

6. Metodologia de projeto

Para um bom dimensionamento de uma rede *wireless* é necessária uma série de estudos com relação ao ambiente de implantação, perfil de seus usuários e equipamentos a utilizar. Neste capítulo é apresentada uma metodologia geral de projeto de implantação de uma *WLAN*.

A metodologia tem como passo inicial coletar todas as informações relevantes ao projeto, para evitar imprevistos que impliquem em custos inesperados e maior prazo de implantação. No caso de um projeto de *WLAN*, os dados mais importantes são: *throughput* (capacidade), cobertura desejada, avaliação de *roaming*, interferências e aspectos de segurança.

O processo de planejamento pode ser dividido em 5 fases:

- Definição das necessidades dos usuários
- Mapeamento de outras redes existentes
- Planejamento de cobertura
- Planejamento de capacidade
- Planejamento de frequência

6.1. Definição das necessidades dos usuários

Esta fase consiste em definir, junto aos usuários da rede, suas necessidades em relação a áreas que devem ser cobertas, taxas de transmissão mínimas desejadas, número médio de usuários simultâneos e requisitos de segurança das informações trafegadas.

Também é necessário se definir o custo máximo do projeto, para que os equipamentos possam ser escolhidos de acordo com o orçamento disponível e, ao mesmo tempo, atendendo às expectativas dos usuários.

Os dados coletados sobre a área a ser coberta, *throughput* médio e número de usuários, devem ser relatados de maneira clara e, preferencialmente, sobre mapas do local.

6.2. Mapeamento de outras redes existente

Nesta fase é importante que se mapeie toda a área que se deseja cobrir no projeto, investigando pontos de energia, pontos de ligação a uma rede Ethernet existente,

para prover acesso aos *APs*, bem como passagens de cabo que impliquem no mínimo de modificações possíveis no ambiente.

Também é útil que se represente os pontos de energia e acesso à rede cabeada em um mapa da região.

6.3. Planejamento de cobertura

Com base nos dados adquiridos nas fases anteriores, nesta fase deve-se definir a quantidade de *APs* que serão utilizados, os seus posicionamentos e escolha das antenas, considerando inclusive os pontos de acesso à rede e energia elétrica.

Podemos subdividir esta fase em duas outras fases:

- Previsão de cobertura (preferencialmente em *software* especializado)
- Medidas de campo

6.3.1. Previsão de cobertura

Não há forma teórica de se determinar as posições ótimas dos *APs*. O processo consiste na escolha por inspeção nos pontos aparentemente mais adequados, escolhidos de acordo com os princípios descritos na seção 3.3, e realização de sucessivas análises de cobertura para selecionar o posicionamento mais adequado. Para cada configuração devem ser feitos cálculos para prever a área de cobertura de cara *AP*.

De posse da EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) e limiares dos equipamentos, deve-se calcular a perda de propagação no ambiente, utilizando um dos modelos de propagação escolhido dentre os apresentados nos capítulos anteriores, utilizando os parâmetros que melhor se adequem ao ambiente em questão. Para realizar esta previsão, é indicado que se utilize um *software* especializado, como o apresentado neste trabalho, como forma de viabilizar e garantir a precisão dos cálculos num grande número de pontos do ambiente.

É importante incluir margens para desvanecimentos por multipercurso e sombreamento, uma vez que os modelos fornecem valores medianos da perda de propagação em função da distância ao *AP*.

Para melhorar a cobertura em algumas direções, pode-se utilizar antenas mais diretivas em lugar das omnidirecionais que normalmente acompanham os equipamentos. Em geral, no caso de salas estreitas ou corredores, utilizam-se

antenas painel, Yagi ou bidirecionais, que podem fornecer ganhos substanciais no nível de sinal.

6.3.2. Medidas de campo

O procedimento de medidas de campo serve para verificar a precisão do cálculo de cobertura e, eventualmente, pode resultar em alterações do projeto.

Nesta fase podem ser alteradas as posições dos *APs*, potências máximas e antenas externas.

