

# Manual de Projeto e Implantação de Redes Sem Fio para Ambientes Internos de Escolas



Elaborado por:	Celso Eduardo Barbosa Jr e Arthur Guerrante	Unidade Administrativa:
Data: 22/01/2010		
Revisado por:	Arthur Guerrante e John Madeira	Aprovado por:
Data: 20/04/2010		Data: ____/____/____
Revisado por:	Arthur Guerrante	Aprovado por:
Data: 14/12/2010		Data: ____/____/____

## Conteúdo

1. Escopo	5
2. Definições e Abreviaturas	5
3. Tecnologias para conectividade	8
3.1. Wi-Fi	8
3.1.1. Padrões, Licenças e Autorizações	8
3.1.2. Planejamento da Rede Sem Fio	9
3.1.2.1. Cobertura	9
3.1.2.2. Capacidade	10
3.1.3. Controladoras e Thin APs	12
3.2. Ethernet	12
3.3. PLC	13
3.3.1. Padrões, Licenças e Autorizações	14
3.4. Cabo Irradiante	15
3.5. Composição de Antenas	17
4. Segurança da informação	18
4.1.1.1. Mecanismos de Segurança	19
5. Etapas de Implantação	20
5.1. Coleta de Informações das Escolas	20
5.1.1. Classificação das Escolas	21
5.2. Projeto Executivo	22
5.2.1. Planejamento de Instalação ( <i>site survey</i> )	22
5.2.2. Planejamento de Rede Lógica (Endereçamento IP, VLAN, etc.)	25
5.2.2.1. Modem da operadora	26



5.2.2.2. Servidor UCA	26
5.2.2.3. Controladora de rede sem fio	26
5.2.2.4. Switch	28
5.2.2.5. APs	29
5.2.3. Planejamento Segurança de Informação	29
5.2.3.1. Administração da Rede Sem Fio	29
5.2.3.2. Configuração do Controlador ou AP	30
5.2.3.3. Configuração do Servidor	30
5.2.4. Engenharia de Instalação	30
5.2.5. Projeto Preliminar de Instalação - PPI	31
5.2.5.1. Memorial Descritivo	31
5.2.5.2. Questionário - Formulário de Planejamento de Instalação	32
5.2.5.3. Lista de Materiais e Equipamentos— Indicação de quantitativos	33
5.2.5.4. Relatório Fotográfico	33
5.2.5.5. Planta de Projeto	34
5.3. Instalação	35
5.3.1. Preparação da Instalação	36
5.3.2. Instalação da Rede Sem Fio	36
5.3.3. Instalação de Itens Diversos	36
5.3.4. Supervisão de Instalação	36
5.4. Testes	36
5.5. Eliminação de Pendências e Aceitação da Rede	38
5.6. Projeto Definitivo de Instalação (PDI) ou <i>As-built</i>	38
6. Equipamentos	39
6.1. Equipamentos ativos de rede	39
6.1.1. Ponto de Acesso	40
6.1.2. Switch	42
6.1.3. Controlador	43
6.1.4. Adaptador PLC45	
6.2. Equipamento de Infraestrutura elétrica	45
6.2.1. Nobreak	45
6.2.1. Módulo Injetor PoE	47
7. Dimensionamento da Rede e Escolha das Tecnologias	47
8. Premissas de Engenharia	49
8.1. Responsabilidades da Contratante	50



8.2. Obrigações da Contratada	51
9. Infraestrutura	52
9.1. Construção de infraestrutura	52
9.2. Projeto de Rede Interna em Prédios	52
9.3. Projeto de Instalação de Eletrodutos para Cabos	52
9.4. Caixa Subterrânea	53
9.4.1. Linha de Dutos	53
9.5. Rede Elétrica	54
9.5.1. Alimentação dos APs	54
9.5.2. Disjuntores e Circuitos Elétricos	54
9.5.3. Nobreak	55
9.5.4. Aterramento	55
10. Proposta Comercial e Habilitação	56
11. Garantia, Suporte e Manutenção dos Equipamentos e Infraestrutura da Rede Sem Fio	57



# 1. Escopo

Este documento tem por objetivo:

- Estabelecer procedimentos, com diretrizes norteadoras, para as empresas participantes do processo de contratação de serviços de projeto executivo e de implantação das redes sem fio dos estados e municípios no ambiente interno das escolas públicas participantes do projeto UCA, do Ministério da Educação em parceria com a Casa Civil da Presidência da República.
- Prover padronização prévia em documentos de engenharia, incluindo planta baixa, simbologias de desenho, relatório fotográfico, especificações de materiais e de equipamentos, modelos de precificação, entre outros, de modo a proporcionar perfeito entendimento das redes sem fio internas a serem construídas.

# 2. Definições e Abreviaturas

**Analizador de Espectro:** equipamento capaz de identificar os níveis de energia em diferentes faixas de frequência.

**Cobertura:** alcance do sinal de uma rede sem fio, ou área de cobertura; é a distância máxima a partir da qual um equipamento móvel é capaz de trocar informações com uma rede sem fio.

**Conectividade Indoor:** entende-se por conectividade *indoor* o fornecimento de acesso Internet a *laptops* de uso dos estudantes ou qualquer outro dispositivo sem fio que funcionários ou professores possam utilizar dentro da escola.

**ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações):** órgão responsável por publicar resoluções e normas de uso de equipamentos irradiantes no Brasil.

**AP (Access Point):** equipamento centralizador de uma rede sem fio 802.11.

**Circuito de Serviço:** Circuito elétrico onde está ou deverá ser instalados os equipamentos do Projeto UCA.

**CSMA (Carrier Sense Medium Access):** mecanismo de acesso ao meio utilizado pelo padrão 802.11.

**Compartilhamento de Espectro:** situação onde dois ou mais equipamentos de rádio utilizam a mesma frequência de transmissão. Nestas condições, diz-se que estes compartilham o espectro e são potenciais geradores de interferência naquele canal de comunicação.

**DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol):** sistema que permite a configuração automática de parâmetros da rede.

**DS (Distribution System):** rede de distribuição que possibilita a comunicação entre diversos pontos de acesso.

**Endereço MAC (Media Access Control):** código que identifica uma placa de rede única.



**Faixa de Frequência:** intervalo compreendido entre duas frequências, medido em Hertz.

**Full-duplex:** canal de comunicação que permite comunicação nos dois sentidos simultaneamente.

**Half-duplex:** canal de comunicação que permite comunicação nos dois sentidos, mas não simultaneamente.

**HPNA (Home Phoneline Networking Alliance):** tecnologia que permite a comunicação de dados pela rede telefônica de uma edificação (*indoor*).

**IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers):** entidade responsável pelo estabelecimento de padrões de engenharia elétrica, incluindo formatações para computadores e para dispositivos eletrônicos a estes associados.

**IP:** Internet Protocol. Número que identifica um equipamento dentro de uma rede.

**Banda ISM (Industrial, Scientific and Medical):** banda de rádio que não necessita de licenciamento para uso, destinada a aplicações industriais, científicas e médicas.

**LAN (Local Area Network):** rede local.

**Mapa de Calor:** representação gráfica que utiliza cores para representar faixas de temperatura predeterminadas.

**MANET (Mobile ad hoc network):** redes *mesh* formadas por dispositivos móveis.

**MEC:** Ministério da Educação.

**PCI:** *Peripheral Component Interconnect*.

**PLC (Power Line Communication):** tecnologia que permite a comunicação de dados pela rede elétrica.

**PLIC (Power Line Indoor Communication):** modalidade do PLC para ambientes internos.

**PLOC (Power Line Outdoor Communication):** modalidade do PLC para ambientes externos.

**PoE (Power over Ethernet):** tecnologia que permite que a energia de alimentação da rede seja entregue através de cabos de rede Ethernet.

**AP (Access Point – Ponto de Acesso):** Equipamento que faz a integração entre a rede sem fio e a rede cabeada.

**Rede densa:** rede com um grande número de usuários por metro quadrado, passível de altos níveis de interferência.

**RFS:** *Radio Frequency Systems*.

**RSN (Relação Sinal/Ruído):** relação entre o sinal desejado e o indesejado.

**RSSI (Received signal strength indication):** valor que indica a potência de um sinal magnético que atinge determinado equipamento Wi-Fi, específico para cada fabricante de placa de rede.



**RUCA (Rede Um Computador por Aluno):** vertente do projeto UCA, responsável por estudos de infraestrutura em Tecnologia da Informação e Comunicação, voltada ao atendimento de escolas públicas.

**Sala de equipamentos:** local da escola escolhido para instalação dos concentradores e servidor da escola. Pode ser uma sala exclusiva para tal fim ou alguma outra sala utilizada na escola, como laboratório de informática, secretaria ou diretoria.

**Site Survey:** testes de propagação de sinais de rádio que informam a intensidade de sinal em cada ponto de atendimento dentro de uma escola.

**SOHO (Small Office Home Office):** pontos de acesso voltados ao uso doméstico, de baixo custo, dotados de capacidade e de recursos limitados.

**SSID (Service Set Identification):** nome que identifica uma rede sem fio.

**TCP (Transport Control Protocol):** protocolo de camada de transporte orientado a conexão, que insere confiabilidade na comunicação através da retransmissão e controle de fluxos e de congestionamento.

**TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação):** equipamentos eletrônicos destinados à comunicação, como computadores, comutadores, televisão, rádio, telefones, etc.

**UCA (Um Computador por Aluno):** programa do Governo Federal, cujo objetivo é fornecer laptops educacionais com acesso à Internet, para estudantes da rede de ensino pública, em todo o Brasil.

**UDP (User Datagram Protocol):** protocolo de camada de transporte não orientado a conexão.

**WDS (Wireless Distribution System):** protocolo que possibilita a criação de uma rede de distribuição (DS) sem fio entre os pontos de acessos.

**WEP (Wired Equivalent Privacy):** precursor dos mecanismos de segurança, criado para redes Wi-Fi, padrão 802.11 do IEEE. Através desta ferramenta, o administrador da rede cria uma senha, denominada chave pré-compartilhada, que deve ser informada a todos os usuários da rede.

**Wi-Fi (Wireless Fidelity):** nome pelo qual é conhecido o padrão 802.11 do IEEE, que assegura compatibilidade entre todos os equipamentos fabricados dentro desta tecnologia.

**WPA (Wi-Fi Protected Access):** mecanismo de segurança que aperfeiçoou e sucedeu o WEP, mantendo a compatibilidade com os equipamentos existentes, tais como notebooks, PDAs, entre outros, que pode utilizar chaves individuais ou compartilhadas.

**WPA 2 (Wi-Fi Protected Access 2):** mecanismo de segurança mais completo e mais seguro, que pode também utilizar chaves pré-compartilhadas ou individualizadas.



## 3. Tecnologias para conectividade

A tecnologia de conectividade recomendada para as escolas é a instalação de redes sem fio baseadas no padrão IEEE 802.11 (Wi-Fi), por suas características econômicas (equipamentos de baixo custo e banda de frequência não licenciada) e pela mobilidade que suporta. Esta será, portanto, a tecnologia que conectará os *laptops* educacionais à rede.

Outras tecnologias serão necessárias para interligar os pontos de acesso Wi-Fi à rede do provedor de internet, criando o Sistema de Distribuição (Distribution System – DS). Algumas tecnologias que podem ser usadas para o DS são:

- Ethernet;
- PowerLine Communication (PLC).

Não são recomendadas soluções de Sistemas de Distribuição sem fio, como rede *mesh* e WDS, pois estas gerariam bastante interferência na já congestionada rede sem fio da escola.

Outras tecnologias podem ser utilizadas como uma alternativa para extensão da área de cobertura de um ponto de acesso, nos casos onde a propagação do sinal eletromagnético, em uma determinada região, for complicada pela presença de obstáculos ou quando a antena padrão do ponto de acesso não oferecer o padrão de irradiação adequado para determinado cenário. São elas:

- Cabos Irradiantes;
- Composição de Antenas.

### 3.1. Wi-Fi

#### 3.1.1. Padrões, Licenças e Autorizações

No mundo inteiro, o uso do espectro é rigorosamente controlado e as faixas de rádio só podem ser utilizadas com autorização expressa de órgãos concedentes, mediante o pagamento de custos de licença, normalmente altos.

Esta condição só não se aplica a equipamentos rádio que operam na banda aberta, conhecida internacionalmente pela sigla ISM (Industrial, Scientific e Medical). Tais equipamentos, chamados de equipamentos de radiação restrita, devem, no entanto, seguir regras de operação que vão desde os tipos de modulação e codificação que devem ser usadas à potência de irradiação permitida.

Equipamentos que atendem os padrões 802.11b e 802.11g do IEEE operam em 14 canais distribuídos em uma das faixas ISM, de 2,412 GHz e 2,484 GHz. No Brasil, no entanto, é permitido o uso dos primeiros 11 canais, de 2,412 (canal 1) até 2,462 (canal 11).

O 802.11b foi emitido em 16 de setembro de 1999 e é, provavelmente, o padrão de protocolos de rádio mais popular do mundo. Os equipamentos que seguem este padrão operam na banda ISM e utilizam DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), com velocidade máxima de 11 Mbps e *throughput* de dados de 5 Mbps.



O padrão 802.11g é bem mais recente, tendo sido implantado em junho de 2003. Apesar disso, tornou-se, de fato, o protocolo padrão para equipamentos *wireless*, integrando a maioria das placas dos equipamentos portáteis existentes no mercado, principalmente *laptops*. Este padrão usa também a faixa ISM, mas adota um sistema de modulação diferente, denominado OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), com velocidade máxima de 54 Mbps e *throughput* de dados de 25 Mbps, mas é compatível com o popular 802.11b, podendo utilizar a modulação DSSS para operar em taxas mais baixas.

O padrão 802.11a foi emitido na mesma data dos 802.11b e, no Brasil, opera em outra banda ISM (entre 5,725 e 5,875 GHz) e numa porção da faixa UNII (entre 5,17 e 5,320 GHz), o que o torna incompatível com os protocolos 802.11b e 802.11g. Ele adota a modulação OFDM, com velocidade máxima de 54 Mbps e *throughput* real de até 27 Mbps. Embora a faixa de frequência na casa dos 5GHz seja mais limpa, o que a faz sofrer menos interferência, a frequência mais alta significa alcance inferior para uma mesma potência.

Os dispositivos que utilizam as emendas “b” e “g” são muito mais populares que os da emenda “a”, razão pela qual a faixa de frequência de 2,4GHz é mais congestionada. Além do mais, muitos outros equipamentos domésticos, como babás eletrônicas, telefone sem fio, microondas e dispositivos Bluetooth utilizam a frequência de 2,4 GHz. Como os *laptops* que serão comprados para o Projeto UCA possivelmente não trabalharão com a emenda “a”, será considerado o uso apenas das emendas “b” e “g”.

No Brasil, o órgão responsável pela administração do espectro de rádio é a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), órgão ligado ao Ministério das Comunicações. As regras presentes na Resolução 365 da ANATEL devem ser rigorosamente seguidas pela empresa contratada no planejamento de instalação da rede sem fio nas escolas.

### 3.1.2. Planejamento da Rede Sem Fio

Para a elaboração de projetos de conectividade sem fio, é preciso tratar tanto a questão da cobertura, que diz respeito às áreas da escola “iluminadas” pela rede sem fio, como a questão da capacidade, que diz respeito à quantidade de acessos simultâneos que a rede deve ser capaz de suportar. Uma escola pode estar inteiramente coberta e, ainda assim, prover uma experiência de uso frustrante devido à incapacidade do ponto de acesso em suportar uma quantidade grande de usuários. Um bom projeto de rede sem fio deve buscar maximizar a área de cobertura de um ponto de acesso, para diminuir o número de pontos de acessos necessários, reduzindo custos – tema que será discutido na Seção Cobertura – e maximizar o número de clientes que a rede suporta, visto que muitos usuários utilizarão a rede da escola simultaneamente – assunto que será tratado na Seção Capacidade.

