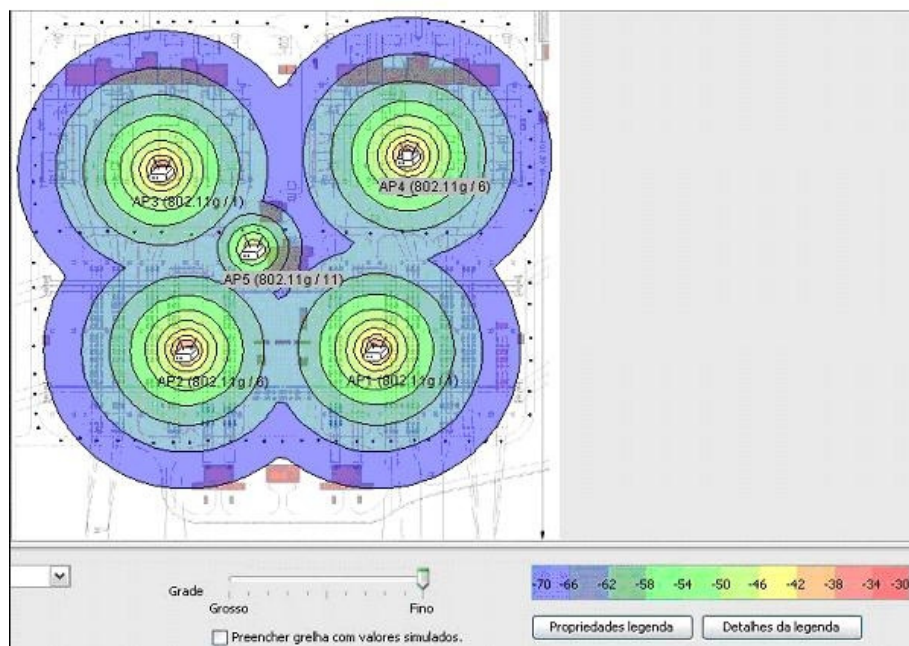


Figura 5: Simulação com antenas de 15 dBi no interior do pátio de 345 kV.

3.2 Testes de segurança

Estes testes consistiram na análise das configurações dos mecanismos de segurança habilitados na controladora da rede Wi-Fi Mesh e buscaram levantar possíveis mecanismos oferecidos pela solução WLAN que não tivessem sido implementados neste projeto. Para cada VLAN criada, foram aplicados parâmetros específicos de segurança para atender aos tipos de serviços vinculados. A rede “Dados” possuía os protocolos mais robustos: WPA2 com cifras AES (Advanced Encryption Standard) e autenticação RADIUS/802.1X. As redes “VoIP”, “WMM” e “Coletores” apresentavam o protocolo WPA com cifras TKIP (Temporal Key Integrity Protocol). A rede “Guest” possibilitava apenas a navegação na internet a clientes temporários, que ganhavam acesso limitado à porta 80 (utilizando o mecanismo de autenticação

web) e a “Administração/Instalação” permitia que técnicos e administradores de rede realizassem manutenção nas VLANs existentes.

Os testes foram executados através da rede Wi-Fi Mesh com o cliente associado às redes “Dados”, “VoIP”, “Administração/Instalação” e “Guest”, conforme descrito abaixo:

- Discovery da rede: tentou-se, sem sucesso, levantar informações da rede pelas WLANs abertas (“Guest” e “Administração/Instalação”), através de um rogue AP levado pelo CPqD, que estava conectado à porta do switch da rede de homologação;
- Associação Indevida: o cliente tentou sem sucesso se associar à rede “VoIP” sem possuir os requisitos necessário;
- Varredura na rede e portas ativas: foram identificados os tipos de serviços que estavam ativos e portas TCP/UDP abertas nos elementos de rede, tais como ftp e telnet. As portas estavam abertas apenas para permitir a configuração remota dos elementos. Uma alternativa seria a utilização de SSH (acesso remoto criptografado). No entanto, nem todos os elementos de rede suportam este protocolo;
- Escuta clandestina de chamadas VoIP: a captura de pacotes RTP gerados por chamadas VoIP sem conhecimento da chave de criptografia foi tentada sem sucesso;
- Controle de acesso: foram avaliados, com sucesso, os mecanismos de controle e proteção da rede contra clientes não autorizados;
- Restrição de acesso a pastas compartilhadas: as informações foram obtidas através de varreduras de redes no NMAP. Observou-se a existência de pastas compartilhadas no servidor de autenticação, mas não foi possível acessá-las, já que o acesso aos recursos do servidor estava protegido por senha.

Realizados todos os testes acima, concluiu-se que a solução implementada em Ibiúna apresentava um conjunto de parâmetros e controle de segurança adequado para proteger uma rede WLAN de ameaças à segurança.

3.3 Testes de aplicação

Nesta etapa, foram realizados testes objetivos e testes subjetivos de aplicações de voz, vídeo e dados sobre IP. Para os testes objetivos, utilizou-se uma ferramenta específica de geração e medição de tráfego (IxChariot). Comunicações de voz, vídeo e dados eram simuladas na rede e, em seguida, era medido o desempenho da rede. Os testes subjetivos foram realizados com os terminais Wi-Fi móveis percorrendo-se as áreas de interesse e realizando-se chamadas entre eles. A cada chamada era atribuído um nível de MOS (Mean Opinion Score) por seus participantes, que é uma medida subjetiva de qualidade de voz percebida.

Os testes objetivos demonstraram a possibilidade de trafegar na rede wireless até 22 chamadas simultâneas bidirecionais de voz para o codec G.711 e 24 chamadas simultâneas bidirecionais com codec G.729. Em ambos os casos, utilizou-se o tipo de criptografia TKIP. Usando WPA2 AES, a quantidade de chamadas com qualidade cai 10%. Se o tráfego de voz é compartilhado na rede com aplicações de dados e vídeo, consumindo 9 Mbit/s de banda de rede, é possível trafegar até 14 chamadas bidirecionais com codec G.711 e 15 com codec G.729, desde que haja priorização da voz na rede. Os resultados estão de acordo com as recomendações de fabricantes e são superiores às necessidades de comunicação dos operadores.

Os testes subjetivos foram prejudicados por instabilidade no comportamento da rede wireless outdoor no dia dos testes. Posteriormente, observou-se que o comportamento anormal era devido a problemas no AP que servia de root (na torre do prédio principal). Mais tarde este AP foi trocado. Concluiu-se que os terminais PDA, o notebook e além do telefone Wi-Fi apresentaram melhor desempenho que os demais. Teve também excelente performance (MOS entre 4 e 4,5) a utilização do aplicativo para voz com PTT, aplicação que pode ser bastante útil para operadores que utilizam rádios de comunicação.

Uma aplicação de monitoramento de transformadores via rede wireless foi testada com êxito e torna-se uma alternativa menos custosa do que a extensão da rede cabeada. Foi utilizado um conversor serial – Wi-Fi para acesso à rede sem fio. Igualmente, foram testados coletores de dados para uso industrial. Foi desenvolvido um protótipo de uma aplicação para simular a planilha utilizada pelas equipes operativas nas vistorias. O resultado foi bastante positivo. Associaram-se também ao coletor aplicações de voz em PTT e telefonia.

4 CONCLUSÕES

4.1 Conclusões gerais

As tecnologias wireless, tais como o Wi-Fi e o WiMAX, abrem novas possibilidades para implantação de aplicações móveis. WLAN é a tendência do futuro para aplicação convergente de voz, dados e vídeo, pois seu uso vem se disseminando rapidamente. A combinação adequada de seus vários recursos convergentes permite tornar mais eficientes diversos processos de operação e manutenção que ocorrem nos pátios através do acesso on-line a bancos de dados associado com aplicações de voz e de vídeo. A tecnologia também pode ser utilizada para prover conectividade a aplicações de pátio que demandariam extensões da rede local a custo muito mais elevado, tais como monitoramento de transformadores. O objetivo do projeto-piloto apresentado foi o de realizar uma implantação de tecnologia nova de forma regulada e acompanhada e, através de seus resultados, obter subsídios para o planejamento sistêmico para outras localidades da empresa.

