

## 2. Considerações sobre *WLAN* em ambientes fechados

Ao se planejar uma rede *WLAN* em um ambiente fechado (*indoor*), deve se levar em consideração uma série de fatores, como posicionamento dos *Access Points*, para prover a cobertura desejada, número de *Access Points*, para escoar o tráfego planejado, bem como outros parâmetros importantes para a propagação do sinal, como a diversidade de antenas, polarização do sinal e interferências.

Muitos dos fatores comentados neste capítulo, como importantes para um planejamento de uma rede *WLAN* em ambientes fechados, também se aplicam a ambientes externos, não abordados neste trabalho, pois o foco principal são os ambientes *indoor*.

### 2.1. Interferência

A frequência de 2,4 GHz é uma faixa liberada no Brasil e em um grande número dos países, isto é, não é necessário obter nenhum tipo de autorização junto ao órgão responsável local, o que impulsiona ainda mais a utilização de tecnologias que utilizam esta faixa, sejam as *WLANs* baseadas em 802.11, o Bluetooth (IEEE 802.15) ou outras tecnologias *wireless* menos conhecidas.

A questão que deve ser observada é que um sistema operando no local pode causar interferência em outro, a ponto de nenhum conseguir estabelecer comunicação de forma satisfatória. Neste sentido, devem ser efetuadas medidas com todos os sistemas existentes em funcionamento, para monitorar o nível de interferência que está sendo gerado. Além de equipamentos de telecomunicações existem outros equipamentos que podem causar interferências na faixa de 2,4 GHz, como os fornos de microondas. Portanto é recomendado que os *Access Points* e os pontos locais mantenham uma certa distância deste tipo de equipamento para uma melhor comunicação.

Para minimizar a interferência intra-sistêmica os dispositivos 802.11 utilizam espalhamento de espectral na transmissão de seus sinais. De acordo com o padrão 802.11, existem três tipos de técnicas utilizadas: *FHSS*, *DSSS* e *OFDM*. Todas estas técnicas têm o mesmo princípio, que se baseia em espalhar a potência do sinal em uma faixa mais larga do espectro de frequência, reduzindo a densidade de potência do mesmo em frequências específicas e, conseqüentemente, reduzindo o efeito de interferências a outros dispositivos que utilizam a mesma faixa.

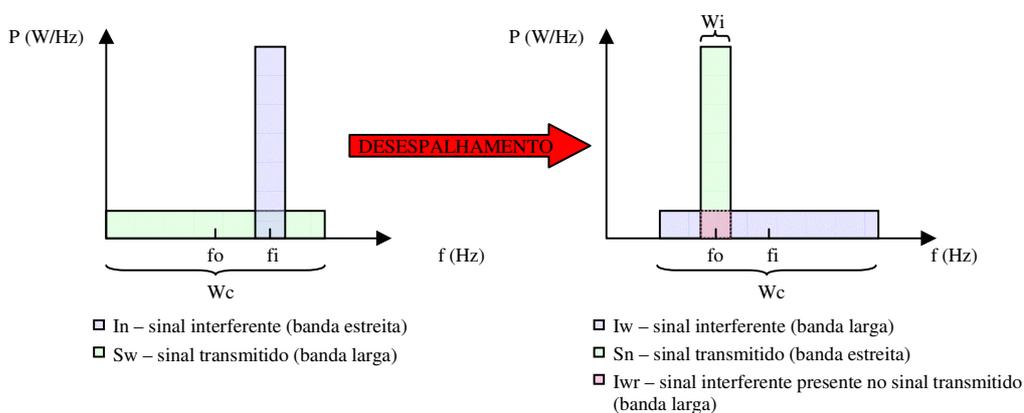
A seguir são brevemente descritas estas três técnicas de acesso comentadas.