#### 3.1.2.1. Cobertura

A cobertura de uma rede sem fio Wi-Fi é função da potência de irradiação, sensibilidade de recepção, ganho das antenas do ponto de acesso e dos *laptops*, atenuações na propagação do sinal e das interferências eletromagnéticas presentes no ambiente.

Em uma rede IEEE 802.11b/g formada por *laptops* e ponto de acesso comuns, com potência de irradiação de 18 dBm e antena de 2 dBi (configuração presente na maioria dos dispositivos Wi-Fi),



o alcance de comunicação pode chegar a 500m. Dispositivos IEEE 802.11a possuem alcance menor, pois operam na frequência de 5,4GHz - frequências mais altas sofrem maior atenuação de propagação (atenuação de espaço livre).

Na prática, a área de cobertura em um ambiente indoor é bem menor do que a exposta acima, cerca de 50 metros, pois as paredes, os móveis e até as pessoas representam obstruções na propagação do sinal, inserindo uma enorme perda na potência deste sinal (atenuação por obstrução). As frequências mais altas também sofrem mais com esse tipo de atenuação, pois possuem grau de penetração e capacidade de contornar os obstáculos (difração) menores.

Algo importante a observar é que um ponto de acesso não oferece a mesma qualidade de comunicação aos *laptops* dentro de toda a sua área de cobertura. O IEEE 802.11 oferece uma gama de taxas de transmissão e a escolha da taxa é feita automaticamente por um algoritmo escolhido pelo fabricante, de acordo com a qualidade do enlace. Quanto mais alta a taxa, maior a sensibilidade do rádio, isto é, maior será a potência necessária para recebimento do quadro com sucesso e, conseqüentemente, menor o alcance. Quando o AP oferece taxas próximas a todos os *laptops* que estão utilizando a rede, é dito que a rede é homogênea. Esse conceito de rede homogênea será abordado com maior ênfase na Seção Capacidade.

A qualidade de cobertura de uma rede sem fio varia para cada cenário em função dos equipamentos utilizados e dos traços arquitetônicos e da interferência presente no ambiente. As inúmeras reflexões que o sinal sofre em um ambiente *indoor* é outro fator que torna a cobertura da rede ainda mais imprevisível. Por conta disso, é importante que sejam feitos testes reais de medição do sinal (*site survey*) para visualizar a cobertura da rede sem fio.

### 3.1.2.2. Capacidade

Um grande número de *laptops* no mesmo ambiente, conforme uso previsto em sala de aula, pode causar diversos problemas para a rede que influenciam na capacidade da mesma em prover conectividade a todos os usuários. Os principais fatores que delimitam a quantidade de usuários suportados por uma rede são:

- Limitação de hardware do ponto de acesso;
- Alto grau de interferência no ambiente devido à densidade da rede.

A capacidade da rede deve ser a primeira questão a ser avaliada em um projeto de rede para escolas. Fazer o levantamento do número de alunos por turno e da banda necessária para as atividades que serão aplicadas com os *laptops* são informações primordiais para a escolha do modelo e quantidade de pontos de acessos que serão necessários para prover uma boa conectividade para todos os usuários.

#### Limitação de *Hardware*

Os pontos de acesso possuem uma limitação no número de clientes que suportam. Essa é uma limitação de hardware do dispositivo para processar ou armazenar dados e estados, concomitantemente, da associação de um grande número de clientes. Pontos de acesso *customer-grade* (ou SOHO – *Small Office/Home Office*), suportam por volta de 25 clientes apenas.



Se a escola beneficiária do projeto possuir um número maior de usuários que acessarão simultaneamente a rede será necessária a utilização de mais de um ponto de acesso.

Uma alternativa é o uso de pontos de acesso mais robustos, que suportam um número bem maior de usuário.

### Interferência

Uma grande concentração de *laptops* em um mesmo ambiente, como previsto pelo projeto UCA, gera um cenário altamente interferente. A interferência pode causar colisões e contenção no acesso ao meio, devido ao compartilhamento de espectro. Ambos resultam em degradação na qualidade de comunicação.

O padrão IEEE 802.11 possui alguns mecanismos para evitar colisões, como o CSMA e o RTS/CTS. Mas estes, além de gerarem contenção de acesso ao meio, não evitam todas as colisões em um meio congestionado.

O RTS/CTS não deve ser usado, pois ele não consegue remediar todos os tipos de interferência, além de causar uma ineficiência ainda maior na rede, já que a transmissão dos quadros de RTS e CTS deve ser feita em taxas baixas, ocupando por muito tempo o meio.

Ao tentar evitar colisões, o que o CSMA faz é restringir o acesso ao meio a apenas um usuário por vez, contendo o acesso de outros usuários durante o período em que a rede está ocupada. Com isso, a banda também é compartilhada entre todos os usuários. Quanto maior número de clientes, menor a banda disponível para cada um e, quanto maior a taxa de associação dos clientes, maior será a banda compartilhada.

O algoritmo de seleção de taxa seleciona a taxa mais alta possível para que, naquele ambiente em especial, os quadros consigam ser decodificados no receptor. Quanto mais alta a taxa, maior é a Relação Sinal-Ruído necessária para a decodificação do sinal no receptor, ou em outras palavras, mais difícil é sua recepção. Com isso, quanto mais longe estiverem os *laptops* clientes, menor será a taxa de associação deles e maior será o tempo que estes nós ocuparão o meio para transmitir seus dados, diminuindo a eficiência na utilização do espectro, em síntese, a capacidade da rede. Portanto, para redes com muitos usuários, é desejável que todos os clientes estejam associados a taxas altas e, para isso, a cobertura da rede deve ser homogênea.

Contudo, cobertura homogênea não é suficiente para garantir que toda a rede se associe em taxas próximas (e altas, de preferência). É possível que um ponto de acesso instalado dentro de uma sala de aula, onde todos os *laptops* estejam distanciados igualmente dele, operar em taxas baixas ou diferentes para cada cliente. Isso ocorre porque a maioria dos algoritmos utiliza estatísticas de perda de quadros para determinar a taxa que será usada. Algoritmos dessa categoria não funcionam bem em uma rede densa, já que, nesse caso, as perdas não são sempre causadas pela degradação do sinal, mas, geralmente, por colisões com os quadros transmitidos pelos vizinhos. A redução da taxa nesse cenário não resolve a causa das perdas, pelo contrário, pode inclusive aumentá-las, já que os dispositivos ocupam o meio por mais tempo para transmitir em taxas baixas, aumentando a probabilidade de colisões.

Taxas altas são importantes para o aumento da capacidade da rede por dois motivos: diminuem a probabilidade de colisão e o compartilhamento de banda do canal é mais eficiente. Mas, para



garantir que a rede opere somente em taxas altas, além da cobertura homogênea, é preciso configurar os APs para assim trabalharem. Por motivos semelhantes, é desejável que o modo de compatibilidade do AP para a emenda “b” seja desabilitado.

### 3.1.3. Controladoras e Thin APs

Alguns fabricantes de equipamentos Wi-Fi oferecem uma solução proprietária de rede sem fio utilizando rádios denominados de *Thin APs* e Controladoras de rede sem fio.

Thin APs são assim denominados por não serem responsáveis por grande parte do processamento de dados da rede, designando tal tarefa, bem como todos os recursos de configuração, monitoramento e gerenciamento, à Controladora de rede sem fio.

Como a inteligência da rede fica centralizada, esta abordagem possibilita a utilização de recursos de gerenciamento automático de canal, potência e distribuição de cargas entre todos os APs, o que aumenta significativamente a qualidade da rede.

A utilização de Controladoras também facilita o monitoramento e gerenciamento de outros parâmetros de rede já que podem ser feitas através de um ponto único.

## 3.2. Ethernet

A tecnologia Ethernet dispensa o uso de adaptadores entre o sistema de distribuição e os elementos ativos, já que praticamente todos os computadores e equipamentos de rede, como pontos de acesso, possuem uma interface Ethernet.

Os cabos usados devem ser UTP. Cabos e conectores RJ-45 (macho e fêmea) devem ser no mínimo CAT 5e.

O comprimento dos cabos de rede não deve exceder 50 metros. Quando a distância entre o ponto de acesso e o *switch*, ou controlador, localizado na sala de equipamentos, for maior que 50 metros, deve ser usado um elemento repetidor.

Todo o cabeamento deve ser passado através de dutos, canaletas ou por esteiras já presentes ou instaladas para este projeto.

### Vantagens

- A grande e maciça adoção desta tecnologia resultou numa produção cada vez maior de equipamentos Ethernet, causando sucessivas quedas de preço e tornando-a a tecnologia LAN de mais amplo uso no mundo;
- Trata-se da tecnologia mais madura de redes locais. É estável, oferece velocidades muito altas e modo de transmissão *full-duplex*;
- Dispensa o uso de adaptadores para conexão aos pontos de acessos e ao modem ADSL;
- Alguns equipamentos permitem a alimentação dos pontos de acessos através do cabo de rede, usando a solução de PoE (*Power over Ethernet*). Ao utilizar tal solução, é possível centralizar o ponto de alimentação de todos os equipamentos, dando maior segurança de operação aos



equipamentos eletrônicos, já que o equipamento injetor de energia poderia ser alimentado por um *nobreak* e por um circuito elétrico confiável.

### Desvantagens

Apesar de esta tecnologia ser a mais utilizada atualmente, ela envolve um custo de implantação, não apenas pelo material (cabos, conectores, dutos, *patch-panels* e outros elementos ativos), mas pelo custo da mão-de-obra de instalação de cabos e conectorização, sem mencionar a necessidade de projeto de cabeamento.

## 3.3. PLC

PLC é a tecnologia utilizada para transmitir dados através dos cabos da rede elétrica, aproveitando a infraestrutura de fios existente no local, sem necessidade de obras ou outras alterações. Em alguns lugares, PLC também pode ser chamado de *Broadband Power Line* (BPL).

A tecnologia PLC pode ser dividida em duas grandes categorias:

- **PLIC - Power Line Indoor Communication:** subcategoria onde estão os equipamentos PLC de uso doméstico, utilizados em residências, escritórios, hotéis, escolas e outros ambientes fechados. Esta modalidade é a que se enquadra no projeto UCA.
- **PLOC - Power Line Outdoor Communication:** subcategoria onde estão enquadrados os equipamentos para uso em ambientes abertos. Essa subcategoria é mais voltada a empresas de energia elétrica que querem oferecer acesso à Internet a seus assinantes e, por isso, não será aprofundada, por fugir do escopo deste projeto.

Para que a rede elétrica de uma escola se transforme em uma rede de dados, basta ligar os adaptadores PLC nas tomadas comuns e conectar as suas interfaces Ethernet às placas de rede dos computadores, pontos de acessos ou *modems* com cabos de rede. Se um dos equipamentos conectados ao PLC estiver conectado à internet (*modem* ADSL ou modem de satélite), todos os outros equipamentos conectados à rede elétrica, através do PLC, também estarão também conectados a ela.

A Figura 1 demonstra como é feita a instalação de uma rede usando adaptadores PLC.

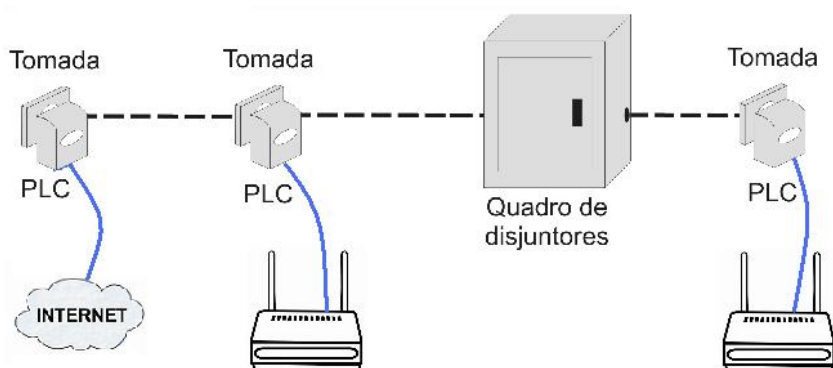




Figura 1 – Instalação de uma rede usando PLCs

Alguns fabricantes oferecem uma solução de AP integrado ao equipamento de PLC. A Figura 2 ilustra uma rede usando adaptadores PLC com AP integrado:

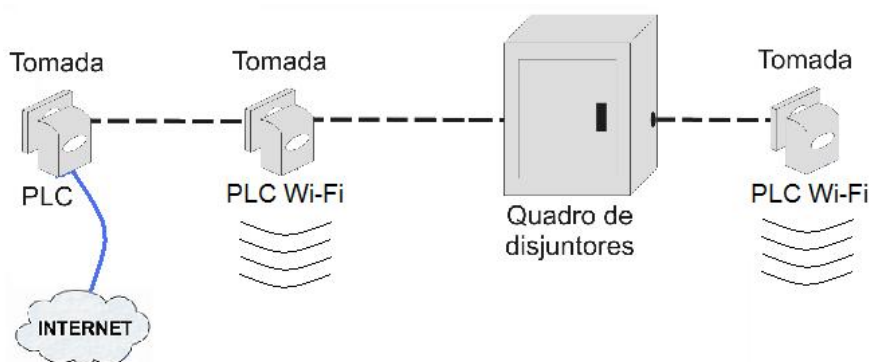


Figura 2 – Instalação de uma rede usando adaptador PLC com Ponto de Acesso integrado

### 3.3.1. Padrões, Licenças e Autorizações

Na tecnologia PLC, existem vários padrões com o objetivo de transmitir dados através da rede elétrica. Muitos desses padrões são criados por organizações internacionais como IEEE ou alianças internacionais entre empresas, como *HomePlug* e OPERA (Open PLC European Research Alliance). Algumas dessas organizações colaboram entre si, como é o caso da *HomePlug* e IEEE, que juntos estão desenvolvendo o padrão internacional de PLC, IEEE P1901.

O padrão mais estável e difundido no mercado é o *HomePlug*. O padrão *HomePlug* é definido por várias versões que se diferenciam, geralmente, pela taxa de transmissão de dados e aplicações, descritas a seguir:

- *HomePlug* 1.0 – velocidade (teórica): 14 Mbit/s. Especificação para conexão de aparelhos PLC de uso doméstico (PLIC);
- *HomePlug* 1.0 Turbo - velocidade (teórica): 85 Mbit/s. Especificação para uma conexão mais rápida de aparelhos PLC de uso doméstico (PLIC);
- *HomePlug* AV - velocidade (teórica): 189 Mbit/s. Desenvolvido para transmissão de HDTV e VOIP em ambientes fechados (PLIC);
- *HomePlug* Access BPL – em desenvolvimento (PLOC);
- *HomePlug* Command & Control – para automação residencial (PLIC).

Alguns fabricantes oferecem equipamentos que utilizam protocolos proprietários para atingir taxas de 200 Mbps. Tais equipamentos não devem ser usados, pois podem criar problemas de interoperabilidade. Deve-se sempre optar pelo padrão *HomePlug* 1.0 Turbo.

O uso da tecnologia de PLC na modalidade PLIC não exige licenças ou autorização de uso.



#### Vantagens:

- Como o PLC utiliza a infraestrutura já disponível, não necessita de obras nas escolas para ser implantado. Além do mais, a capilaridade da rede elétrica dentro de uma edificação é grande, já que quase todos os cômodos costumam possuir tomadas elétricas. Portanto, essa é uma vantagem da tecnologia PLC sobre todas as outras: em princípio, qualquer escola que possua infraestrutura elétrica instalada teria também uma potencial infraestrutura de rede.
- A solução do ponto de acesso integrado ao equipamento PLC é interessante para o objetivo do projeto UCA. Esse equipamento possui uma interface PLC, onde os dados podem ser trafegados pela rede elétrica, e uma interface *Wireless* (802.11b/g), que criaria uma zona de cobertura Wi-Fi para os *laptops*. Sem a solução integrada, é necessária a aquisição de um adaptador PLC padrão e de mais um ponto de acesso para cada área de cobertura criada.