4.2 Questões de tecnologia e topologia

A solução tipo Mesh se mostrou vantajosa para pátios, pois permite reduzir a necessidade de conexão física a um ou dois APs, enquanto os outros se conectam via aérea. Não foram observadas restrições de banda significativas em função do uso desta tecnologia.

A utilização de controladora centralizada facilita a configuração de vários APs e fornece um nível adicional de segurança. Este elemento centraliza a comunicação, de modo que é importante a presença de um elemento em cada localidade. É importante, no entanto, prover contingência, pois em caso de falha haverá queda de acesso. Esta contingência pode ser realizada através de redundância ou via acesso a controladora de outra localidade.

O uso do gerenciador é importante, pois ele permite realizar o monitoramento de uma rede complexa com várias controladoras. O gerenciador também permite fazer visualizações de cobertura e níveis de sinais.

A segmentação da rede com várias VLANs/WLANs se mostra essencial, pois permite distribuir níveis de acesso (ACLs), ajustar chaves de segurança, prover qualidade para aplicações que necessitam de prioridade.

Os APs para pátio devem ser específicos para utilizações outdoor porque são mais robustos.

4.3 Questões de cobertura

Nos testes de cobertura realizados em Ibiúna, demonstrou-se que é possível cobrir toda a Área de Interesse do pátio de 345 kV com 5 APs fornecendo uma relação sinal- ruído (SNR) de -90 dBm, o que é o suficiente para aplicações de dados, mas insuficiente para aplicações de telefonia, que exigem pelo menos -70 dBm. Para este caso, seria preciso melhoria no sistema irradiante e aumento do número de APs.

O dimensionamento do número de APs necessários deve ser realizado local a local e depende de um site survey. Porém, deve-se também definir o tipo de serviço a ser atendido, pois há serviços que têm sensibilidade mais crítica em relação à cobertura.

Uma alternativa para o dimensionamento é a utilização do critério de “áreas de interesse”, que permite definir regiões de cobertura delimitadas para acesso a um número definido de serviços. Gradualmente, é possível expandir a cobertura para outras áreas de interesse.

Nos testes de cobertura realizados pelo CPqD foram realizadas simulações para a identificação da melhor solução quanto ao sistema irradiante. Verificou-se que a solução omnidirecional com antenas de ganho de 15 dBi é mais vantajosa do que o uso de antenas setoriais. Estas podem ser utilizadas em casos específicos para iluminar áreas determinadas.

Antenas omnidirecionais são mais eficientes se forem utilizadas em postes no interior do pátio e não nas marquises dos prédios, pois o próprio edifício funciona de anteparo à cobertura. Neste caso, podem ser utilizados postes de iluminação. Existem APs do tipo outdoor que permitem ser alimentados pelas próprias estruturas elétricas dos postes de iluminação, o que é uma vantagem.

Observou-se que as antenas do tipo omnidirecionais não podem ficar muito elevadas em relação ao solo, pois a elevação contribui para a atenuação do sinal. Em áreas de pátios em que as estruturas metálicas são vazadas, é importante o uso de antenas em diversidade de espaço, o que permite que obstruções de visada de uma antena numa direção sejam compensadas pela outra antena.

Nas extremidades dos pátios, podem ser utilizadas antenas setoriais (diretivas), porém é muito difícil evitar completamente o vazamento de RF para fora da área da SE. Este problema deve ser resolvido no nível de segurança de rede, com os mecanismos adequados (ver próximo item).