- *FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)* [3,8,13] – foi inicialmente concebido em aplicações militares para evitar que uma comunicação entre dois pontos específicos pudesse ser “interpretada” por um possível receptor do sinal. Atualmente é utilizada em aplicações comerciais com outro propósito principal: a redução de interferências.

Nesta técnica, o sinal é transmitido em uma portadora de faixa estreita, por um curto período de tempo, e após decorrido este tempo (conhecido como *dwell time*), “salta” (*hops*) para outra portadora. Este processo continua durante toda a transmissão. Os saltos entre portadoras parecem aleatórios para um receptor que não conhece a seqüência definida. Há cerca de cinquenta anos já era utilizado para impedir a interceptação comunicações militares e sinais de radar. Esta técnica não oferece mais a robustez contra interceptação que oferecia no passado, mas ainda tem grande importância para a redução de interferência.

- *DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)* [3,9,13] – esta técnica se baseia em aplicar uma modulação ao sinal de banda-estreita por um sinal banda-larga, de modo a espalhar o sinal no espectro de freqüências. Os sinais utilizados para o espalhamento são códigos ortogonais ou códigos pseudo-aleatórios, conhecidos como códigos PN (*Pseudonoise*), que contém um número finito de símbolos.

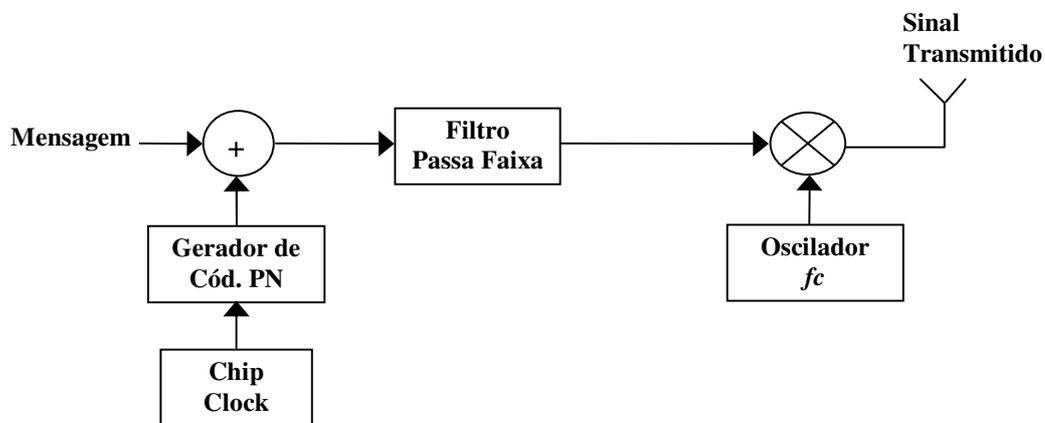
A figura a seguir ilustra a influência de sinal interferente (banda estreita) em um sinal espalhado no espectro [11].



**Figura 6 – Influência de sinal (banda estreita) em um sinal espalhado**

Nota-se que o sinal desejado, após “desespalhado” pelo mesmo código utilizado para seu espalhamento, volta a conter a informação original em um sinal banda estreita, enquanto que o sinal interferente, quando espalhado por este mesmo código, gera um sinal espalhado que interfere com sinal desejado em toda sua faixa ( $W_i$ ), mas com uma densidade espectral de potência baixa.

O esquema a seguir [11] ilustra o caso mais simples de um transmissor utilizando a técnica de seqüência direta com modulação *BPSK* (*Binary Phase Shift Keying*).



**Figura 7 – Transmissor DS utilizando BPSK**

$$\text{onde: Sinal Transmitido} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_s}{T_s}} \cdot m(t) \cdot p(t) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot t + \theta)$$

$m(t)$  – mensagem (sinal de entrada)

$p(t)$  – seqüência de espalhamento PN

$f_c$  – freqüência da portadora

$\theta(t)$  – fase da portadora em  $t=0$

$T_s$  – duração de cada pulso de  $m(t)$

O resultado da utilização desta técnica em relação à redução de interferências é que após o espalhamento do sinal, a interferência gerada em outros sistemas não é de alta potência em uma faixa estreita, mas uma baixa potência em toda a faixa, similar a um ruído branco de baixa potência.