Após esta fase, todas estas características básicas do projeto devem estar definidas, de modo a prover ao usuário a conectividade e mobilidade (*roaming* entre os *APs*) desejadas, bem como limitar “vazamentos” excessivos de sinal fora da área de cobertura especificada minimizando assim problemas de interferência e segurança .

6.4. Planejamento de capacidade

Após definida a área coberta pelos *APs* deve-se determinar o número máximos de usuários simultâneos dentro da área de cobertura de cada *AP*. A partir desta informação é possível obter o *throughput* médio por usuário como descrito na seção 2.5. Neste cálculo, deve-se levar em conta que o *throughput* máximo especificado nos manuais dos *APs* são teóricos, não sendo atingidos na prática. Um *AP* de capacidade máxima teórica igual a 11 Mbps, em geral atinge um *throughput* máximo real de 6,5 Mbps, em razão de que aproximadamente 40% dos pacotes transmitidos são referentes à sinalização (pode ficar próximo de 50%, quando utilizado *WEP*). [26].

A tabela a seguir [24], apresenta valores típicos de tráfego requerido por usuários fazendo uso de alguns tipos de aplicativos sobre a *WLAN*.

Ambiente	Aplicação	Tráfego médio	Número de usuários simultâneos		
			11 Mbps	5,5 Mbps	2 Mbps
Corporativo	Web, Email, Transferência de arquivos	150 kbits/usuário a 300 kbits/usuário	20 a 40	10 a 20	4 a 9
Acesso público	Web, Email	100 kbits/usuário	60	30	12

Tabela 19 – Valores usuais de tráfego médio por usuário de rede

Os valores apresentados são valores médios para grupos de usuários. Os valores de *throughput* para usuários individuais não serão constantes ao longo do tempo.

É importante observar que existe sempre um número máximo de usuários por *AP*, que pode variar de aproximadamente 20 a 200 usuários por *AP*, dependendo do equipamento.

Se nesta fase do projeto o projetista concluir que, com a quantidade de *APs* e seus posicionamentos determinados na fase de previsão de cobertura não é possível suprir as necessidades do cliente, a topologia da rede deve ser modificada. As possíveis soluções são:

- Reduzir a potência de um ou mais *APs*, para diminuir as suas respectivas áreas de cobertura, conseqüentemente abrangendo menos usuários. Em seguida, acrescentar um ou mais *APs* nas áreas não cobertas.
- Acrescentar mais *APs* à rede, para aumentar a sua capacidade. Neste caso, alguns usuários ficariam em regiões cobertas por mais de um *AP*, e se comunicariam com o que estivesse com o menor tráfego.

6.5. Planejamento de frequência

Esta fase é onde se definem os canais utilizados por cada um dos *APs* para minimizar a interferência intra-sistêmica.

Uma preocupação adicional em relação a interferências são outros sistemas e equipamentos que utilizem faixas de frequências próximas as das *WLAN*. Equipamentos como fornos de microondas, transmissores Bluetooth, telefones sem fio e outras *WLANs* podem causar interferências no sistema, degradando o sinal e diminuindo as taxas de transmissão.

6.5.1. Interferências da própria rede (intra-sistêmicas)

O espectro de frequência do padrão IEEE 802.11 (nos E.U.A., Canadá e Brasil entre outros países) é dividido em 11 canais de 22 MHz superpostos, de modo que cada dois canais separados por outros cinco não ficam superpostos [2]. A distribuição de canais é apresentada na tabela 20.