4.4 Questões de segurança

Nas VLANs críticas (com exceção das redes “Guest” e “Administração/Instalação”) devem ser utilizadas chaves WPA e WPA2 em conjunto, evitando chave WEP. A utilização destas chaves, no ambiente contemporâneo, permite acesso perfeitamente seguro da rede.

Utilizar a WLAN designada para instalação dos equipamentos de rede apenas durante as atividades de implantação e desabilitá-la na ausência de atividade.

Adotar controle de acesso por ACL's entre as VLANs/WLANs. Controlar rigorosamente todos dispositivos de acesso, realizando inventários e implantando recursos de firewall e antivírus e bloqueando endereços MAC de dispositivos extraviados.

Desabilitar anúncio de broadcast do SSID na rede aérea, ou adotar nomes menos sugestivos para essas redes. Configurar o recurso de detecção de rogue AP na rede cabeada a partir da controladora, o que permite um nível a mais de segurança.

Eliminar da interface de gerenciamento dos APs as SNMP community names padrão public e private com privilégios de leitura e escrita e utilizar senhas fortes.

4.5 Questões de aplicações e serviços

Aplicações de dados são eficientes nos pátios sem necessidade de contar com muitos APs de cobertura. Essas aplicações permitem acesso on-line que agiliza o trabalho de operadores e mantenedores em suas atividades de vistoria e nas corretivas, permitindo o acesso instantâneo a banco de dados operativos e consulta e inserção de dados em Ordens de Serviço. Essas aplicações devem ser prioritárias no atendimento wireless nos pátios.

Para a consulta a dados pelas equipes operativas é importante utilizar dispositivos industriais como os que foram testados em Ibiúna. Estes coletores são mais resistentes e permitem a consulta mesmo em dias de sol.

Aplicações do tipo monitoramento em pátio de elementos tais como transformadores e que necessitam de uma custosa extensão da rede local podem ser utilizadas. Em alguns casos, pode ser necessário utilizar conversores do tipo serial – Wi-Fi para acesso das interfaces de comunicação à rede sem fio.

Uma das grandes vantagens dos sistemas wireless é a utilização de aplicações de vídeo que são estendidas facilmente para os pátios pela rede sem fio. As câmeras podem ser tanto fixas como móveis e podem ser utilizadas como auxílio nas vistorias (para a visualização à distância de possíveis problemas em componentes), ou como parte de um sistema de monitoramento visual de elementos elétricos (chaves, disjuntores, etc.) ou para segurança patrimonial em áreas remotas.

As aplicações de telefonia mostraram baixo desempenho nos testes. A razão era a pequena cobertura provida pelos APs. Quando esta cobertura era melhor e mais estável, como nas áreas internas, a aplicação funcionava a contento. Demonstrou-se que a telefonia é uma aplicação muito sensível à cobertura e exige uma SNR entre -65 dBm e -70 dBm. Também, muitas vezes é necessário aplicar redundância de cobertura para sanar possíveis zonas de sombra. Para uma solução de telefonia se tornar eficiente é preciso realizar uma combinação de maior número de APs, melhoria do sistema irradiante e adoção da diversidade de frequência. Assim, aplicações de voz podem ser implementadas gradativamente, fornecendo uma aplicação a mais às aplicações de dados e vídeo.

Uma alternativa mais eficiente e imediata para a voz, no entanto, é utilizar aplicações de voz com PTT que simulam sistemas de radiodifusão. Como neste caso a comunicação é descontínua, ela se torna menos sensível a zonas de sombra. Sua sensibilidade é a mesma de uma aplicação de dados e pode ser utilizada associada a mensagens tipo chats ou icq. A vantagem desta solução é que ela é de baixo custo, há mesmo aplicações freeware disponíveis. Neste caso, não são necessários servidores para intermediar a comunicação, podendo ser realizada ad hoc de terminal para terminal. Outra vantagem desta solução é que ela se comporta como um sistema de rádio, permitindo comunicação em grupo e individual.