- *OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)* [3,10] – esta técnica rigorosamente não deveria ser chamada de espalhamento espectral, mas de técnica de transmissão de dados, pois baseia-se no uso de múltiplas portadoras (chamadas de sub-portadoras), que permanecem fixas (no espectro) e não são espalhadas. Ainda assim, está classificada como espalhamento de espectro, em razão dos seus efeitos. A técnica funciona dividindo o sinal em partes e, cada sub-portadora transmite uma das partes do sinal. A taxa total de transmissão depende de quantas portadoras são utilizadas.

Além de permitir a utilização de baixa potência em cada uma das sub-portadoras, esta técnica, utilizada no padrão 802.11g e 802.11a, é mais robusta aos efeitos de multipercursos que as técnicas de espalhamento espectral apresentadas.

Mais detalhes sobre canalização e interferências inter-sistêmicas e intra-sistêmicas, são descritos na seção 6.5.

## **2.2. Polarização**

A polarização é determinada em função da orientação do campo elétrico gerado por uma antena em relação ao solo. No caso de antenas lineares, como o campo elétrico é paralelo ao elemento irradiante, a polarização corresponde à orientação física da antena em relação ao solo. A polarização das antenas deve ser a mesma em todos os pontos de comunicação, para prover uma melhor recepção do sinal.

## **2.3. Diversidade de antenas**

Em ambientes em que não se espera que haja muito efeito de multipercursos, isto é, ambientes com poucas paredes e obstáculos, uma única antena pode prover bons resultados de cobertura. Entretanto, em situações nas quais o sinal está sujeito ao efeito de multipercursos, é recomendável a utilização de uma segunda antena receptora.

A maior parte dos equipamentos de *WLAN* possuem duas antenas, que podem ser ativadas e desativadas pelo usuário, para fins de avaliação de performance. Estes equipamentos têm a capacidade de comparar a intensidade do sinal proveniente de cada uma das antenas e aproveitar o mais forte.

Medições efetuadas para comparar o desempenho com a diversidade de antenas ativada e desativada, indicam que em ambientes fechados (muito sujeitos aos efeitos de multipercursos), o nível de potência do sinal recebido é muito sujeito a desvanecimentos de pequena escala quando a diversidade está desativada, melhorando sensivelmente com sua ativação.

## 2.4. Cobertura

Uma determinada área está coberta por um sistema de telecomunicações quando é possível que se estabeleça comunicação de algum ponto no interior da área ao sistema em questão. No caso de *WLANs* a comunicação se dá entre um *Access Point* e os equipamentos dos usuários ou apenas entre equipamentos de usuários.

A cobertura deve ser planejada de acordo com a demanda local, onde as variáveis mais importantes são a área a ser coberta, o tráfego, que deve contabilizar o número de usuários simultâneos e o volume de dados trafegados por cada um, e o custo de infra-estrutura. Existem alguns tipos de topologias básicas [3]:

- Topologia *Peer-to-peer (ad hoc)* – nesta configuração, as estações de trabalho, munidas de placas de comunicação *wireless* estabelecem comunicação entre si, sem a necessidade de um *Access Point*. Também pode ser chamada de *IBSS (Independent Basic Service Set)*.
- Topologia Infra-estrutura – Esta configuração consiste em um *Access Point* que estabelece comunicação com um conjunto de estações de trabalho. Esta topologia admite diversos tipos de configurações descritas a seguir [12,26]:

### **Estrutura *BSS (Basic Service Set)*:**

- Configuração Unicelular – o sistema se baseia em um único *Access Point* que provê acesso à rede a todos os usuários em uma determinada área.