#### Desvantagens:

- A velocidade de transmissão suportada em uma comunicação por equipamentos de PLC é inversamente proporcional a distância entre os nós. Como é comum que em algum ponto da rede elétrica a fiação dê muitas voltas ao invés de fazer o caminho mais curto, uma edificação, mesmo que pequena, pode não ser capaz de suportar uma rede de PLC de boa qualidade;
- Da mesma forma, disjuntores fora do padrão, descontinuidades causadas por tomadas, emendas e descasamento de impedância entre diferentes fios instalados na rede irão contribuir para perdas na potência de sinal.
- As tomadas elétricas tipicamente utilizam fios fase e neutro, sendo que o neutro é compartilhado entre todos os elementos conectados a um mesmo quadro de energia, isto implica dizer que a rede de dados não pode receber e transmitir dados simultaneamente (o modo *full-duplex* não pode ser utilizado), o que quer dizer que a banda total será compartilhada entre *download* e *upload* (modo *half-duplex*).
- Equipamentos de PLC se comunicam apenas dentro do mesmo quadro de energia. Para comunicação entre circuitos de quadros diferentes, é necessário o uso de uma extensão interligando os circuitos ou o uso de um equipamento distribuidor, geralmente utilizado para a categoria PLOC, fora do painel principal do prédio;
- Equipamentos e máquinas elétricas que compartilham o mesmo circuito elétrico causam degradação na comunicação via PLC. Em alguns casos, a perda de velocidade na transferência de dados pode chegar a 50%.
- A utilização de PLC presume a utilização das tomadas elétricas existente nas escolas para alimentação dos APs. Isto nem sempre irá ocorrer. Escolas que não possuam a rede elétrica confiável poderão optar pela utilização de PoE.

### 3.4. Cabo Irradiante

Cabos Irradiantes são cabos coaxiais com fendas no condutor externo, como ilustrado na Figura 3, que permitem a entrada e saída do sinal de rádio. Enquanto um cabo coaxial comum é utilizado



para transportar um sinal de um ponto a outro, o cabo irradiante também pode ser considerado uma antena.

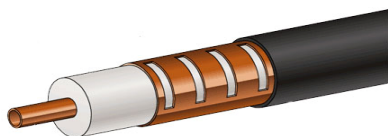


Figura 3 - Desenho de um Cabo Irradiante

Crédito: Teleco

Como o cabo irradiante libera o sinal eletromagnético paulatinamente, a zona de cobertura fica concentrada nas áreas próximas ao cabo. Isso aumenta a eficiência do sistema, já que pouca energia é desperdiçada para fora do prédio, por exemplo.

Por utilizar um meio semiconfinado, esta solução facilita também a comunicação via rádio-frequência, onde a propagação de ondas eletromagnéticas é prejudicada. Ao mesmo tempo, cria uma área de cobertura Wi-Fi mais homogênea, diminuindo a distância média entre a fonte e o cliente móvel e permitindo que mais clientes se associem ao ponto de acesso a taxas mais altas.

O cabo irradiante é um elemento passivo que deve ser conectado a um ponto de acesso. Uma antena *indoor* pode ser adicionada ao final do cabo irradiante, ampliando ainda mais a área de cobertura.

Os cabos irradiantes utilizam os mesmos conectores dos cabos coaxiais. Quando se deseja conectar o cabo a um AP, deve-se utilizar um conector compatível com a entrada deste. Terminadores usados em cabos coaxiais também podem ser usados para cabos irradiantes e devem ter a mesma impedância do cabo, para que estejam casados e nenhuma reflexão ocorra no fim do cabo. Reflexões internas no cabo podem causar interferências na recepção do sinal, o que degradaria a qualidade do serviço. Outro efeito, mais sério, seria uma possível danificação do equipamento de rádio. Quanto mais curto for o cabo, maior é o risco disto ocorrer.

#### Vantagens:

- O Cabo Irradiante cria uma área de cobertura Wi-Fi homogênea para computadores e *laptops*, reduzindo a distância média entre a fonte e o cliente móvel e permitindo associação a altas taxas por todos os clientes;
- Como o cabo irradiante permite maior controle na distribuição do sinal de RF, pouco sinal é desperdiçado para fora do ambiente que se deseja cobrir, como acontece com pontos de acesso utilizando antenas padrão;
- Aumento da área de cobertura, pois a passagem do cabo através de obstáculos (grossas paredes, armários metálicos, etc.) possibilita a iluminação de áreas que seriam naturalmente obstruídas.



#### Desvantagens:

- A tecnologia de cabos irradiantes é patenteada. Em decorrência do monopólio obtido através de Patente de Invenção, o preço dos cabos irradiantes está sendo mantido num patamar bem alto;
- A instalação de cabos irradiantes requer um projeto de engenharia para escolha do padrão de irradiação do cabo e do caminho a ser percorrido pelo cabo. Sua instalação exige a presença de técnico especializado, para executar conectorizações no ponto de acesso e no terminador.

### 3.5. Composição de Antenas

Uma alternativa para expandir e homogeneizar a área de cobertura de um ponto de acesso é a substituição da antena externa deste por um conjunto de elementos passivos (cabos coaxiais, cabos irradiantes, divisores, acopladores e antenas). As novas antenas seriam, então, distribuídas pela área de cobertura desejada, tornando possível construir um padrão similar a células de cobertura, mas utilizando apenas um rádio. Esta solução não adota nenhuma tecnologia especial, procurando, apenas, utilizar os elementos passivos de um sistema de rádio de um modo mais inteligente.

Por exemplo, se for escolhido o uso de duas antenas, simetricamente distanciadas, como mostradas na Figura 6.a, um cabo coaxial pode ser conectado na entrada da antena do ponto de acesso, e a outra ponta do cabo, ligado ao divisor. Este irá dividir igualmente a potência do sinal gerado pelo rádio entre dois novos cabos coaxiais. Na ponta destes cabos secundários, a antena é instalada.

Caso o posicionamento das antenas em relação ao rádio for assimétrico, como ilustra a Figura 6.b, o divisor deve ser substituído por um acoplador desbalanceado. Este dispositivo divide o sinal proveniente de um cabo coaxial em dois ou mais ramos com potências diferentes. O acoplador deve, neste caso, oferecer mais potência ao ramo onde o sinal irá percorrer uma distância maior até a antena.

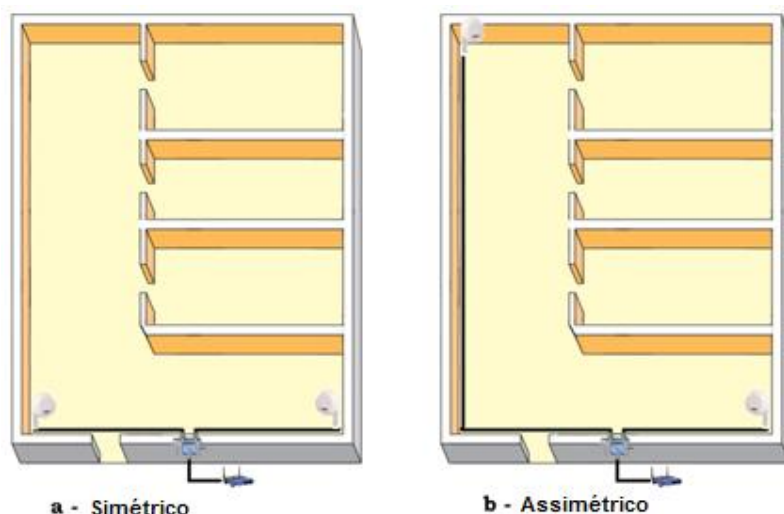


Figura 4 – Composição de Antenas



Nos exemplos anteriores, foram explorados casos onde são colocadas duas antenas por ambiente. Entretanto, existem casos que exigem um número bem maior de antenas. A solução de troca da antena padrão do ponto de acesso por outra que apresente um diagrama de irradiação mais adequado ao cenário também pode se enquadrar na solução de Composição de Antenas.

Pode-se também unir a solução de cabos irradiantes à da composição de antenas. Nesta hipótese, o cabo coaxial seria substituído por um cabo irradiante. Essa solução pode otimizar a qualidade de cobertura de um ambiente indoor.

Soluções mais complexas, como a intercalação de cabos coaxiais e de cabos irradiantes, podem ser adotadas, para evitar o desperdício de potência irradiante em áreas onde a cobertura de rádio é desnecessária.

#### **Vantagens:**

- Quando comparadas a sistemas que utilizam exclusivamente cabos irradiantes, soluções como as acima descritas apresentam custos menores, devido ao preço menor proporcionado pelo uso de antenas setoriais alimentadas por cabos coaxiais;
- Possibilita que a área de cobertura seja projetada de modo a confinar o sinal em uma área de interesse, evitando desperdício de sinal;
- Assim como sistemas de cabos irradiantes, estas soluções criam áreas de cobertura Wi-Fi homogêneas, reduzindo a distância média entre fonte e cliente móvel e permitindo a conexão destes com altas taxas de transmissão;
- Aumento da área de cobertura, pois o cabo coaxial passa através de obstáculos, possibilitando a iluminação de áreas que ficariam naturalmente obstruídas.

#### **Desvantagens:**

Assim como a solução de cabos irradiantes, a instalação de sistemas de antenas compostas requer estudo de engenharia específico para determinar o caminho a ser seguido pelos cabos coaxiais, escolha e posicionamento de antenas e de demais elementos do sistema irradiante.

## 4. Segurança da informação

Os procedimentos e técnicas de segurança existem para combater o mau uso dos recursos compartilhados, afastarem usuários mal intencionados, garantir a integridade e privacidade dos dados trafegados e armazenados, e garantir também a autenticidade dos agentes, ou seja, confirmar que um indivíduo ou programa é, de fato, quem afirma ser.

O problema da segurança pode ser classificado de acordo com o tipo de ameaça.



## Interceptação

Acontece quando um usuário não autorizado consegue acessar e manipular as informações transmitidas pelos usuários regulares da rede. Este tipo de invasão compromete questões de segurança relacionadas a:

### ■ Integridade

Uma mensagem íntegra é aquela que não sofreu nenhuma alteração, intencional ou acidental, sem o conhecimento do emissor. Exemplo: se um e-mail enviado pelo professor com as notas da turma tiver seu conteúdo modificado por outra pessoa, estaremos diante de um problema de integridade.

### ■ Autenticidade

Sem um mecanismo que forneça autenticidade, um invasor pode se passar por outra fonte para gerar informações ilegítimas. Exemplo: se uma pessoa enviar um e-mail aos professores da escola se fazendo passar pelo diretor, estaremos diante de um problema de autenticidade.

### ■ Privacidade

Um mecanismo de segurança que provê privacidade garante que a mensagem enviada somente será lida pelo destinatário escolhido. Exemplo: se uma mensagem de e-mail trocada por dois professores for lida por um aluno não autorizado, estaremos diante de uma falha de privacidade.

## Acesso irregular

O acesso irregular acontece quando um usuário não autorizado se conecta ao ponto de acesso para usufruir de recursos desta rede, como, por exemplo, o acesso à Internet. Este é um problema recorrente nas redes sem fio. Limitar o acesso à rede sem fio apenas para usuários autorizados é importante por dois motivos:

- Evitar que usuários desconhecidos utilizem a rede sem fio para cometer crimes.
- Evitar que usuários não autorizados consumam recursos compartilhados da rede, prejudicando os usuários legítimos.

### 4.1.1.1. Mecanismos de Segurança

Existem vários mecanismos de segurança disponíveis nos pontos de acesso atuais, desenhados para dificultar ou impedir os problemas acima listados. Os mais importantes são:

- **WEP** (Wired Equivalent Privacy)
- **WPA** (Wi-Fi Protected Access)
- **WPA2**

O modo de operação mais usado com WPA e WPA2 é o *Personal*, que utiliza chaves pré-compartilhadas e foi projetado para o ambiente doméstico ou para pequenos escritórios. Outro modo de operação ainda mais seguro, e geralmente usado em ambientes corporativos, é conhecido como WPA e WPA2 *Enterprise*, que utiliza chaves individualizadas. Este método implica o uso de um servidor adicional, dedicado à autenticação dos usuários de forma ainda



mais robusta e, em geral, pode ser dispensado em cenários onde as demandas por segurança não são tão severas.

Os três mecanismos apresentados acima dificultam o acesso irregular. As senhas ou chaves usadas nos três mecanismos também protegem as mensagens enviadas pelos usuários, provendo graus variados de integridade, privacidade e autenticidade. No entanto, como a chave é compartilhada, ela pode ser facilmente disseminada, prejudicando o controle de acesso.

É importante que as senhas sejam escolhidas de modo a dificultar sua descoberta por tentativa e erro. Por exemplo, utilizar como senha o nome da escola ou do(a) diretor(a) não é uma escolha adequada, por ser uma senha previsível. Palavras como “senha”, “password”, “chave” e “escola” também não são recomendadas, pelo mesmo motivo. Uma senha segura deve conter letras, números e outros símbolos, como, por exemplo, “e2s6c0la=”.

As soluções *Personal* não exigem muito gerenciamento. Uma vez que uma senha de acesso for criada, ela deve ser dada aos alunos. Após a primeira associação, provavelmente os laptops salvarão esta chave e não requisitarão a digitação da chave posteriormente.

Já as soluções *Enterprise*, que provêm a forma mais segura de autenticação e proteção dos dados, são de mais difícil gerenciamento, pois a necessidade de *logins* e senhas individuais exige o cadastro no servidor de cada novo usuário que vier a utilizar a rede da escola.

#### ■ Filtro de MAC

O filtro de MAC permite listar os endereços MAC de todos os clientes autorizados a utilizar o ponto de acesso, bloqueando o acesso dos dispositivos não listados.

Esse mecanismo dispensa a digitação de senha pelo usuário, mas não oferece proteção contra interceptação dos dados.

É de difícil gerenciamento, pois cada laptop novo que vier a utilizar a rede da escola deverá ter seu endereço MAC registrado no controlador (quando houver) ou em todos os APs. A capacidade de endereços suportados no filtro é uma limitação deste mecanismo de segurança para o ambiente de escola.

Uma alternativa que facilita o gerenciamento é a adoção do filtro por faixa de endereço MAC. Filtrando apenas os primeiros octetos do endereço, por exemplo.

## 5. Etapas de Implantação

### 5.1. Coleta de Informações das Escolas

A coleta, realizada pela CONTRATANTE, incluirá, obrigatoriamente, as seguintes informações, primordiais para a escolha do sistema Wi-Fi e para a determinação do número de APs necessários para estabelecer boa conectividade a todos os usuários dentro das escolas:

- Número de alunos por escola;



- Número de professores;
- Número de alunos por turno;
- Número de salas;
- Número de alunos por sala;
- Número máximo estimado de usuários por turno (baseado no número de salas e número máximo de alunos por sala);
- Existência de biblioteca, sala dos professores e pátio externo (distante das salas de aula);
- Existência de conexão internet;
- Informações sobre a rede elétrica

Para obter tais informações, pode ser necessário que a CONTRATADA realize uma vistoria nas escolas que serão contempladas pelo projeto antes do processo de contratação (vistoria preliminar).

A CONTRATANTE também deverá fornecer uma ficha com dados cadastrais de cada escola:

- Telefone de contato;
- Nome da escola;
- Endereço;
- Coordenadas geográficas.

O Anexo-A contém a planilha com as informações preenchidas durante a coleta de informação das escolas.

### 5.1.1. Classificação das Escolas

Devido à heterogeneidade na arquitetura, número de alunos, condições de infraestrutura e localização das escolas contempladas pelo Projeto UCA, a cobrança de alguns serviços, listados neste documento, será feita de forma distinta, de acordo com o tipo de escola.

Diversas classificações serão criadas a partir da Coleta de informações das escolas, a fim de posicionar cada tipo escola à abordagem de serviço que deverá ser, a ela, aplicada.