ID do canal	Freq. Central
1	2412 MHz
2	2417 MHz
3	2422 MHz
4	2427 MHz
5	2432 MHz
6	2437 MHz
7	2442 MHz
8	2447 MHz
9	2452 MHz
10	2457 MHz
11	2462 MHz

Tabela 20 – Canalização do padrão IEEE 802.11 no Brasil (2,4 GHz)

A única configuração com o máximo de três canais não superpostos na banda alocada a sistemas 802.11b é apresentada a seguir:

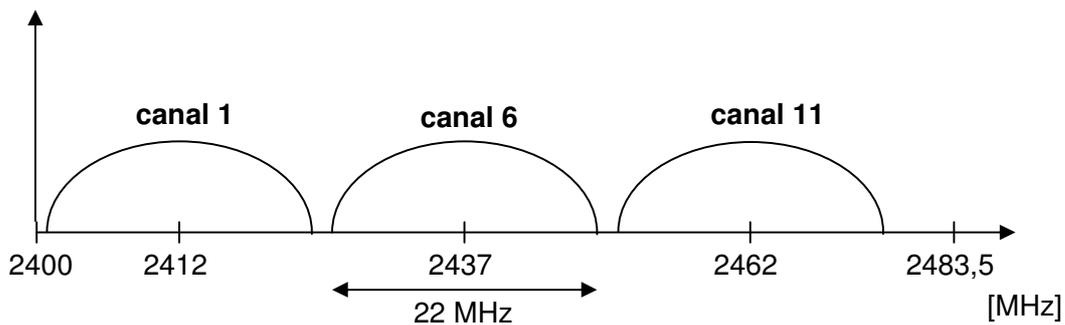


Figura 37 – Ilustração da canalização do padrão IEEE 802.11 no Brasil (2,4 GHz)

Portanto, para garantir que não haverá interferências intra-sistêmicas, é necessário que se planeje este isolamento entre as áreas de cobertura dos diferentes canais. O exemplo a seguir ilustra uma situação ideal:

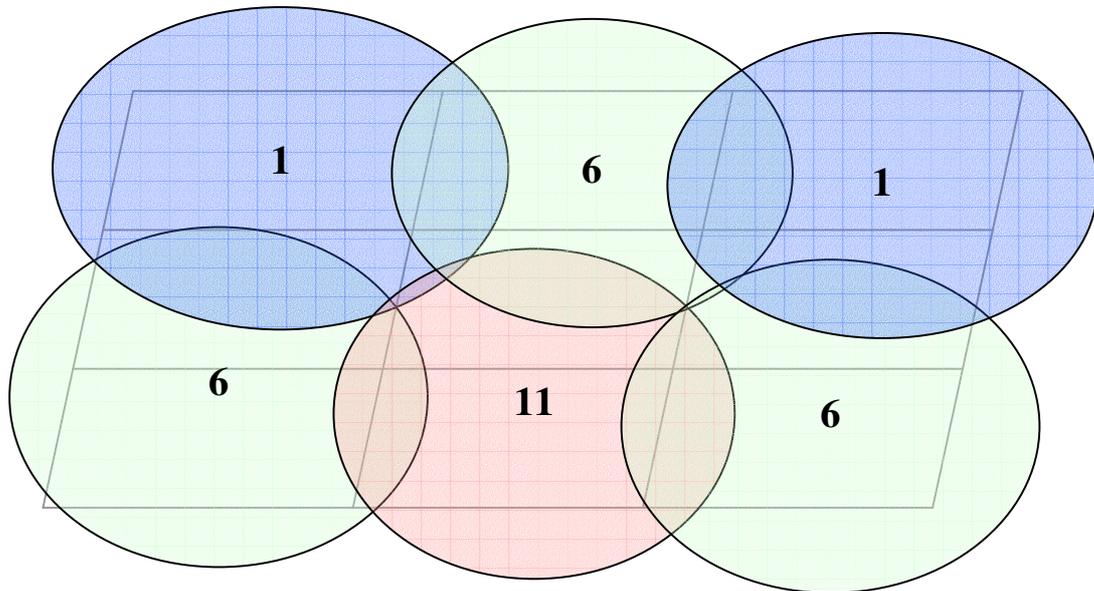


Figura 38 – Ilustração de projeto ideal de canalização

Deste modo, os canais que cobrem áreas em comum não têm superposição e a repetição dos canais (re-uso) acontece em áreas onde não há cobertura comum. Isto possibilita *roaming* entre as áreas e ao mesmo tempo não causa níveis relevantes de interferência intra-sistêmica.