### **Estrutura *ESS (Extended Service Set)*:**

- Configuração com Superposição celular – o sistema possui mais de um *Access Point*, cujas suas células de cobertura apresentam leves sobreposições.
- Configuração Multicelular – o sistema também possui mais de um *Access Point*, mas posicionados no mesmo local, de modo a gerarem áreas de coberturas totalmente sobrepostas.

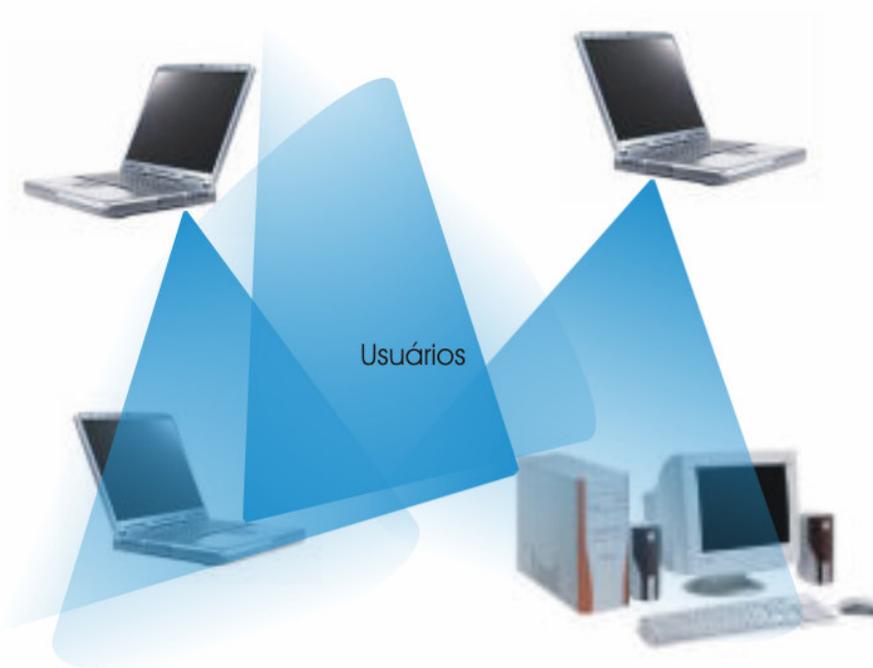
- Configuração *Multi-Hop* – o sistema possui um par de *Access Point* e *Workgroup Bridge (WB)*, onde a última tem a função de expandir a área de cobertura da rede.

Não é incomum que uma mesma rede apresente mais de um tipo de topologia em diferentes locais, pois como será discutido adiante, cada alternativa tem sua aplicabilidade em ambientes de diferentes características.

#### **2.4.1. Topologia Peer-to-peer**

A topologia *Peer-to-peer*, também conhecida como rede *ad hoc* ou ainda *IBSS* – *Independent Basic Service Set*, não necessita de *Access Point* para que se estabeleça comunicação entre estações de trabalho. Estas se comunicam diretamente, permitindo compartilhamento de arquivos e, eventualmente, de impressoras e periféricos, acopladas a alguma das estações.

Esta topologia é utilizada quando não há necessidade de comunicação com um servidor.



**Figura 8 – Topologia *ad hoc***

## 2.4.2. Topologia Infra-estrutura

Este tipo de topologia é constituída por um conjunto de estações de trabalho que se comunicam diretamente com um *Access Point*, que por sua vez, funciona como uma ponte entre estas estações e uma rede cabeada.

### 2.4.2.1. Configuração Unicelular

Uma configuração unicelular ou *BSS – Basic Service Set*, consiste de um *Access Point* e um conjunto de estações de trabalho munidas de adaptadores de rede sem fio (*WLAN adapters*), associados ao *Access Point*.

As estações de trabalho podem ser microcomputadores equipados de adaptador compatível, ou *Notebooks* equipados com placas PCMCIA compatíveis, desde que estejam dentro da área de cobertura do *Access Point*, devidamente configurados e que o sistema esteja dimensionado para prever as taxas de transmissão que cada estação de trabalho requer.