As classificações deverão ser informadas pela CONTRATANTE junto com o edital de contratação, podendo elas serem alteradas pela CONTRATADA no momento do Site Survey.

#### Localização

- Tipo U – Urbana
- Tipo R – Rural



### **Necessidade de cobertura especial no pátio**

- Tipo SCP – Escola sem pátio ou com pátio, mas sem necessidade de cobertura especial. Enquadram-se nesta categoria instituições onde todas as salas de aula se localizam em volta de um pátio interno e as paredes não são espessas;
- Tipo CCP – Escola com pátio e necessidade de cobertura especial.

### **Infraestrutura de rede elétrica**

- Tipo REACS - Rede Elétrica Apropriada para Circuito de Serviço: quadro de distribuição adequado, aterramento dedicado, fiação e tomadas dentro dos padrões para a sala de equipamentos
- Tipo REI - Rede Elétrica inapropriada.

### **Número máximo de usuários por turno**

- Tipo P – Até 50;
- Tipo M – Entre 50 e 100;
- Tipo G – Entre 100 e 300;
- Tipo GG – Mais de 300.

## **5.2. Projeto Executivo**

### **5.2.1. Planejamento de Instalação (*site survey*)**

O planejamento de instalação de cada escola deverá ser realizado em apenas uma visita. Esta fase dos trabalhos será indispensável para detectar e evitar problemas de desempenho após a implantação ou ampliação de uma rede sem fio.

Durante o planejamento são coletadas informações referentes à disponibilidade de espaço físico, alimentação elétrica, aterramento, passagem de cabos, e outros detalhes que possam ter impacto na instalação. Dentre as condições estudadas e documentadas estão também os aspectos referentes à infraestrutura e transmissão, identificação de equipamentos já existentes no local, acesso ao *site*, condições ambientais e de utilização do espectro de rádio, rede de dados, número de usuários e locais previstos de uso da rede sem fio.

Também são feitas fotografias e colhidas informações da arquitetura da escola que servirão de base para a elaboração de uma planta baixa.

Através do *site survey* é possível determinar a localização, configuração e a quantidade de pontos de acesso necessários em cada escola, considerando cobertura, número de usuários e tráfego previsto de forma a proporcionar as funcionalidades requeridas e apresentar desempenho compatível com o investimento realizado.

Em síntese, junto com os dados colhidos pela CONTRATANTE, todas as informações necessárias para elaboração do projeto executivo e instalação dos equipamentos serão levantadas nesta etapa.



As informações podem ser aproveitadas da Coleta de informações das escolas. A CONTRATADA deverá, no entanto, providenciar dados que não puderam ser recolhidos previamente e corrigir dados já existentes, caso seja necessário.

No planejamento de instalação de cada escola, deve ser executada a seguinte sequência de passos:

1. **Definição de requisitos da rede:** entrevistar o contratante ou beneficiário do serviço, para avaliar os locais onde deve ser feita a cobertura e o número previsto de usuários para cada local. No caso das escolas, são locais obrigatórios de cobertura apenas as salas de aula, as salas de professores, a biblioteca (ou sala de leitura) e o pátio. A área administrativa não precisa ser contemplada com cobertura de rede sem fio.

Nas escolas do Tipo CCP, caso a escola possua mais de um pátio ou área de socialização externa às salas de aula, deve ser escolhida apenas uma para ser objeto de cobertura.

Nesta etapa, deve ser dimensionada a capacidade da rede e, conseqüentemente, determinada a quantidade de APs e outros equipamentos de rede necessários, com base na estimativa de número máximo de usuários por turno, por ambiente, número de salas e na largura de banda a ser disponibilizada a cada usuário (mínimo de 300 Kbps).

Em escolas do Tipo CCP, a capacidade para cobertura do pátio deve ser dimensionada para satisfazer todos os alunos do turno simultaneamente, mas não deve exceder o número de três (03) pontos de acesso.

O Anexo I-A possui o número máximo estimado de usuários por turno em cada escola e a estimativa do total de APs que será necessário para cada escola.

2. **Planta do local:** através de uma planta é possível identificar os locais onde é desejada a cobertura da rede sem fio. Elementos arquitetônicos como paredes, portas e outras estruturas devem ser considerados na escolha dos pontos de fixação dos APs.

Caso a CONTRATADA não consiga uma planta do prédio com o responsável ou com a CONTRATANTE, ela deverá elaborar uma planta baixa que represente de maneira inteligível a arquitetura e a rede lógica e elétrica da escola, a fim de permitir a execução de *survey* por meio de software instalado em *laptop*. A Seção 5.2.5.5. descreverá com mais detalhes como devem ser elaborados os desenhos.

3. **Percorrer fisicamente as instalações:** a inspeção do prédio permite conferir as informações registradas em planta e, ao mesmo tempo, detectar detalhes arquitetônicos não registrados, como paredes espessas ou de metal, plantas, móveis, etc.

Nesta etapa, devem ser também confirmados detalhes de salas de equipamentos, disponibilidade de espaço em racks existentes, caminhos de passagem de cabos e locais adequados para instalação de equipamentos, etc.

A qualidade da instalação elétrica, especificamente do circuito de serviço, deve ser avaliada nesta etapa. A CONTRATADA deverá verificar a existência e a qualidade de disjuntores no quadro elétrico, aterramento, passagem das fiações elétricas e tomadas.



A CONTRATADA deverá também elaborar um relatório fotográfico da escola, mostrando detalhes da infraestrutura e da arquitetura, para facilitar o entendimento das soluções propostas.

4. **Deteção de interferências:** interferências eletromagnéticas podem impedir o bom funcionamento de uma rede sem fio. Estas são medidas por intermédio de um analisador de espectro, instrumento que registra o nível de potência de todos os sinais provenientes de equipamentos que operam na faixa de frequência das redes Wi-Fi. Dispositivos *Bluetooth*, fornos de microondas, telefones sem fio e outras WLANs são fontes potenciais de interferência. Assim, no momento dos testes, é conveniente que todos os equipamentos do prédio que possam ser fontes de interferência estejam ligados.
5. **Determinar uma posição preliminar para cada ponto de acesso:** Baseado na planta e na inspeção do local, dividir a área de interesse em zonas de cobertura. Colocar um ponto de acesso por zona, de forma que cada zona satisfaça os requisitos de capacidade e que a cobertura dentro dessa zona seja a mais homogênea possível. Por exemplo, se não houver grandes obstruções na zona, ele deve ser colocado próximo ao meio desta. Deve-se dar preferência a locais altos e pertos de ponto de rede e energia. Por questões de segurança e preservação dos equipamentos, também é recomendável a instalação dos APs dentro das salas, e não nos corredores.

Para escolas do Tipo CCP, o ponto de acesso deve ser instalado, obrigatoriamente, em locais cobertos e devem ser usadas antenas setoriais para concentrar o sinal no ambiente de socialização, evitando, assim, interferência com os APs instalados nas salas de aula, biblioteca e sala dos professores.

6. **Planejamento de frequências e potência:** é fundamental configurar cada AP para operar no canal onde foi observada a menor interferência naquele local. APs vizinhos também interferem entre si e devem ser configurados em canais diferentes, obrigatoriamente em canais ortogonais (canais não sobrepostos – 1, 6 e 11).

Caso dois APs vizinhos precisem ser configurados em um mesmo canal, devido ao reuso de frequência, a potência de transmissão dos mesmos deve ser eventualmente diminuída.

Quando for utilizada a solução de controladoras de rede sem fio – dispositivos que oferecem gerenciamento automático de potência e frequência -, esta etapa tem a sua execução facilitada.

7. **Medição de sinal em áreas de interesse:** uma vez escolhida uma determinada localização para um AP, serão feitas medições do sinal provenientes deste ponto dentro daquela determinada área de cobertura. Caso os níveis sejam aceitáveis em toda a região, o posicionamento do AP será confirmado. Caso contrário, deve-se escolher outro ponto de instalação, tornando necessário realizar novas medições.

Nos estudos de cobertura, a CONTRATADA deve utilizar ferramentas específicas, que forneçam os seguintes parâmetros de medida:

- Intensidade do sinal;
- Interferência entre os APs do projeto;



- Taxa de dados (bit/s) entre laptops, em diversos pontos da região de cobertura, e o AP mais próximo (sinal mais forte).

Os testes de cobertura e interferência poderão, caso haja uma restrição grande de tempo, ser realizados após a instalação da rede sem fio. Mas neste caso é altamente recomendável que seja previamente instalado um ponto de rede em cada ambiente de cobertura previsto, para que haja margem de manobra caso seja necessário o remanejamento de um AP.

A Seção 5.4. descreve com maiores detalhes como devem ser feitas tais medições e os requisitos mínimos para aprovação da rede.

O AnexoII-A contém o formulário para preenchimento de todos os dados recolhidos na etapa de planejamento de instalação.

### 5.2.2. Planejamento de Rede Lógica (Endereçamento IP, VLAN, etc.)

Cada escola terá apenas um IP, válido ou não, recebido da operadora de telecomunicações. Este IP deverá ser compartilhado por todos os clientes da escola. Tais clientes podem ser os laptops do projeto UCA ou terminais já existentes na escola. Portanto, para o planejamento da rede do projeto UCA é necessário levar em consideração a rede já existente nas escolas.

Para possibilitar a integração às outras redes existentes na escola, ou que possam vir a existir, os comutadores (Controladoras ou Switches) deverão ser dimensionados para oferecer pelo menos 2 portas livres, para este fim ou para adicionar outro AP caso seja necessário.

**A Erro! Fonte de referência não encontrada.** ilustra a topologia que deverá ser aplicada nas escolas.

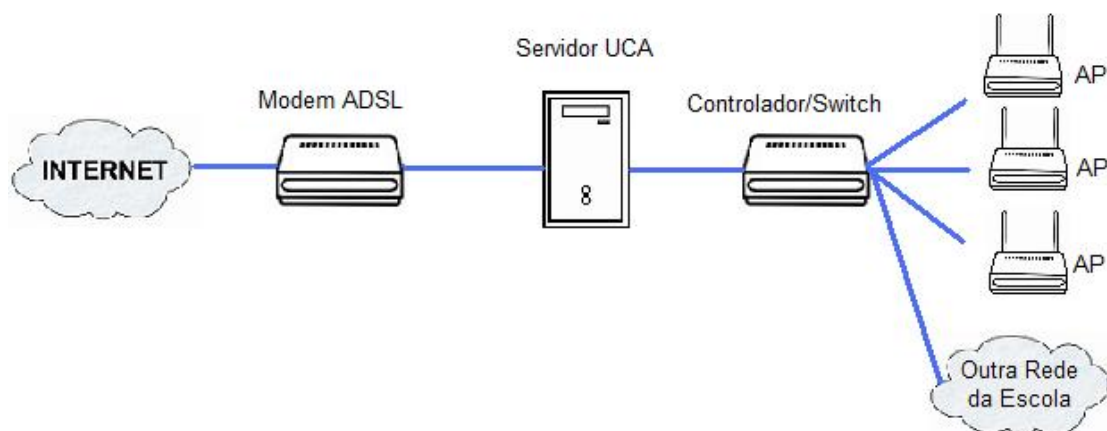


Figura 5 - Topologia da rede da escola

O AnexoII-A contém o formulário para preenchimento de todas as configurações de rede realizadas nos equipamentos da escola.



Abaixo, será descrito com maiores detalhes a configuração dos equipamentos envolvidos.

#### 5.2.2.1. Modem da operadora

O modem ADSL do provedor de acesso terá um IP real e fará a tradução de endereço (NAT) apenas para o servidor da escola. O equipamento já está configurado e ativo, não sendo permitido à CONTRATADA realizar modificações em sua configuração.

#### 5.2.2.2. Servidor UCA

O servidor UCA, que atuará como *gateway* da rede da escola, será conectado diretamente ao modem da operadora - que dá acesso à internet e provê um IP privado – através de uma das suas interfaces de rede (WAN), que deverá estar configurada como cliente DHCP. A outra interface de rede (LAN) deve ser conectada ao controlador de rede sem fio e configurada estaticamente. Ao mesmo tempo, através da interface LAN, o Servidor UCA proverá serviço de DHCP e NAT para todos os laptops educacionais e máquinas de laboratório de informática e DNS Relay às outras redes da escola. As configurações de rede deverão, então, serem feitas da seguinte forma:

WAN	LAN			
IP	IP	Máscara	Broadcast	Servidor DHCP
Cliente DHCP	172.16.0.1	255.255. 0.0	172.16.255.255	172.16.0.8 a 172.16.200.254

O Servidor UCA também provê serviços autenticação dos laptops educacionais, filtro de conteúdo, web cache, além de pode armazenar conteúdos educacionais.

O MEC disponibilizará o manual de configuração do servidor UCA, confeccionado pela empresa produtora da distribuição de sistema operacional utilizado.

#### 5.2.2.3. Controladora de rede sem fio

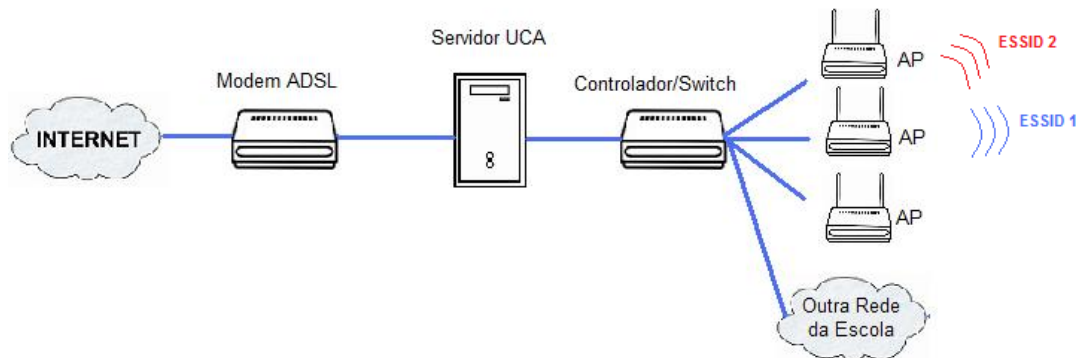
Esta Seção é aplicável apenas se a solução de Controladora de rede sem fio for adotada.

##### a. Rede e VLANs

Dois ESSIDs devem ser configurados para dois grupos de usuários distintos: alunos (RUCA) e professores ou funcionários da escola (RUCAdmin).

A controladora deverá atuar como bridge para o ESSID RUCA, possibilitando que o Servidor UCA seja o servidor DHCP dos laptops educacionais. Para o ESSID RUCAdmin, a controladora deverá atuar como roteador e servidor DHCP (Figura abaixo).





Para isto, deverão ser criadas 2 VLANs distintas para estes grupos de usuários na controladora. A primeira (VLAN 1) será associada ao ESSID RUCA e atenderá Laboratórios de Informática (pelo menos 1 porta deve ter esta destinação), fazendo bridge dessas redes com o uplink. A segunda (VLAN 50) será associada ao ESSID RUCAAdmin e às portas destinadas a integração à rede administrativas da escola (pelo menos 1 porta deve ter esta destinação) e terá ativado o serviço de servidor DHCP para os laptops dos professores e para os computadores das outras redes e fará NAT para a VLAN de uplink. A configuração da VLAN 1 deve seguir alguns valores pré-definidos.

#### VLAN 1 - Rede sem fio para os laptops dos alunos, Laboratório de Informática e porta de uplink

IP	Máscara	Broadcast
172.16.0.2	255.255. 0.0	172.16.255.255

#### VLAN 50 - Rede sem fio para professores e portas de interconexão às outras redes da escola (laboratórios ou computadores administrativos).

IP	Máscara	Broadcast	Faixa DHCP	DNS
172.20.0.20	255.255. 0.0	172.20.255.255	172.20.0.20 a 172.20.10.254	172.16.0.1

A configuração de VLANs é importante para atingir os seguintes objetivos:

- Reduzir o tráfego de *broadcast* e *multicast* para destinos desnecessários, melhorando o desempenho da rede e reduzindo a latência;
- Aumentar a segurança, garantindo as restrições de rede segura aos recursos na própria VLAN.
- Aplicar políticas de endereçamento e segurança distintas em cada VLAN.