Caso não seja possível a utilização de um planejamento de frequência ideal como o apresentado, algumas soluções podem reduzir o efeito de interferências intra-sistêmicas:

- Diminuir a potência dos *APs*, para que as áreas cobertas sejam menores evitando superposições.
- Utilizar antenas mais diretivas nos *APs*, limitando as áreas de cobertura para evitar superposições.
- Aumentar as distâncias entre as áreas dos *APs* que utilizem canais superpostos.

6.5.2. Interferências de outros dispositivos (inter-sistêmicas)

Além das interferências intra-sistêmicas, outros dispositivos que utilizam faixas de frequências próximas às utilizadas por *WLANs*, podem gerar interferências.

Alguns dispositivos que são potenciais fontes interferentes são:

- Fornos de microondas
- Transmissores Bluetooth
- Telefones sem fio que utilizam frequência central em 2,4 GHz
- Outras *WLANs*



Figura 39 – Interferências inter-sistêmicas

Os fornos de microondas emitem sinais que variam na faixa de 2450 MHz a 2458 MHz. Como as *WLANs* (na faixa de 2,4 GHz) utilizam a faixa de 2412 MHz a 2462 MHz (nos E.U.A, Canadá e Brasil), sofrem interferências destes dispositivos.

Os valores de potência próximo de um forno de microondas são muito elevados. Medidas indicam níveis de aproximadamente 18 dBm, a uma distância de 3 metros do aparelho, potência esta, que é equivalente a potência de irradiação máxima de muitos dos *APs* que se encontram no mercado.

Outro fato relevante em relação às interferências geradas por fornos de microondas é que o sinal gerado por este equipamento é emitido em pulsos de aproximadamente 10 μ s de duração. Como o período de duração de um símbolo na IEEE 802.11 é de 1 μ s, o receptor sofre um surto de erro longo, o que provavelmente inviabilizará a comunicação.

Medidas efetuadas em ambientes com fornos de microondas [24], sugerem que uma distância segura entre a rede *WLAN* e o equipamento interferente deve ser de no mínimo 20 metros, considerando que haja visada direta entre a fonte interferente e os equipamentos interferidos.

A interferência entre dispositivos Bluetooth e as *WLANs* em um mesmo ambiente é inevitável, pois ambos os equipamentos operam na faixa de 2400 MHz a 2485 MHz. A probabilidade de colisão de pacotes transmitidos em uma rede *WLAN* e pacotes transmitidos por dispositivos Bluetooth varia de 48% a 62% [24].

Como as duas tecnologias coexistirão por bastante tempo, a solução para um bom funcionamento de ambas em um mesmo ambiente, é manter terminais *Wi-Fi* a uma distância mínima de terminais Bluetooth. Dada a baixa potência dos dispositivos Bluetooth, uma separação de 10 metros. O grupo IEEE 802.15 tem um sub-grupo de estudos visando criar soluções para uma boa coexistência entre estas duas tecnologias, mas ainda não divulgou nenhum trabalho sobre o assunto.

Os outros dispositivos que utilizam a mesma faixa de frequência das *WLANs*, como telefones sem fio e outras *WLANs* próximas são claras fontes de interferência, devendo ser consideradas no processo de planejamento..

6.6. Atendimento aos limites de irradiação

No planejamento de cobertura deve-se atentar para os limites de irradiação estabelecidos pelos órgãos regulamentadores locais.

Os limites de irradiação refletem duas preocupações, a exposição humana à irradiação e a coordenação de interferências.