Esta configuração é utilizada quando um único *AP* cobre toda uma área pretendida e o tráfego requerido total não excede o tráfego que o *AP* permite.

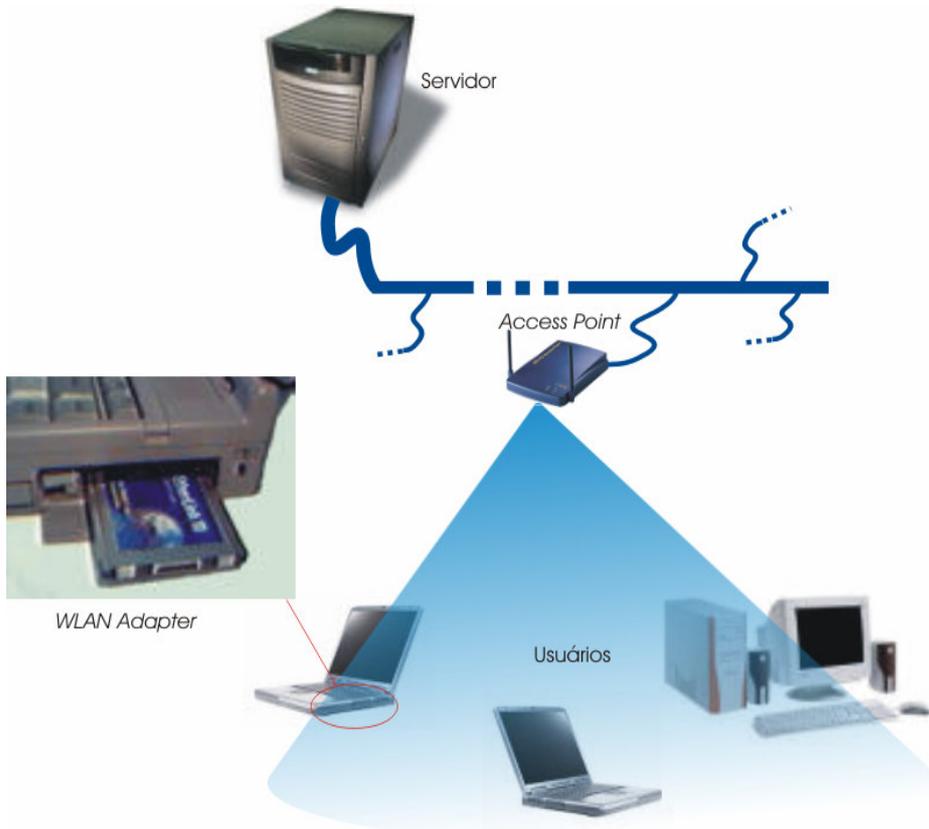


Figura 9 – Topologia Infra-estrutura (configuração unicelular)

### 2.4.2.2. Configuração com Superposição celular

Uma configuração com superposição celular consiste de um conjunto de *Access Points* e um conjunto de estações de trabalho munidos de adaptadores de rede sem fio (*WLAN adapters*), associados ao *Access Point*, de modo que as áreas de cobertura dos *Access Points* tenham alguns trechos em comum. Isto permite que os usuários usufruam dois atributos deste tipo de configuração:

- Nos trechos de superposição de cobertura pode ser estabelecida comunicação com ambos *Access Points*.
- É possível mover-se de uma área de cobertura de um *AP* para outra sem perder comunicação com a rede. Este atributo é conhecido como *Seamless Roaming* [2,12].

Esta configuração é utilizada em casos em que um *AP* não é suficiente para cobrir uma área pretendida, não se deseja que haja nenhuma área sem cobertura entre as áreas cobertas nem perda de comunicação com o deslocamento de usuários.