#### b. Administração



Uma terceira VLAN (VLAN 10) deve ser usada para permitir o gerenciamento através da rede cabeada. Esta VLAN pode ser a mesma utilizada para comunicação entre os APs e a Controladora.

IP	Máscara	Broadcast	Faixa DHCP
192.168.216.100	255.255.255.0	192.168.216.255	192.168.216.110 a 192.168.216.150

As controladoras devem permitir a gerência remota através do IP 172.16.0.2 e local, exclusivamente via cabo, através do IP de gerência configurado para a VLAN 1, 5 ou 10, dependendo da porta na qual se estiver conectado. O login e senha de acesso poderão ser escolhidos pela CONTRATADA, mas deverá ser informado no Anexo II-A.

#### c. Potência, Planejamento dos canais e outras configurações

Os canais de operação dos pontos de acesso devem ser configurados de forma evitar interferências do ambiente e minimizar a interferência entre pontos de acesso, conforme descrito no planejamento de frequência na Seção 3.2.1. Controladoras de rede sem fio muitas vezes possuem um mecanismo de escolha de canal automática que pode ser utilizada para realizar o planejamento dos canais.

Os APs devem ter o modo de compatibilidade com o padrão IEEE 802.11b desabilitado, para aumentar o desempenho da rede.

Inicialmente, todos os APs devem ser configurados para operar com potência de 15 dBm, podendo essa ser elevada caso haja necessidade.

#### 5.2.2.4. Switch

Um switch poderá ser utilizado associado a uma controladora de rede sem fio, para extensão da capacidade da mesma, ou como o comutador único de uma rede sem fio formada por APs autônomos.

Quando utilizado para o primeiro propósito, ele deverá ter as portas ligadas aos APs configuradas para a mesma VLAN de comunicação entre a Controladora e os APs (VLAN 10). As demais portas devem ser distribuídas entre as VLAN 1 e VLAN 50. Uma porta, ainda, deve ser usada como trunk para a controladora.

Quando utilizado como comutador de APs autônomos, todas as portas do Switch que estiverem ligadas aos APs devem ser configuradas como TRUNK. Deverá também ser configurada com TRUNK a porta que será ligada ao servidor. As demais portas devem ser distribuídas entre as VLAN 1 e VLAN 50.

#### a. Administração

O IP de gerência do Switch deverá ser 172.16.0.2 quando utilizado com APs autônomos e 172.16.0.3 quando associado a um controlador de redes sem fio.



#### 5.2.2.5. APs

Quando for utilizada a solução de controladoras de rede sem fio esta Seção pode ser desconsiderada, pois toda configuração de rede sem fio é feita a partir da controladora.

Quando APs autônomos forem utilizados, os mesmos ESSID's da Seção 5.2.2.3. devem ser configurados, assim como as VLANs associadas a cada um (VLAN 1 e VLAN 50).

As configurações de cada VLAN devem ser idênticas às especificados para a Controladora, na Seção 5.2.2.3.

##### b. Administração

Os IPs de gerência dos APs autônomos deverão ser configurados estaticamente entre os valores 172.16.0.3 e 172.16.0.7.

Quando utilizado Thin APs e Controladores, os APs não possuem IPs de gerência, ou irão assumir endereços dentro da VLAN 10, tornando desnecessário o planejamento de endereços.

##### c. Potência, Planejamento dos canais e outras configurações

Os canais de operação dos pontos de acesso devem ser configurados de forma evitar interferências do ambiente e minimizar a interferência entre pontos de acesso, conforme descrito no planejamento de frequência na Seção 5.2.1.

Os APs devem ter o modo de compatibilidade com o padrão IEEE 802.11b desabilitado.

Inicialmente, todos os APs devem ser configurados para operar com potência de 15 dBm, podendo essa ser elevada caso haja necessidade.

O número de clientes deve ser limitado a 50.

### 5.2.3. Planejamento Segurança de Informação

#### 5.2.3.1. Administração da Rede Sem Fio

Assim como é importante a escolha de senhas difíceis para o WEP, WPA e WPA2, o mesmo se aplica para a senha do administrador do ponto de acesso e controladores de rede sem fio. Usuários e senhas fáceis podem ser descobertos por tentativa e erro. Caso isso ocorra, o invasor poderá configurar o ponto de acesso ou controlador de rede sem fio da maneira que lhe for conveniente.

A interface de administração dos equipamentos deve ser desabilitada para os usuários da rede sem fio, restringindo o acesso aos usuários conectados diretamente via cabo.



#### 5.2.3.2. Configuração do Controlador ou AP

A aplicação destas configurações deverá ser feita no controlador de rede sem fio caso seja utilizada a solução com Thin APs, ou no próprio AP, caso seja utilizada a solução com APs autônomos.

O ESSID RUCA deve possuir um bloqueio de acesso através de filtro de MAC por faixa, permitindo acesso apenas aos laptops educacionais. O ESSID RUCAdmin deve implementar o mecanismo WPA2. A escolha da senha para a rede RUCAdmin deve combinar diferentes tipos de caracteres (maiúsculas, minúsculas, números e caracteres especiais) para tornar mais difícil a quebra por invasores.

As regras de firewall também devem seguir as diretrizes abaixo:

- Interface de administração da controladora e switch deve ser acessível apenas por meio de cabo.
- Laptops dos alunos, conectados à rede sem fio da VLAN 1, não poderão ter acesso aos laptops dos professores e aos computadores fixos da rede administrativa, conectados na VLAN 50, mas deverão ter acesso ao servidor da escola e aos computadores do laboratório de informática.

Assim como é importante a escolha de senhas difíceis para o WEP, WPA e WPA2, o mesmo se aplica para a senha do administrador do ponto de acesso e controladores de rede sem fio. Usuários e senhas fáceis podem ser descobertos por tentativa e erro. Caso isso ocorra, o invasor poderá configurar o ponto de acesso ou controlador de rede sem fio da maneira que lhe for conveniente.

A interface de administração dos equipamentos deve ser desabilitada para os usuários da rede sem fio, restringindo o acesso aos usuários conectados diretamente via cabo.

#### 5.2.3.3. Configuração do Servidor

Os *laptops Classmate*, que serão utilizados no projeto UCA, possuem um sistema de segurança, por hardware, que permite o bloqueio do equipamento caso o mesmo seja extraviado ou permaneça fora da rede lógica da unidade escolar por um tempo determinado e configurável. **O software necessário para funcionamento deste sistema já deverá vir instalado pelo MEC nos servidores da escola e exigirá apenas um procedimento de ativação no momento da instalação. Tal procedimento também deverá ser combinado com o MEC.**

#### 5.2.4. Engenharia de Instalação

As atividades de engenharia e de instalação são realizadas após a vistoria e englobam a elaboração de projeto e documentação de instalação associada. Estas providências simplificam a instalação e manutenção da rede e suas futuras expansões.



O projeto de instalação deve conter todas as informações relacionadas com o “site”, como por exemplo, localização e arranjo físico de equipamentos, documentação de cabos e conectores e posicionamento de controladoras, dentre outras informações relativas à instalação física dos equipamentos.

O serviço de engenharia de instalação inclui o fornecimento de especificações de materiais e de equipamentos, elaboração de desenhos e de documentos necessários para instalação, e documentação do *site survey*.

O *site* será preparado conforme necessidade de infraestrutura observada na vistoria.

### 5.2.5. Projeto Preliminar de Instalação – PPI

O PPI serve como orientação de instalação para as equipes de campo e qualquer desvio neste documento deve ser corrigido no PDI (Projeto Definitivo de Instalação).

O PPI deverá ser apresentado à CONTRATANTE para aprovação formal antes da instalação da rede e conterá os seguintes documentos:

- Memorial Descritivo
- Questionário – Formulário de Vistoria
- Lista de Materiais e Equipamentos
- Planta do Projeto
- Relatório Fotográfico

Todos os documentos listados acima estão embutidos, cada um em uma aba específica, no *template* de PPI oferecido pela CONTRATANTE, Anexo II-A. Este *template* deverá ser o padrão para preenchimento de todos os documentos. O “Manual de Requisitos e Guia de Preenchimento da PPI”, Anexo II-B, apresentará de forma mais detalhada a forma de preenchimento deste documento e os requisitos mínimos que serão exigidos para aceite do projeto.

#### 5.2.5.1. Memorial Descritivo

Todo projeto deve ter um memorial descritivo. As informações requeridas são listadas abaixo:

- Levantamento Inicial – Localização da escola, número de alunos por turno, salas de aula, máximo por sala, etc.
- Situação Atual – Condições da infraestrutura de dados (dutos e rack) e elétrica.
- Necessidades – Necessidades de obra de infraestrutura de dados (dutos e rack) e elétrica (criação de circuito exclusivo aterrado).
- Estimativa de Equipamentos/Serviços – Resumo dos quantitativos e modelos de equipamentos que serão utilizados.



#### 5.2.5.2. Questionário – Formulário de Planejamento de Instalação

- Informações Gerais e Arquitetura – Serão verificadas grandes discrepâncias em comparação às informações cedidas pela Contratante.
- Previsão de APs
  - O quantitativo deve ser no mínimo o estimado pela RNP no Anexo I-A e deve estar coerente com o apresentado na planta de projeto.
  - Os locais que devem ser privilegiados com cobertura são: salas de aula, biblioteca, sala dos professores e pátio. Pátios só necessitarão de APs dedicados se estiverem afastados das salas de aula. Salas administrativas (direção, secretaria, etc.) e laboratórios não precisam ser cobertos.
  - Distribuir o quantitativo já estabelecido de APs da seguinte forma.
    - 1 AP na biblioteca (se houver)
    - 1 AP na sala dos professores (se houver)
    - 1 AP no pátio (se ele for externo, afastado das salas de aula)
    - Distribuir de forma justa os APs restantes nas salas de aula.
  - Deve-se estar atento ao número de clientes que serão contemplados por cada AP, não devendo este número exceder 50 (Requisito de Capacidade). Por exemplo, duas salas que possam vir a ter 30 alunos cada não podem compartilhar apenas 1 AP.
  - A cobertura de cada AP deve ser homogênea. Isto é, todos os clientes contemplados por 1 AP devem usufruir de um sinal com grau de qualidade bem próxima. Isto significa que, mesmo quando 1 AP é suficiente para satisfazer o requisito de capacidade para 4 salas, deve-se ter parcimônia nesta solução, pois algumas salas podem ter o requisito de cobertura não satisfeito. Só serão aceitos soluções deste tipo quando as salas forem muito pequenas, e a arquitetura da escola permita a livre propagação do sinal (divisórias de compensado, aberturas entre as salas, etc.).
  - Salve exceções, que devem ser justificadas na PPI, e tratadas como exceção, os APs devem ficar dentro dos cômodos e não no corredor.
- Rede Lógica, Física e Equipamentos— Será verificada a necessidade de instalação de rack, se a escola possui outra rede instalada e a adequação da infraestrutura de rede projetada.
  - Caso haja a necessidade de instalar um novo rack, ele deve colocado junto ao ponto de chegada da internet e ser fixado a no mínimo 1,90m de altura.
  - Apenas racks de 19" já existentes com, no mínimo, 5 unidades adjacentes livres, podem ser aproveitados.
  - Informações sobre aproveitamento de dutos e rack, e indicação do posicionamento e altura deste último devem ser incluídas nas "Observações adicionais".
  - Todas as salas de aula, biblioteca e sala dos professores deverão, obrigatoriamente, ter um ponto de rede instalado, mesmo que não possuam AP. Tal ponto consistirá em uma tomada



de rede conectada ao patch panel, sem necessidade, a princípio, de interligação com os computadores.

- Instalação da infraestrutura de rede deve seguir o especificado na Seção 9.2.
- Rede Elétrica e Aterramento – Será verificada a atual qualidade de fornecimento elétrico da escola e a necessidade de construção de um novo aterramento.
  - É mandatória a instalação de um novo disjuntor e tomada para o circuito elétrico que alimentará os equipamentos do rack (circuito exclusivo).
  - Só será aceito o aproveitamento de aterramento existente se este for exclusivo do laboratório de informática e estiver dentro do padrão de qualidade exigido pela Contratante.
    - Resistência de aterramento abaixo de 10 ohms;
    - Tensão entre Terra e Neutro deve ser no máximo 1 Volt.
  - Todos os equipamentos deverão estar ligados no Nobreak, que estará ligado na tomada do circuito exclusivo.
  - A tomada do circuito exclusivo deverá seguir as normas técnicas, isto é, o fio terra deve ser um fio dedicado vindo direto do aterramento, e não compartilhado com o neutro. Portanto, 2 fios deverão sair do quadro de disjuntor até a tomada: neutro e fase. E o fio de aterramento deve ir da vala diretamente para a tomada.
  - Deverá estar descrito no “Memorial Descritivo” uma síntese do projeto de rede elétrica que será aplicada à escola: posicionamento da tomada, do quadro com disjuntor, do no-break e da régua, interligação entre os elementos e aproveitamento ou não de aterramento.
  - Instalação da infraestrutura elétrica deve seguir o especificado na Seção 9.

#### 5.2.5.3. Lista de Materiais e Equipamentos– Indicação de quantitativos

Para a PPI deverão ser cobrados apenas os equipamentos materiais listados abaixo. A lista completa pode ser cobrada, se houver interesse da CONTRATANTE, na PDI.

- Lista de Equipamentos: APs, controlador, switch, nobreak
- Lista de Materiais: Patch panel (informando tamanho), tomadas de rede, tomada elétrica, rack (informando tamanho), patch cords.

#### 5.2.5.4. Relatório Fotográfico

As fotos devem ser inseridas no seu campo específico do documento padrão, de acordo com a legenda já preenchida. Serão cobradas as seguintes fotos:

Para PPI:

•	Esquemático de fotos do caminho dos cabos. Marcação do caminho de dutos com desenhos em cima das fotos.
•	Fachada
•	Cada ambiente que será coberto (salas de aula que sigam o mesmo padrão podem ser representadas com apenas uma foto)



•	Indicação dos ambientes através de setas ou marcações em cima das fotos. Por exemplo, em uma foto de corredor, indicar com setas o que é cada um dos comodos presentes na foto.
•	Caso a infraestrutura elétrica, de rede ou rack esteja sendo aproveitada, devem-se apresentar fotos da mesma. Quadro elétrico, vala de aterramento, tomada elétrica, rack e posicionamento dos equipamentos dentro do rack.
•	Quaisquer informações relevantes ao projeto, como: espessura das paredes (quando estas forem espessas), obstáculos potências, etc.

#### 5.2.5.5. Planta de Projeto

O projeto deverá conter planta baixa de arquitetura de cada um dos pavimentos existentes na unidade, baseada no levantamento de campo ou adquirida com os responsáveis da escola ou com o CONTRATANTE.

Tendo como base a planta baixa de arquitetura, deve ser elaborada a Planta de Projeto, com o projeto proposto de infraestrutura e de rede física.

Os desenhos deverão ter a escala e as informações indicadas na tabela abaixo:

Tipo de desenho	Escala	Principais informações
Planta de Projeto	1:100	<p>Posicionamento da nova tomada elétrica que será instalada para o rack;</p> <p>Posicionamento do No-Break;</p> <p>Quadros de energia: QDG de onde está sendo aproveitado o "fase" e o quadro novo com o disjuntor do circuito exclusivo;</p> <p>Caminho da fiação elétrica projetada (com indicação de fase, neutro e terra) entre quadros, aterramento/quadro e quadro/tomada;</p> <p>Posicionamento da vala de aterramento;</p> <p>Desenho em perfil do projeto de aterramento (desejável, não obrigatório);</p> <p>Caminho dos cabos e dutos de rede. Deve estar diferenciada a passagem de dutos via aérea ou subterrânea;</p> <p>Posicionamento dos APs. Os Aps devem ser identificados por número;</p> <p>Posicionamento dos pontos de rede adicionais (sem AP);</p> <p>Indicação de uso de antena setorial, com orientação da área para a qual ela está alinhada;</p> <p>Posicionamento do rack. Colocar nota informando a altura de</p>



fixação do rack;

Desenho do posicionamento dos equipamentos dentro do rack;

Identificação unívoca dos ambientes de cobertura. Por exemplo: Sala 1, Sala2, Sala 3, Biblioteca, Pátio;

Cotas.