Nos últimos anos tem aumentado muito a preocupação em torno do assunto da exposição humana à irradiação. Isto motivou vários estudos das comunidades científicas em diferentes países, que definiram limites máximos de irradiação aos quais seres humanos podem ser expostos sem danos à saúde, para diferentes faixas de frequência. Os órgãos regulamentadores de cada país são livres para fazer seus próprios estudos e adotar os seus próprios limites. Os primeiros estudos

em torno do assunto foram feitos pelo IEEE e pelo NCRP (*National Council on Radiation Protection and Measurements*), nos quais o órgão regulamentador norte-americano se baseou para definir os seus padrões. Outro estudo bastante completo sobre o assunto foi desenvolvido pelo ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), no qual a maior parte dos órgãos regulamentadores europeus e do mundo se basearam para definir seus padrões, dentre eles o órgão regulamentador brasileiro (Anatel – Resolução 303).

As tabelas a seguir [30] apresentam os limites de exposição e as distâncias mínimas a antenas de estações transmissoras para exposição ocupacional e de público em geral, para as faixa de frequência de 2 GHz a 300 GHz.

Tipo de exposição	Intensidade de campo E [V/m]	Intensidade de campo H [A/m]	Densidade de potência de onda plana equivalente Seq [W/m ²]
Exposição da população em geral *	61,00	0,16	10,00
Exposição ocupacional **	137,00	0,36	50,00

Tabela 21 – Limites de exposição a irradiação não-ionizante (Res. 303 – Anatel)

Tipo de exposição	Distância mínima a antenas transmissoras [m]
Exposição da população em geral *	$0,143 \sqrt{\text{EIRP}}$
Exposição ocupacional **	$0,0638 \sqrt{\text{EIRP}}$

Tabela 22 – Distâncias mínimas a antenas transmissoras (Res. 303 – Anatel)

* Exposição da população em geral – situação em que a população em geral pode ser exposta a campos eletromagnéticos, mesmo sem estar ciente da exposição ou sem a possibilidade de adotar medidas preventivas.

** Exposição ocupacional – situação em que pessoas são expostas a campos eletromagnéticos em consequência de seu trabalho, estando cientes do potencial de exposição e podendo exercer controle sobre sua permanência no local ou tomar medidas preventivas.

A segunda questão, e talvez a mais importante em relação a *WLANs* é a coordenação da interferência. Por se tratar de uma banda sem necessidade de licença de utilização, os órgãos regulamentadores não podem coordenar as frequências de utilização dos usuários desta faixa. A regulamentação limita apenas

a potência irradiada (EIRP) pelos equipamentos, para que os usuários não inviabilizem a operação de outros gerando níveis muito altos de interferência.

Em razão da tecnologia *WLAN* (para aplicações comerciais) ser muito recente, a Anatel ainda não tem nenhum regulamento específico para o padrão 802.11. Entretanto, existe uma Resolução que trata de sistemas que utilizam tecnologia de espalhamento espectral (Resolução 305), na qual sistemas de *WLANs* se encaixam. A seguir são descritas as principais condições que devem ser atendidas, em relação a níveis de potência de equipamentos na faixa de 2400 a 2483,5 MHz [29]:

- A potência de pico máxima de saída do transmissor (antes das antenas) não deve ser superior a 1 Watt.
- Sistemas utilizados em aplicações ponto-multiponto e ponto-área (caso de *Access Points*) que façam uso de antenas com ganho direcional superior a 6 dBi devem ter a potência na saída do transmissor reduzida pela quantidade em dB que o ganho direcional da antena exceder a 6 dBi.
- Sistemas utilizados exclusivamente em aplicações ponto-a-ponto (caso de *Wireless Bridges*) podem fazer uso de antenas com ganho direcional superior a 6 dBi, desde que a potência na saída do transmissor seja reduzida de 1 dB para cada 3 dB que o ganho direcional da antena exceder 6 dBi.

6.7. Instalação

Embora estejamos tratando de redes *wireless* ainda existe a necessidade de algumas conexões cabeadas neste tipo de projeto. Estas conexões são as de energia, acesso ao um *switch* geral da rede e eventuais conexões para antenas externas.

Os dois primeiros tipos não apresentam problema para a instalação, em razão de seus conectores serem muito comuns. Entretanto, o cabeamento para antenas externas deve ser feito cuidadosamente para que não ocorram problemas de descasamento de impedâncias.