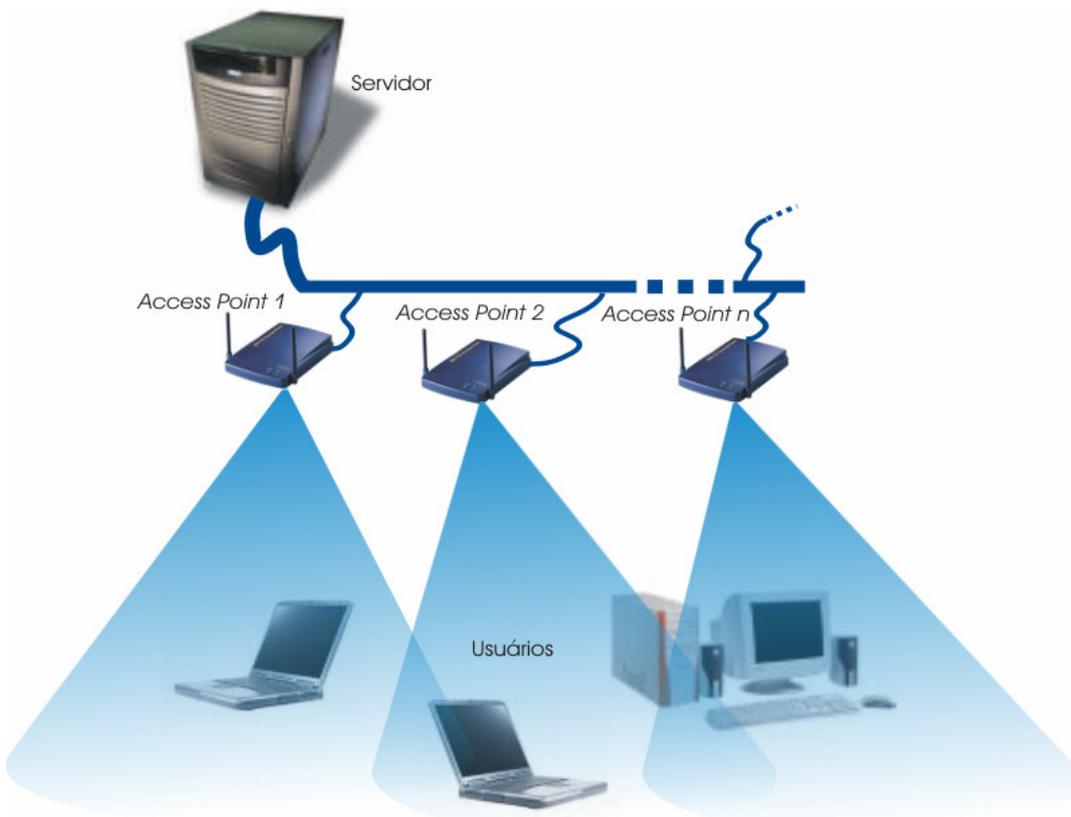


Figura 10 – Topologia Infra-estrutura (configuração com superposição celular)

### 2.4.2.3. Configuração Multicelular

Uma configuração multicelular consiste de um conjunto de *Access Points* posicionados muito próximos, de modo que suas áreas de cobertura sejam fortemente superpostas. Estes equipamentos devem estar configurados em canais diferentes (frequências diferentes) de modo a se minimizar interferências. Como na configuração com superposição celular, os usuários no interior destas áreas podem estabelecer comunicação com mais de um *AP*. A maioria dos *Access Points* vem acompanhados de um *software* de configuração, onde pode-se ativar uma opção de *Load Sharing* que automaticamente, a *wireless adapter* estabelecerá comunicação com o *AP* que estiver com o menor tráfego.

Esta configuração deve ser utilizada em áreas onde o tráfego requerido pelo conjunto de usuários é maior que o tráfego máximo provido por um único *AP*.