#### 5.2.5.5.1. Título e Legenda de Planta

As plantas devem conter um título no lado direito inferior com as seguintes informações:

- Logotipo da CONTRATANTE;
- Local da obra;
- Logotipo e nome da contratada responsável pela elaboração do projeto;
- Nome, assinatura e número do CREA do responsável técnico pela aprovação do projeto;
- Número do desenho;
- Data;
- Escala do desenho;
- Tipo de serviço na faixa acima do título, com as informações do projeto, devendo ter uma legenda com as seguintes informações:

A legenda da planta deve ser colocada na parte superior da faixa e conter os símbolos e definições utilizadas no projeto;

Notas fornecendo informações relevantes devem ser escritas logo abaixo da legenda da planta;

Na faixa acima do título, com as informações do Projeto, deve ser colocado o quadro de revisões. O quadro de revisões deve conter as seguintes informações: número da revisão, motivo, data da revisão e aprovação pela CONTRATANTE.

### 5.3. Instalação

Esta atividade tem por objetivo instalar os equipamentos no site, deixando-os prontos para a integração da rede.

O serviço contempla a instalação física de equipamentos, assim como cabeamento e conexões. Todo o trabalho é realizado de acordo com os procedimentos da CONTRATANTE e com a PPI específica do site.



### 5.3.1. Preparação da Instalação

A CONTRATADA deve iniciar o trabalho verificando todo o equipamento e material entregue e a documentação. Essa conferência é importante para garantir que todos os equipamentos e materiais listados na lista de material contratado e nos documentos de envio foram recebidos. Antes de realizar o deslocamento, a CONTRATADA deverá confirmar com o(s) representante(s) da(s) escola(s) da localidade a ser visitada se os materiais e equipamentos foram recebidos.

Para garantir que o site esteja adequadamente preparado para a instalação, a CONTRATADA inspecionará a(s) escola(s), corrigindo falhas ou desvios não relatados ou não corrigidos.

### 5.3.2. Instalação da Rede Sem Fio

A instalação dos equipamentos dar-se-á com base nas orientações do PPI.

Os equipamentos serão montados, cabeados e energizados.

Atividades de montagem, instalação de cabos, organização e limpeza devem respeitar procedimentos padrão de instalação.

*Switches* previamente existentes nas escolas não deverão ser aproveitados, mesmo que possuam portas livres suficientes para conectar todos os APs.

Uma vez concluída a instalação, o responsável técnico pela escola, quando necessário, poderá acrescentar comentários por escrito diretamente na documentação, para refletir os resultados reais da instalação. Esta documentação será enviada para a equipe de engenharia para realização das modificações e atualizações, onde então é emitido o PDI (Projeto Definitivo de Instalação), após a configuração da rede e os testes de aceitação.

### 5.3.3. Instalação de Itens Diversos

Esta atividade inclui a instalação de itens como rack de 19", suportes de antena, bastidor, esteira de descida de cabos, dutos, tomadas e aterramentos.

### 5.3.4. Supervisão de Instalação

Compreende a realização de atividades de gerenciamento, controle e fiscalização, por parte da CONTRATADA, de possíveis empresas subcontratadas, atividades estas a serem desenvolvidas durante a fase de implantação. Contempla também o fornecimento de suporte técnico e treinamento de uso dos equipamentos aos administradores ou técnicos de informática das escolas.

## 5.4. Testes

Uma vez concluídos os serviços de instalação, é necessária a realização de verificações funcionais, para garantir que o equipamento foi corretamente instalado.

Uma vez realizados estes testes, será feita uma verificação final na instalação, para garantir que esta tenha sido realizada de acordo com o projeto.



Todos os testes deverão ser documentados no Anexo II-A.

### Testes de Segurança

Estes testes consistirão na análise das configurações dos mecanismos de segurança habilitados na rede sem fio e buscarão levantar possíveis mecanismos oferecidos pela solução WLAN que não tenham sido implementados neste projeto.

Os testes serão executados, através da rede sem fio, com o cliente associado às redes existentes.

- **Varredura na rede e portas ativas:** identificar os tipos de serviços ativos e portas TCP/UDP abertas nos elementos de rede;
- **Controle de acesso:** avaliar os mecanismos de controle e proteção da rede contra clientes não autorizados e verificar se a interface de configuração dos APs está bloqueada para acesso pela rede sem fio;

### Testes de Interferências

A intensidade de potência de rádio no ambiente, em todos os canais, será medida da seguinte forma:

- Nível médio de pico de interferência (em dBm) para os três canais ortogonais (1,6 e 11). Deve ser feita uma medição por cômodo em que é previsto o uso da rede sem fio.

### Testes de Cobertura

- Intensidade do sinal (dBm);
    - O sinal mínimo de potência medido em cada zona deverá garantir aos equipamentos móveis uma taxa mínima de 54 Mbps. Neste caso, deve-se levar em consideração que a potência necessária para garantir tal taxa depende da sensibilidade de recepção do AP.
- Medições devem ser feitas com uma granularidade de 9m<sup>2</sup> nas áreas de uso previsto da rede sem fio e deverá ser descrito qual AP que está tendo seu sinal medido.
- Interferência entre os APs do projeto (dBm);
    - Para cada localização de AP, a interferência exercida, no mesmo canal de operação, pelo AP com segunda maior potência recebida deve ser de, no mínimo, 10 dB menor que o AP de maior potência.

### Testes de Vazão e Conectividade

Os testes devem gerar um fluxo de dados TCP entre pontos da área de cobertura e um computador conectado via cabo ao controlador. Devem ser utilizados os mesmos pontos de medição da Seção anterior.

- Medições devem ser feitas com uma granularidade de 9m<sup>2</sup> nas áreas de uso previsto da rede sem fio.



- Cada medição deve ser feita com apenas um laptop ativo, sem disputa de acesso ao meio, e com todos os demais APs ligados.
- A taxa de dados mínima aceitável para cada ponto é de 15 Mbps para TCP.

Em todos os pontos de medição, deve também ser feito um teste de conectividade com a rede externa. O endereço externo deve ser uma URL e não um IP, para que seja verificada conformidade da configuração de DNS.

### Software para testes

A ferramenta para medição da cobertura e interferência deve ser usada em um computador portátil ou em um hardware específico. O software, ou conjunto de softwares, deve oferecer como resultado um mapa de calor em cima da planta da escola, com a intensidade do sinal em cada ponto de medição, com a respectiva escala, em dBm.

O teste de conectividade pode ser realizado com a ferramenta ping.

O teste de vazão pode ser realizado com a ferramenta iperf ou similar.

## 5.5. Eliminação de Pendências e Aceitação da Rede

Nesta fase, a CONTRATANTE avaliará os resultados dos testes e os relatórios apresentados, de acordo com modelo e procedimento a ser apresentado pela CONTRATANTE.

A CONTRATANTE poderá realizar testes de aceitação e entregará à CONTRATADA um relatório contendo todas as pendências encontradas no *site*, se houverem.

## 5.6. Projeto Definitivo de Instalação (PDI) ou *As-built*

Modificações surgidas durante a construção devem ser autorizadas pela pessoa ou empresa designada para fiscalizar a obra. As modificações em relação à PPI devem ser anotadas e incorporadas na PDI;

Alguns itens presentes na PPI precisam ser incrementados para a PDI, é o caso do Quantitativo de Materiais, que deverá conter integralmente todos os itens utilizado no projeto e não apenas um subconjunto, e o Relatório Fotográfico, que deverá conter também:

• Esquemático de fotos do caminho dos dutos instalados com indicação do ambiente
• Cada AP instalado com indicação do ambiente.
• Quadro elétrico, vala de aterramento, tomada elétrica e caminho dos eletrodutos.
• Rack e posicionamento dos equipamentos dentro do mesmo.
• Reaproveitar todas as fotos da PPI.



Para o PDI, as plantas deverão ser entregues em formato dwg ou vsd e também em uma versão impressa nos formatos A-3 e A-4.

Também deverão estar presentes na PDI os relatórios de testes e configurações de rede que foram aplicadas em cada site.

## 6. Equipamentos

Nesse item são apresentadas as especificações técnicas mínimas exigidas para cada um dos equipamentos que poderão ser necessários à implantação das redes sem fio:

- Ponto Acesso: Modelo 1 e 2;
- Switch: Modelo 1, 2 e 3;
- Controlador: Modelo 1 e 2;
- Adaptador PLC;
- No-Break.

As empresas concorrentes do processo de contratação deverão apresentar o Anexo I-B, com o checklist de especificação dos equipamentos, preenchido, a fim de provar a aderência dos equipamentos ao especificado nesta Seção.

### 6.1. Equipamentos ativos de rede

#### RECOMENDAÇÕES GERAIS

##### ALIMENTAÇÃO e CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

- Deve ser fornecido com fonte de alimentação de 100-240 VAC;
- Temperatura de armazenamento mínima de 0°C a 50°C;
- Temperatura de operação de 0 °C a 40°C;
- Umidade relativa para operação de 10% a 90% sem condensação;

##### ITENS INCLUSOS

O objeto deverá ser entregue com mídia contendo o guia do usuário, o software de instalação, cabos, adaptadores e conectores necessários ao perfeito funcionamento do mesmo.

##### OUTROS REQUISITOS

O objeto e seus componentes/periféricos deverão ser originais de fábrica e novos (sem uso, reforma ou recondicionamento);



Todos os objetos deverão ser idênticos entre si. Caso o objeto não se encontre mais disponível no mercado, deve-se observar que o substituto deve ter, no mínimo, a mesma qualidade e especificação técnica do produto fora de linha;

Apresentar prospecto (documentação técnica) com as características técnicas detalhadas do objeto, especificando marca, modelo, código do produto (*Part Number*) e outros elementos que de forma inequívoca identifiquem e constatem as configurações cotadas, possíveis expansões e *upgrades*, comprovando-os através de *folders* e demais literaturas técnicas editadas pelos fabricantes. Serão aceitas cópias das especificações obtidas no sítio do fabricante, com o endereço deste na internet;

Deverá ser apresentado, junto à proposta, certificado de homologação ANATEL para o produto, com data anterior à publicação do edital, conforme a resolução 242. Não serão aceitos protocolos de entrada ou outros documentos diferentes do certificado, uma vez que os mesmos não garantem o fornecimento de equipamentos homologados e em conformidade com as leis brasileiras;

As empresas cujas Controladoras não estiverem homologadas na Anatel, precisam se justificar apresentando: ofício atualizado da Anatel, ou protocolo de entrada, que comprove a dispensa da homologação compulsória; documento assegurando que a empresa apresentará a homologação das controladoras tão logo a Anatel passe a exigir a homologação compulsória; ainda, caso o equipamento a ser fornecido trabalhe com RF será obrigatório o fornecimento da certificação.

O fabricante do equipamento deverá possuir site na rede Internet onde forneça a descrição técnica detalhada do equipamento, todos os *drivers* atualizados dos componentes necessários ao perfeito funcionamento e operação do equipamento.

### 6.1.1. Ponto de Acesso

#### PADRÕES

- IEEE: 802.3, 802.3u, 801.1X, 802.11b, 802.11g, 802.1Q e 802.3af (opcional);
- Certificação: Wi-Fi e ANATEL.

#### PORTAS

Deve possuir pelo menos 01 (uma) porta 100Base-TX compatível com cabos categoria 5e para conexão com o sistema de distribuição;

#### FREQUÊNCIA

2,4GHz.

#### TAXAS DE TRANSMISSÃO

- Deve suportar, no padrão 802.11b, as seguintes faixas de transferência: 11, 5.5, 2 e 1 Mbps;
- Deve suportar, no padrão 802.11g, as seguintes faixas de transferência: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 e 6 Mbps.



## POTÊNCIA DE TRANSMISSÃO

Deve ser de, no máximo, 23 dBm.

## MODELO 1 – AP Autônomo

### CARACTERÍSTICAS

- Operação em modo Bridge (L2) e Roteador (L3);
- Suporte a múltiplos SSIDs em VLANs específicas (pelo menos 4), possibilitando aplicação de políticas de segurança e configurações de rede distintas para cada uma; Deverá suportar operação em modo bridge em uma VLAN/ESSID e modo roteador em outra.
- Suporte ao padrão 802.1Q para VLAN *tagging*;
- Seleção automática de taxa de transmissão;
- Deve possuir botão de *reset*;
- Deve permitir a configuração de parâmetros como tipo de autenticação, potência de transmissão, taxas básicas, taxa de transmissão, modo de proteção CTS e intervalo DTIM;
- Implementar "RTS Threshold";
- Implementar "Fragmentation Threshold" (opcional).

### SEGURANÇA

- Encriptação "Wired Equivalent Privacy" ('WEP') de 64-bit e 128-bit, "Wi-Fi Protected Access- Personal" ('WPA-Personal') com encriptação TKIP e AES, "WPA-Enterprise", "WPA2-Personal", "WPA2-Enterprise" e "Remote Authentication Dial-In User Service" (Radius);
- "SSID Broadcast" com opção de habilitar e desabilitar;
- Controle de conexão *wireless* baseado em endereço MAC que permita ou rejeite a conexão de clientes através de uma faixa de endereço.

### GERENCIAMENTO

- Gerenciamento e configuração baseado em interface Web (WebGUI) trabalhando com "HTTP" e "HTTPS";
- Permitir a escolha dos idiomas Português e/ou Inglês na configuração do roteador pelo *web browser*;
- O equipamento deverá gerar *log* dos eventos, com opção de salvar registro em um servidor remoto, ou permitir acesso aos registros através da CLI ou agente SNMP. No mínimo, devem ser registrados: associação e dissociação de clientes, com registro de identificação por IP ou MAC dos clientes e data (ano, dia, hora, minuto e segundo); atividade do sistema; e alertas.
- Permitir o *backup* e restauração das configurações;
- Possibilitar o bloqueio do acesso à tela de configuração Web pela rede sem fios;



- Deverá permitir o gerenciamento e monitoramento remotos;
- O equipamento deverá informar o status da rede contendo informações sobre a rede *wireless* e a rede cabeada;
- Deve oferecer sistema de gerenciamento local da rede sem fios, que apresente os dispositivos conectados ao ponto de acesso;
- Upgrade de *firmware* via *Web Browser*;
- Acesso a CLI (Command Line Interface) via Telnet (RFC 854) ou SSHv1/v2;
- Agente SNMP.

## CAPACIDADE

O ponto de acesso deve ser capaz de suportar a associação concomitante de no mínimo 50 clientes sem perda de conectividade para sistemas do tipo *Open System*.

## MODELO 2 – Thin AP

### CARACTERÍSTICAS

- Seleção automática de taxa de transmissão;
- Deve permitir a configuração de parâmetros como taxas básicas e taxa fixa de transmissão.

### GERENCIAMENTO

Gerenciamento e configuração através do controlador.

## 6.1.2. Switch

### CARACTERÍSTICAS

- VLAN + 802.1Q VLAN (VLAN Tagging);
- As portas deverão possuir recurso de reconhecimento automático da velocidade da porta (*autosense*) e também auto-negociação entre "*full-duplex* e *half-duplex*";
- Configuração do tempo de expiração dos endereços MAC aprendidos;
- As portas deverão possuir recurso de reconhecimento automático do tipo de cabo "MDI/MDIX", dispensando o uso de cabo *cross-over*;
- Interface serial para gerenciamento padrão RS-232 (EIA-232), com conector tipo RJ45 ou DB-9 ou DB-25, acompanhado de cabo adaptador;
- Gerenciamento em interface WEB em HTTPS;
- Acesso a CLI (Command Line Interface) via Telnet (RFC 854) ou SSHv1/v2;
- Agente SNMP.