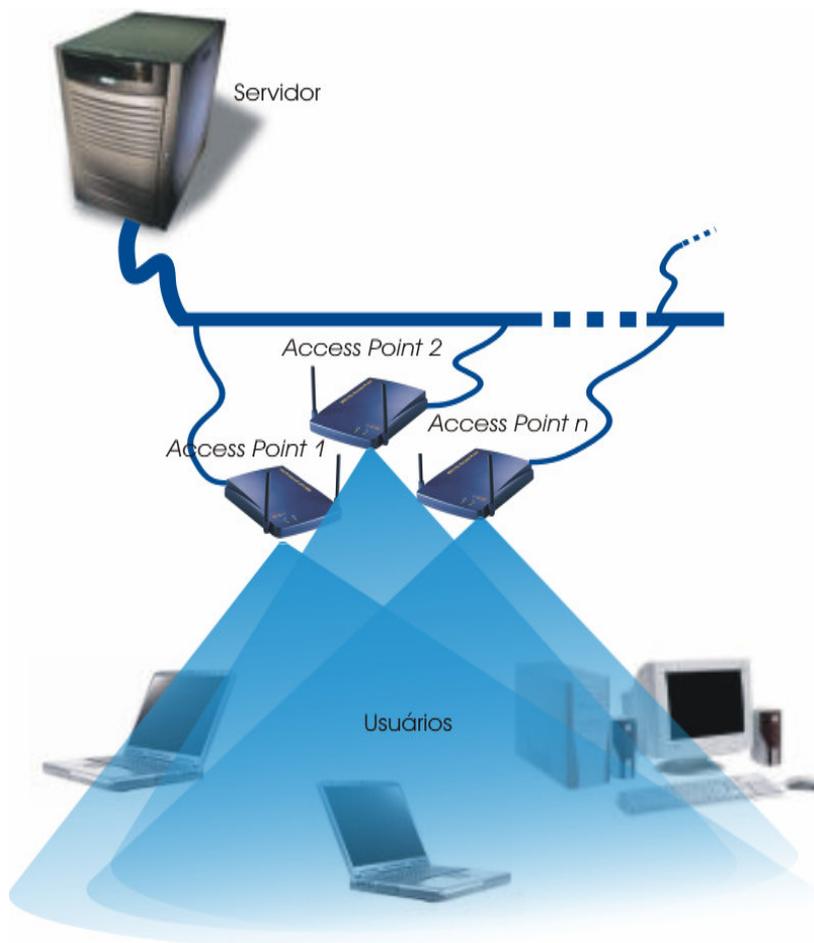
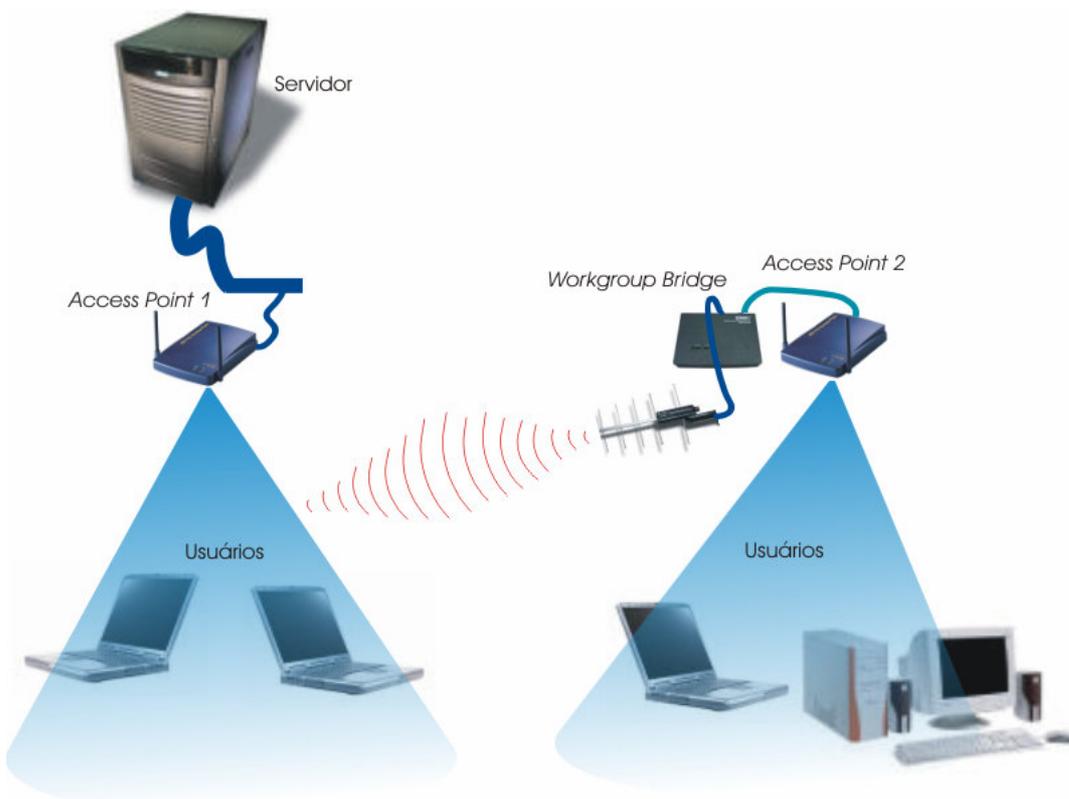


Figura 11 – Topologia Infra-estrutura (configuração multicelular)

#### 2.4.2.4. Configuração Multi-Hop

Uma configuração *multi-Hop* consiste de um *Access Point* conectado a uma *Workgroup Bridge (WB)*, que se comunica com outra *WB* que por sua vez está conectada a outro *Access Point*.

Esta configuração é utilizada para se cobrir uma área onde não há cabeamento Ethernet disponível ao qual o segundo *AP* possa se conectar diretamente. As *WB* são utilizadas como “pontes” para esta comunicação entre dois pontos. Se a distância entre a *WB* e o *AP* for significativa, de modo que não se consiga estabelecer comunicação entre elas com as antenas originais, podem ser acopladas antenas externas de maior ganho, para possibilitar a comunicação.



**Figura 12 – Topologia Infra-estrutura (configuração Multi-Hop)**

Existe uma outra modalidade da configuração *Multi-Hop* que não necessita das *WBs*. Alguns *APs* disponibilizam uma funcionalidade chamada de *Repeater Mode*, onde o *AP* funciona como um repetidor ativo, isto é, recebe um sinal fraco, proveniente de um outro *AP* e o amplifica para retransmiti-lo, sem a necessidade da utilização de uma *WB*.

## 2.5. Tráfego

Ao se planejar uma *WLAN* é muito importante que se faça um dimensionamento do tráfego requerido pelos usuários no interior de uma área coberta e, em função deste dimensionamento de tráfego, definir a quantidade de *Access Points* necessários para cobrir a área.

O *throughput* (vazão) total gerado em uma área é dado pela soma dos *throughput* gerados por cada usuário. Portanto a capacidade total dos *APs* deve ser maior que este valor estimado.

$$\text{Número de APs} = \frac{\text{Número médio de usuários simultâneos} \cdot \text{Throughput médio dos usuários}}{\text{Access Point throughput}}$$

Por exemplo, no caso do uso de *APs* 802.11b, com um *throughput* máximo de 11 Mbps cada, seriam necessários 3 *Access Points* para atender 80 usuários com um *throughput* médio de 2 kbps.

Atentar para o fato que o valor de *throughput* nominal dos equipamentos e da regulamentação 802.11 não é o valor real a ser consumido pelos usuários, pois uma parte deste é destinado a sinalização entre as pontas. O valor de *throughput* real que deve ser considerado varia em torno de 40% a 50%, conforme explicado na seção 6.4.