### PADRÕES



- IEEE: 802.3, 802.1D, 802.1p, 802.3u, 802.1Q, 802.1ad (opcional) e 802.3af (opcional);
- Certificação: CE, FCC, IC-03, ANATEL.

## MODELO 1

### PORTAS

Deve possuir entre 4 e 12 portas 100Base-TX em conectores RJ45 compatíveis com cordões e cabos categoria 5e.

### CAPACIDADE

Deve possuir capacidade de armazenamento de, no mínimo, 200 endereços MAC.

## MODELO 2

### PORTAS

Deve possuir entre 12 e 24 portas 100Base-TX em conectores RJ45 compatíveis com cordões e cabos categoria 5e.

### CAPACIDADE

Deve possuir capacidade de armazenamento de, no mínimo, 500 endereços MAC.

## MODELO 3

### PORTAS

Deve possuir mínimo de 24 portas 100Base-TX em conectores RJ45 compatíveis com cordões e cabos categoria 5e.

### CAPACIDADE

Deve possuir capacidade de armazenamento de, no mínimo, 1000 endereços MAC.

### 6.1.3. Controlador

#### CARACTERÍSTICAS

- Suporte a múltiplos SSIDs em VLANs específicas (pelo menos 4), provendo a separação segura entre redes sem fio;
- VLAN + 802.1Q VLAN (VLAN Tagging);
- QoS (Quality of Service) + 802.1p;
- Deve permitir a configuração de taxas básicas de transmissão;
- Gerenciamento automático de frequência de operação, potência de RF e taxa de transmissão;
- Balanceamento de carga entre os APs;



- Gabinete único para montagem em rack padrão de 19" e deve vir acompanhado do respectivo kit de montagem;
- As portas deverão possuir recurso de reconhecimento automático da velocidade da porta (*autosense*) e também autonegociação entre "*full-duplex*" e "*half-duplex*";
- As portas deverão possuir recurso de reconhecimento automático do tipo de cabo "MDI/MDIX", dispensando o uso de cabo *cross-over*.

## SEGURANÇA

- IEEE 802.1X;
- Autenticação via Radius;
- Controle de conexão *wireless* baseado em endereço MAC que permita ou rejeite a conexão de clientes através de uma faixa de endereço.
- Encriptação "Wired Equivalent Privacy" ('WEP') de 64-bit e 128-bit, "Wi-Fi Protected Access-Personal" ('WPA-Personal') com encriptação TKIP e AES, "WPA-Enterprise", "WPA2-Personal", "WPA2-Enterprise" e "Remote Authentication Dial-In User Service" (Radius).

## GERENCIAMENTO

- O equipamento deverá gerar *log* dos eventos, com opção de salvar registro em um servidor remoto, ou permitir acesso aos registros através da CLI ou agente SNMP. No mínimo, devem ser registrados: associação e dissociação de clientes, com registro de identificação por IP ou MAC dos clientes e data (ano, dia, hora, minuto e segundo); atividade do sistema; e alertas.
- *Backup* e *upload* de *firmware* via interface web;
- Utilitário de mapeamento de APs e *Switches*;
- Registro de status dos APs e histórico de tráfego;
- Configuração e gerenciamento de todos os APs através de uma interface gráfica;
- Deverá permitir o gerenciamento e monitoramento remotos;
- Acesso a CLI (Command Line Interface) via Telnet (RFC 854) ou SSHv1/v2;
- Agente SNMP.

## PADRÕES

- IEEE: 802.3, 801.1X, 802.3u, 802.1p, 802.1Q e 802.3af (opcional);
- Certificação: CE, FCC, IC-03, ANATEL.

## PORTAS

Deve possuir portas 10/100BASE-TX compatíveis com cordões e cabos categoria 5e.



## MODELO 1

### CAPACIDADE

O controlador deve ser capaz de suportar a associação concomitante de, no mínimo, 200 clientes sem perda de conectividade.

## MODELO 2

### CAPACIDADE

O controlador deve ser capaz de suportar a associação concomitante de, no mínimo, 500 clientes sem perda de conectividade.

### 6.1.4. Adaptador PLC

#### CARACTERÍSTICAS

- Operação em modo Bridge (L2);
- Porta deverá possuir recurso de reconhecimento automático da velocidade da porta (*autosense*) e também auto-negociação entre "*full-duplex* e *half-duplex*";
- Porta deverá possuir recurso de reconhecimento automático do tipo de cabo "MDI/MDIX", dispensando o uso de cabo *cross-over*;
- Gerenciamento em interface WEB em HTTPS;
- Agente SNMP;
- Taxa de transmissão de no mínimo 85 Mbps.

#### PADRÕES

- IEEE: 802.3 e HomePlug;

#### PORTAS

Deve possuir pelo menos 01 (uma) porta 100Base-TX compatível com cabos categoria 5 para conexão com o sistema de distribuição;

## 6.2. Equipamento de Infraestrutura elétrica

### 6.2.1. Nobreak

#### CARACTERÍSTICAS

- Nobreak 1500VA (ou superior);
- Potencia de saída 865W (ou superior);



- Tensão de entrada: bivolt 120/220V (automática);
- Tensão de saída: 120V;
- Regulação estática da tensão de saída: variação máxima de  $\pm 10\%$  (108V a 132V) para saída em 120V e variação máxima de  $-9\%$  a  $+7\%$  (200V a 235V) para saída em 220V;
- Rendimento maior ou igual a 95%, com potência nominal de saída;
- Forma de Onda: senoidal por aproximação (retangular PWM - controle de largura de pulso e amplitude) ou senoidal pura;
- Bateria(s) selada(s) com tempo de recarga típico de 16 horas e tempo de autonomia típico em carga total de 3.3 minutos;
- Frequência de saída de 60 Hz;
- Proteção contra surtos e possuir filtragem de pólos múltiplos de ruído;
- Mínimo de 4 (quatro) tomadas para bateria de reserva e 2 (duas) para proteção contra surtos, total de tomadas: 6 (seis) sem extensor;
- Chave embutida – evita ligar/desligar acidentalmente o *nobreak*;
- Pés protetores: protegem a base do equipamento.

## GERENCIAMENTO

Permitir conexão ao hardware através de interface serial e/ou ethernet 10/100Mbps. O gerenciamento tem que ser feito através de software compatível com os Sistemas Operacionais Linux e Windows.

## PADRÕES

Certificação: ISO 9001.

## CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

- Temperatura de operação:  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ ;
- Umidade relativa de 0% a 95% sem condensação.

## OUTROS REQUISITOS

- O objeto e seus componentes/periféricos deverão ser originais de fábrica, novos (sem uso, reforma ou recondicionamento);
- O objeto deverá ser entregue com cabos, adaptadores e conectores necessários ao perfeito funcionamento do mesmo;
- Todos os objetos deverão ser idênticos entre si. Caso o objeto não se encontre mais disponível no mercado, deve-se observar que o substituto deve ter, no mínimo, a mesma qualidade e especificação técnica do produto fora de linha;
- Apresentar prospecto (documentação técnica) com as características técnicas detalhadas do objeto, especificando marca, modelo, código do produto (*Part Number*) e outros elementos que,



de forma inequívoca, identifiquem e constatem as configurações cotadas, possíveis expansões e *upgrades*, comprovando-os através de *folders* e demais literaturas técnicas editadas pelos fabricantes. Serão aceitas cópias das especificações obtidas no sítio do fabricante, com o endereço deste na internet;

- Informar na proposta o sítio do fabricante onde deverá constar no sítio o objeto proposto, como modelo e código do produto (*Part Number*), com documentação técnica para constatação.

### ITENS INCLUSOS

Software de gerenciamento em mídia (português-Brasil).

#### 6.2.1. Módulo Injetor PoE

##### ALIMENTAÇÃO e CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

- Deve ser fornecido com fonte de alimentação de 100-240 VAC;
- Temperatura de armazenamento mínima de 0°C a 50°C;
- Temperatura de operação de 0 °C a 40°C;
- Umidade relativa para operação de 10% a 90% sem condensação;

##### PADRÕES

- IEEE: 802.3 e 802.2af;

##### PORTAS

- 1 Porta ENTRADA Dados (Somente Dados)
- 1 Porta SAIDA POE (Dados + Energia)

## 7. Dimensionamento da Rede e Escolha das Tecnologias

Para determinar o número de pontos de acessos necessário e que tecnologias de apoio deverão ser usadas em um projeto de rede sem fio deve-se pensar na área de cobertura desejada, no número de salas cobertas, no número de usuários da rede, na necessidade de banda para cada usuário e no comportamento de uso deste usuário – os três últimos estão ligados à capacidade da rede. Os requisitos que são ligados à capacidade são mais críticos para o cenário das escolas; portanto, deverão ser os principais delimitadores para o cálculo de equipamentos de rede necessários.

Para escolas do Tipo P, uma solução com um ponto de acesso pode ser suficiente para suprir os requisitos de capacidade da escola, para uso em salas fechadas. Caberia, portanto, verificar se a



instalação deste AP em local apropriado satisfaria o requisito de cobertura. Se a cobertura for incompleta ou deficiente, limitando a banda oferecida a cada usuário, deve-se trabalhar para aumentar a área de cobertura ou tornar a rede mais homogênea através do uso de elementos passivos (cabo irradiante ou composição de antenas), ou com a instalação de outro AP. A escolha entre uma opção ou outra deve ser baseada na infraestrutura existente em cada escola - caso ela já tenha uma rede cabeada ethernet instalada, pode ser mais barato e vantajoso a instalação de um segundo AP -, ou na facilidade de elaboração do projeto – elementos passivos demandam um trabalho mais complexo de engenharia.

Escolas maiores e com quantidade superior de alunos, dos Tipos M, G e GG, terão que instalar mais de um ponto de acesso, pois, dificilmente, um único AP será capaz de associar, simultaneamente, mais de 50 clientes, ou de lhes oferecer banda apropriada. Nesse caso, ao fazer o projeto, deve-se contabilizar o número de pontos de acessos necessários em função do número máximo estimado de alunos por turno e por sala – para oferecer uma banda de 300kbps utilizando uma taxa de associação de 36 Mbps, taxa mínima de operação aceita, cada AP deverá suportar no máximo 50 usuários. Posteriormente, divide-se a área de cobertura desejada em um número de zonas iguais ao número de APs, por exemplo, um AP por sala ou um AP para um conjunto de salas. Em cada zona, deve-se instalar o AP em um local que maximize a cobertura. Novamente, como nos casos anteriores, se a cobertura não for satisfatória dentro de cada zona, deve-se escolher entre a adição de novos APs ou utilização de elementos passivos.

Para escolas do Tipo CCP, além do dimensionamento de capacidade para acesso nas salas fechadas, devem ser instalados novos APs para cobertura exclusiva do pátio, considerando acesso simultâneo de todos os alunos do turno. No entanto, o número de pontos de acessos para cobertura do pátio não deve ser superior a três (operando nos três canais ortogonais).

A cobertura da biblioteca, auditórios, ou outras salas com expectativa de uso concomitante de mais de 50 usuários, também exigem dimensionamentos específicos, de acordo com o número de usuários esperado em cada um destes ambientes.

É altamente mandatória a utilização da solução com controladoras de rede sem fio nas escolas do tipo G e GG.

As tecnologias Ethernet e PLC dizem respeito ao sistema de distribuição que interconectará esses diversos pontos de acesso ao servidor da escola. Os sistemas de distribuição podem ser cabeados ou não cabeados. Os mecanismos aqui descritos são técnicas para a implementação de sistemas de distribuição cabeados. A tecnologia WDS ou de rede *mesh* não deve ser adotada por ser considerada inviável, uma vez que o seu uso geraria ainda mais interferência na já congestionada rede sem fio das escolas.

Para escolha apropriada da tecnologia de interconexão a ser usada, é preciso analisar a infraestrutura de rede e elétrica existente na escola.

A tecnologia Ethernet, aliada à solução de PoE (Power over Ethernet), é a mais aconselhável para as a maioria das escolas, pois necessita da adequação elétrica, de acordo com o especificado na Seção 9.4, apenas da sala de equipamentos. Escolas que possuam circuito elétrico estabilizado e aterrado na sala de equipamentos poderão utilizar a combinação de Ethernet e PoE sem necessidade alguma de adequação da infraestrutura elétrica da escola (com a exceção da adição de tomada no circuito, se necessário).



Não será aceita proposta técnica utilizando dois Switches Modelo 1. Neste caso, a proponente deve oferecer um Switch Modelo 2 ou 3.

Caso a CONTRATADA ofereça uma solução de controladora que incorpore funções de *Switch*, o uso de um *Switch* isolado pode ser dispensado, desde que a especificação do controlador também preencha os requisitos, listado neste documento, do Modelo de Switch correspondente.

A mesma abordagem deve ser considerada para os APs que incorporem funções de controlador. No entanto, neste caso, não é necessário que este equipamento seja compatível com rack de 19”.

Caso a solução de controladora oferecida pela proponente seja apenas um software, não estando embarcado em um hardware específico, ela deverá oferecer junto um hardware compatível com o rack de 19” com o software já instalado e configurado.

A solução de PLC só é viável tecnicamente se a escola possuir uma rede elétrica integralmente confiável, ou se a CONTRATADA se dispuser a adequar a instalação elétrica em todos os pontos elétricos que forem utilizados, de acordo com o especificado na Seção 9.4. Além do mais, como na tecnologia de PLC o sistema de distribuição funciona de forma similar a um hub, dispensando a utilização de um switch, não é possível a configuração de VLANs, o que prejudica o desempenho da rede. Portanto, esta solução deve ser considerada apenas para escolas do tipo P e M.

As soluções de uso de elementos passivos - cabos irradiantes e composição de antenas - são capazes de expandir a área de cobertura sem a instalação de novos pontos de acesso. Estas tecnologias também podem ser usadas para aumento da capacidade da rede quando ela está ligada apenas à questão de interferência. Nesse último caso, o benefício à capacidade da rede se daria por conta da homogeneização da cobertura, possibilitando que todos os clientes se associem a taxas altas. No entanto, essas duas tecnologias requerem projetos de engenharia customizados, o que pode torná-los mais caros e de implantação demorada. Pode-se também enxergá-los como uma alternativa aos casos onde a propagação do sinal eletromagnético na área desejada de cobertura seja complicada – por conta de paredes grossas ou metálicas, por exemplo.

Em conclusão, podemos afirmar que, face à multiplicidade de tecnologias de conexão para redes locais, utilizando cabos de rede, cabos elétricos, cabos telefônicos ou nenhum cabo, o desafio em se levar conectividade a todos os ambientes necessários é de natureza primariamente econômica, sendo o aspecto técnico ligado aos projetos customizados que algumas dessas opções pressupõem.

## 8. Premissas de Engenharia

Além de viabilidade técnica e econômica, os projetos deverão garantir também os seguintes aspectos:

- Segurança do trabalhador: a norma NR 10 deve ser seguida nos serviços de instalação dos equipamentos e infraestrutura elétrica;
- Bem-estar e segurança pública;
- Segurança da rede de comunicação de dados e facilidades;
- Boas condições de operação e manutenção.



Para a construção das redes sem fio, poderão ser adotadas as seguintes tecnologias:

- Uso de Pontos de Acesso Wi-Fi, em frequência de 2.4 GHz;
- Switches Ethernet;
- Cabos irradiantes em frequência 2.4 GHz;
- Composição de antenas;
- Adaptadores PLC.

O cenário mais comum de uma escola pública brasileira pode ser sintetizado nas seguintes características e requisitos:

- Edificação térrea com 10 salas de aula;
- 01 Biblioteca;
- 01 Sala de professores;
- 01 Sala de Direção;
- 01 Pátio internado;
- 01 Sala de informática;
- Atendimento a 150 laptops por turno;
- Distribuição média de 30 laptops por sala de aula;

As informações específicas de cada escola serão fornecidas pela CONTRATANTE no Anexo I-A.

## 8.1. Responsabilidades da Contratante

Elaborar e fornecer cronograma de visitação das instituições que receberão conexões sem fio. Caso as instituições falhem no cumprimento de prazos de adequação dos locais, os atrasos decorrentes serão compensados nas atividades de projeto subsequentes;

Verificar se todos os códigos e padrões estão aplicados de acordo com este manual, condição imprescindível para a liberação de parcelas intermediárias de pagamento;

Passar à CONTRATADA informações das escolas recolhidas durante a Coleta de Informação das Escolas e indicar à CONTRATADA a estimativa de quantitativo de equipamentos e materiais. Tais informações encontram-se no seguinte documento:

- ANEXO IA - DadosEscolas\_Estimativas\_Propostas;

A CONTRATANTE também deverá fornecer um checklist com a especificação dos equipamentos que deverá ser enviado preenchido pela proponente junto com a proposta técnica.



- ANEXO IB – Especificações Equipamentos

Após o resultado do processo de contratação, oferecer à empresa vencedora do certame um conjunto de formulários que deverão ser preenchidos durante as etapas de implantação e que serão avaliados pela CONTRATANTE para a validação dos projetos. Todos os formulários estarão reunidos no documento a seguir:

- ANEXO IIA – Template do Projeto Preliminar de Implantação (PPI);

A CONTRATADA também fornecerá o seguinte documento:

- ANEXO IIB – Resumo de Requisitos e Guia de Confeção da PPI.

## 8.2. Obrigações da Contratada

Elaborar desenhos, planilhas e memoriais descritivos e prover qualquer outra informação útil ou necessária para implantação e bom funcionamento dos equipamentos;

Disponer de Responsável Técnico qualificado;

Comprar e transportar todo o equipamento e material necessário para instalação da rede sem fio;

Seguir estritamente as diretrizes técnicas presentes neste Manual;

Acompanhar, com a presença de algum técnico responsável pelo projeto, o inspetor da CONTRATADA, disponibilizando transporte para traslado entre as escolas.

A CONTRATADA deverá entregar em formato eletrônico os documentos exigidos para a PPI e PDI, utilizando como padrão o Anexo II-A disponibilizado pela CONTRATANTE, sendo eles:

- Memorial Descritivo;
- Formulário de Vistoria;
- Plantas dos projetos;
- Lista de Materiais e Equipamentos;
- Relatório fotográfico;
- Formulário de Configurações de Rede;
- Formulário de Testes



## 9. Infraestrutura

### 9.1. Construção de infraestrutura

#### Recomendações gerais

Antes do início das obras, a instituição a ser atendida deve dar sua aprovação e estabelecer suas exigências referentes à sinalização e segurança.

O percurso a ser construído deverá ser demarcado, conforme o projeto.

Deverá ser negociado previamente um local para depósito de material escavado ou colocação de material básico de construção.

Deve-se evitar, a todo custo, a interrupção de entradas.

### 9.2. Projeto de Rede Interna em Prédios

- Cada prédio a ser atendido deverá ser objeto de levantamento e projeto específico;
- O projeto de rede interna deverá propor a instalação de itens adicionais à rede sem fio, como fiações elétricas e tomadas, se for o caso;
- O cabo de rede ou elétrico poderão utilizar calhas, eletrodutos e dutos existentes. No caso de insuficiência de infraestrutura, o projeto deverá propor furos nas paredes para passagem do cabo ou a instalação de eletrodutos rígidos de PVC aparentes, mesmo quando passado por cima de forros;
- Devido ao alto custo e dificuldades inerentes de construção, não deverão ser projetados caixas subterrâneas e tubulações embutidas dentro de edifícios;
- Tomadas de rede (caixa de sobrepor) devem ser instaladas junto aos APs e interligadas ao patch panel que estará instalado dentro do rack.

### 9.3. Projeto de Instalação de Eletrodutos para Cabos

- Os eletrodutos devem ser rígidos, de PVC ou aço galvanizado, e ter  $\phi$  mínimo equivalente a 3 vezes o diâmetro do cabo a ser passado ou  $\phi$  mínimo 32 mm. Os eletrodutos deverão ser emendados com luvas apropriadas, sendo vedado o uso de soldas;
- Os eletrodutos deverão ser fixados a espaços regulares com braçadeiras, parafusos e buchas de tamanho adequado;
- Eletrodutos poderão ser fixados diretamente nas lajes e paredes ou através de tirantes fixados ao teto, conforme as necessidades do local;



- Os trechos retos de eletrodutos terão seu comprimento limitado a 10 m, por intermédio da instalação de caixas de passagem;
- Serão usadas caixas de passagem sempre que a tubulação sofrer uma deflexão de 90°, na horizontal ou na vertical;
- As caixas de passagem terão dimensões mínimas de 20 cm x 20 cm x 10 cm (comprimento, altura e profundidade), devendo ser dotadas de tampas removíveis;
- Quando não for possível instalar caixas de passagem nos pontos de mudança de direção, poderão ser utilizadas curvas rígidas com raio de curvatura superior a 20 vezes o diâmetro do cabo, sendo vedado o uso de duas curvas reversas em um mesmo trecho de eletroduto;
- Os eletrodutos devem estar limpos e suas extremidades isentas de pontas ou rebarbas que possam danificar o cabo durante o puxamento;
- Deve ser usado um fio guia, para facilitar o puxamento do cabo nos dutos e, ao mesmo tempo, atestar que os dutos estão limpos e desobstruídos.
- Não será aceita a passagem de dutos via aérea em local sem cobertura entre um bloco e outro de uma escola. Deve-se, neste caso, fazer a passagem através de caixas subterrâneas. Passagem de trechos curtos, onde seja inviável a perfuração do piso, poderão passar o duto via aéreo, mas esse deve ser galvanizado.

## 9.4. Caixa Subterrânea

- As caixas subterrâneas poderão ser construídas em alvenaria de tijolos;
- Deverão ser posicionadas em calçadas, nunca sob vias carroçáveis;
- Caso isto seja inevitável, deverão ser equipadas com tampão circular (tipo RR-27);
- Caixas em calçadas deverão ser equipadas com tampão retangular (tipo QC);
- As caixas subterrâneas não deverão receber nenhum tipo de emenda.

### Tipos e Tamanhos

As caixas subterrâneas deverão possuir as seguintes dimensões: 0,52 (largura) x 1,07 (comprimento) x 0,60 (profundidade).

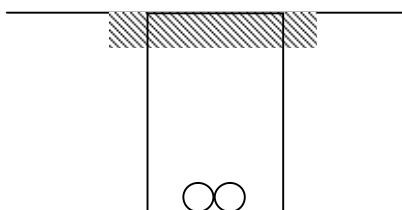
#### 9.4.1. Linha de Dutos

- As linhas de dutos poderão ser construídas com um ou dois eletrodutos de polietileno sólido (PEAD) ou de PVC, com diâmetro interno mínimo de 40 mm;
- Após a abertura das valas, o fundo deve ser nivelado para o correto assentamento dos dutos. As valas poderão ser preenchidas com a terra de escavação. Se o solo for muito pedregoso, os dutos deverão ser protegidos por uma camada inicial de areia ou concreto;



- A terra deverá ser recolocada em camadas, que deverão ser apiloadas e o passeio deverá ser refeito e deixado nas mesmas condições originais;
- Após a conclusão dos serviços, o local deverá estar limpo e livre de resíduos.

#### Perfil típico de vala



## 9.5. Rede Elétrica

Mesmo nas localidades servidas por energia elétrica comercial de boa qualidade, as instalações elétricas são vulneráveis a raios e a tensão flutua dramaticamente durante tempestades, por realocação de cargas no circuito da distribuidora e por descargas dos próprios equipamentos dentro do prédio. Por este motivo, uma rede elétrica bem instalada é essencial para proteger os equipamentos instalados na escola.

As reformas da rede elétrica devem seguir a Norma NBR 5410.

Não é prevista a instalação de pára-raios.

### 9.5.1. Alimentação dos APs

Os APs deverão ser alimentados através de PoE ou por um circuito elétrico estabilizado.

Será aceita a utilização de módulos injetores compatíveis com o padrão 802.3af nas escolas, com exceção das escolas do Tipo G e GG. As escolas destes tipos, que optarem pela utilização de PoE, deverão obrigatoriamente utilizar switches ou controladores que possuam funcionalidade de injetores PoE, e estes deverão ser capazes de suportar a carga exigida por todos os APs por ele alimentados.

### 9.5.2. Disjuntores e Circuitos Elétricos

É obrigatório que todos os equipamentos do rack (switch, controladoras e nobreak) operem em um circuito dedicado (circuito de serviço), aterrado e com disjuntor adequado (seguindo a Norma NBR 5361:1983).

A CONTRATADA precisará instalar, obrigatoriamente, fiação (fase, neutro e terra) e tomada (2P + T) para a tomada do rack na sala de equipamentos.



Nas escolas com dispensa de aterramento, previsto na Seção 9.5.4, caso a CONTRATADA verifique a saturação do circuito de serviço (com tensão e corrente fora dos padrões), ou aterramento inadequado, a infraestrutura elétrica deverá ser readequada, com a criação de um novo circuito, ou com a reforma do outro.

Caso a tecnologia de PoE não seja usada, e a rede elétrica da escola apresentar instabilidades, o circuito de serviço deve ser expandido para além da sala de equipamentos, com a passagem de fios e instalação de tomadas até os pontos de instalação dos pontos de acesso.

### 9.5.3. Nobreak

Os equipamentos presentes na sala de equipamentos, tais como controladores, switches, injetores de PoE e servidor devem estar ligados a *nobreaks* nas tomadas com proteção contra surtos e suporte de bateria.

Deve ser utilizada uma régua elétrica para centralizar a conexão dos equipamentos dentro do rack. A régua deverá ser ligada ao *nobreak*, e este deverá ser diretamente ligado à tomada do circuito de serviço.

### 9.5.4. Aterramento

O aterramento tem a finalidade de estabelecer um caminho direto para escoamento de surtos de corrente provocados pelo impacto direto de raios e picos de tensão causados pela queda de raios nas imediações do equipamento.

Para as escolas do Projeto UCA, é obrigação da CONTRATADA realizar o aterramento do circuito de serviço, caso este ainda não tenha um aterramento exclusivo. O aterramento deve ser dimensionado para suportar os equipamentos instalados na sala de equipamentos e os APs.

Há três maneiras simples de se medir a eficiência de um aterramento:

1. Conectar a fase de uma tomada de energia elétrica comercial a um circuito que tenha um indicador de terra (uma luz LED). Este indicador acenderá se a corrente existente no fio fase se dissipar o solo através do aterramento;
2. Conectar um lado de um soquete equipado com uma lâmpada de 30 W na fase de uma tomada de energia e o outro lado do soquete ao cabo terra. Se o aterramento estiver funcionando, a lâmpada vai se acender, mesmo que seja de forma bem fraca;
3. Medir a resistência entre fase e terra, usando instrumento e método adequados.

Caso se conclua que o ponto de terra não é eficiente, será necessário aumentar sua condutividade, devendo-se tentar a seguinte sequência de providências:

- a. Haste de terra de maior comprimento. Quanto mais fundo, mais umidade, mais material orgânico e mais metais;
- b. Cravar hastes adicionais, espaçadas de 3 metros;
- c. Caso a situação persista, ao invés de se prosseguir cravando novas hastes, recomenda-se o tratamento do solo.



### **Materiais utilizados no sistema de aterramento**

- Hastes de aterramento: aço cobreado ou bronze,  $\phi$  mínimo 15 mm x 2,4 m de comprimento;
- Conexão entre cordoalha e hastes de terra deve ser feita apenas com solda exotérmica ou com conector que possua certificação;
- Conexão entre cordoalha e estrutura metálica: solda exotérmica ou conector que possua certificação;
- Caixa de inspeção

### **Valores de aterramento**

- O aterramento não pode ultrapassar 10  $\Omega$ ;
- Se os pontos de terra existentes não forem adequados, deverão ser melhorados, para que os equipamentos instalados nas escolas fiquem adequadamente protegidos. Caso sejam feitos aterramentos novos, estes deverão ser, obrigatoriamente, vinculados aos pontos de terra previamente existentes.

### **Medida da Resistência de aterramento**

A medida de resistência de aterramento deve ser feita com medidor de terra digital.

### **Dispensa de Aterramento**

Escolas do Tipo REACS, que já possuam circuito de serviço com aterramento exclusivo, e que a qualidade do mesmo seja comprovada a partir da vistoria, poderão dispensar novas obras de aterramento.

## **10. Proposta Comercial e Habilitação**

[Sujeito a revisão de acordo com o modelo de contratação que for adotado]

Baseado nas informações obtidas das escolas, a CONTRATANTE estimará o quantitativo de equipamentos, materiais e serviços e calculará o preço global do projeto baseado nestas estimativas. Este valor deve ser usado como preço global máximo na proposta comercial do processo licitatório.

Todas as informações das escolas que serão contempladas estão no Anexo I-A, bem como a memória de cálculo utilizada para estimar os quantitativos e preço global.

O quantitativo de equipamentos estimado deve ser seguido no projeto técnico, conforme indicado na Seção 7.

Para provar a aderência dos equipamentos da proponente ao especificado neste documento, o ANEXO I-B deve ser preenchido e entregue junto à documentação de habilitação para o processo licitatório.



## 11. Garantia, Suporte e Manutenção dos Equipamentos e Infraestrutura da Rede Sem Fio

[Sujeito a revisão de acordo com o modelo de contratação que for adotado]

A garantia do fabricante deverá ser de 24 (trinta e seis) meses para hardware e software, contada a partir do Recebimento Definitivo do Objeto, sem prejuízo de qualquer política de garantia adicional oferecida pelo fabricante. A empresa deverá descrever, em sua proposta, os termos da garantia adicional oferecida pelo fabricante.

A troca do produto direto com o fabricante para todo o território nacional deve ser acionada e gerenciada através de telefone 0800, para itens defeituosos dentro do prazo de garantia.

O suporte por telefone em Português do Brasil deve ser realizado através de 0800 do fabricante de segunda à sexta das 09h00 às 18h00.

O atendimento será em horário comercial, de segunda a sexta-feira, *on-site*, nas cidades indicadas no Termo de Referência.

O prazo máximo para que se inicie o atendimento técnico será de 2 (dois) dias úteis para escolas situadas até 100 km da sede administrativa da CONTRATANTE, e 4 (quatro) dias úteis para as demais, contado a partir do momento em que for realizado o chamado técnico devidamente formalizado.

O tempo máximo de paralisação tolerável do objeto será de 48 (quarenta e oito) horas, a partir do início do atendimento técnico. Caso a CONTRATADA não termine o reparo do objeto no prazo estabelecido e a critério da Contratante, a utilização do objeto tornar-se inviável, a CONTRATADA deverá substituí-lo no prazo de 48 (quarenta e oito) horas por outro, com características e capacidades iguais ou superiores ao substituído.

Para a **Manutenção**, a CONTRATADA deverá proceder da seguinte forma:

- Toda solicitação de serviço para manutenção corretiva na rede sem fio deve ser feita por pessoa autorizada pela CONTRATANTE ou órgão federal, estadual ou municipal designado por ela;
- Sempre que alguma solicitação de manutenção corretiva na infraestrutura da rede sem fio de uma das escolas for solicitada por terceiro, o representante responsável indicado pela CONTRATANTE deve ser informado e autorizar o serviço;
- A empresa contratada poderá propor intervenções ou serviços na rede sem fio com o objetivo de melhorar ou garantir a confiabilidade da infraestrutura que suporta a rede. Neste caso, todo serviço proposto deve ser aprovado por representante autorizado pela CONTRATANTE.