

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**Implantação de rede Wireless  
de Alta Velocidade**

**Edson Toshiaki Ono**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA  
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**

TÍTULO: Implantação de rede Wireless de Alta Velocidade.

NATUREZA: Trabalho de Conclusão de Curso.

AUTOR: Edson Toshiaki Ono.

ORIENTADOR: Antonio A. M. Fröhlich.

BANCA EXAMINADORA: Marcelo T. Pereira.

BANCA EXAMINADORA: José Mazzucco Jr.

BANCA EXAMINADORA: Mario A. R. Dantas.

PALAVRAS-CHAVE: Redes sem fio, Wireless, IEEE 802.11, IEEE 802.16.

Florianópolis, 04 de Julho de 2004.

## **Folha de Aprovação.**

Entidade: **Universidade Federal de Santa Catarina.**

Curso: **Ciências da Computação.**

Título: **Implantação de Rede Wireless de Alta Velocidade.**

Autor: **Edson Toshiaki Ono.**

Matricula: **9913218-4.**

Coordenador: **Antonio A. Medeiros Fröhlich.**

Membros da banca examinadora: **Marcelo T. Pereira, José Mazzucco Jr. e  
Mario A. R. Dantas.**

Local/Data: **Florianópolis, julho de 2004.**

-----  
Autor: **Edson Toshiaki Ono.**

Data:    /    / 2004.

-----  
Coordenador: **Antonio A. Medeiros Fröhlich.**

Data:    /    / 2004.

-----  
Membro da banca: **Marcelo T. Pereira.**

Data:    /    / 2004.

-----  
Membro da Banca: **José Mazzucco Jr.**

Data:    /    / 2004.

-----  
Membro da Banca: **Mario A. R. Dantas.**

Data:    /    / 2004.

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço a Deus, ao Corinthians e aos meus pais.

Agradeço ao professor Fröhlich, por ter me orientado na elaboração deste trabalho de conclusão de curso, por possibilitar que eu me integrasse ao Laboratório de Integração Software Hardware e por me auxiliar na busca por recursos que pudessem financiar o projeto.

Agradeço a todos os componentes da banca, Marcelo, por ter dado início a esse projeto e também pelas orientações, professores Mazzucco e Dantas, por terem contribuído para a melhoria deste trabalho.

Por fim, agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina, que, em meio a tantas greves e paralisações, proporcionou a mim uma boa formação acadêmica.

## **Resumo**

Considerado por muitos como uma revolução, a Internet vem adquirindo cada vez mais importância na vida das pessoas. Surge, então, a necessidade de se aperfeiçoar esse tipo de serviço e, sobretudo, de diminuir custos para que mais e mais pessoas possam ter acesso a essa tecnologia de comunicação.

Desta forma, este trabalho visa mostrar a importância de se implantar uma infraestrutura de rede Wireless na Universidade Federal de Santa Catarina, apresentando as tecnologias existentes e os benefícios que podem ser obtidos com o seu uso.

**Palavras-chave:** tecnologia de comunicação, wireless.

## ***Abstract***

*Considered by many people as a revolution, the Internet is getting every more importance in everyone's life. Therefore, there's a growing need to improve this kind of service and, over all, to reduce costs so that more people can have access to this communication technology.*

*In this way, this work aims to show the importance of to implement a wireless network infrastructure at Federal University of Santa Catarina, presenting the technologies and the benefits obtained with its use.*

***Keywords:*** *communication technology, wireless.*

# Sumário

Resumo	4
<i>Abstract</i>	5
Sumário	6
Lista de Ilustrações	9
Lista de abreviaturas e siglas	11
1- Introdução	13
1.1 - Tema	13
1.2 - Limitações	16
1.3 - Objetivo Geral	17
1.4 - Objetivos Específicos	17
1.5 - Motivação	20

1.6 – Benefícios	23
2 – Redes Wireless	24
2.1 - Problema	24
2.2 – Tecnologias	25
2.2.1 – IEEE 802.11	25
2.2.2 – IEEE 802.11 a	28
2.2.3 – IEEE 802.11 b	30
2.2.4 – IEEE 802.11 g	32
2.2.5 – IEEE 802.16	34
3 - Metodologia de Trabalho	38
4 – Implantação	40
4.1 - Escolha das tecnologias	40
4.2 - Mapeamentos	41



4.3 - Materiais e Equipamentos	43
4.4 - Testes, Segurança e Operacionalização	48
5 - Conclusões	51
6 - Trabalhos Futuros	53
Referências Bibliográficas	54
APÊNDICE - Implantação de Rede Wireless de Alta Velocidade (artigo)	62
ANEXO - RESOLUÇÃO No 365, DE 10 DE MAIO DE 2004 - Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita.	78

## Lista de Ilustrações

Figura 1 - Pesquisa sobre setores que empregam tecnologia Wireless [45].	14
Figura 2 - Relação do 802.11 com o modelo ISO/OSI [14].	25
Figura 3 - Relação do 802.11 com outros protocolos [9] [31].	26
Figura 4 - Camadas PHY e MAC [14].	26
Figura 5 - Ortogonalidade de várias frequências [32].	28
Figura 6 - Comparação entre FDM e OFDM [32].	29
Figura 7 - Topologia Infrastructure [33].	30
Figura 8 - Topologia Ad Hoc [33].	31
Figura 9 - Gráfico relacionando taxa de transmissão e alcance [50].	33
Figura 10 - Comparativo entre Standards IEEE 802.11 [40].	33
Figura 11 - Relação com outros Standards IEEE 802 [26].	34
Figura 12 - Standards separados por abrangência da rede [27].	36
Figura 13 - Transmissão ocorre mesmo sem visada direta [27].	37
Figura 14 - Campus da Universidade Federal de Santa Catarina [48].	41
Figura 15 - Broadband Router [46].	43

Figura 16 - Cartão PCMCIA Wireless [47].	44
Figura 17 - Placa PCI Wireless [47].	44
Figura 18 - Adaptador USB Wireless [47].	44
Figura 19 - Antena Omni-direcional [49].	45
Figura 20 - Antena Direcional [49].	46
Figura 21 - Cabo RGC-213 [49].	46
Figura 22 - Cabo Pigtail [49].	46
Figura 23 - Centelhador [49].	47
Figura 24 - Conectores [49].	47
Figura 25 - Pesquisa sobre os maiores problemas com redes Wireless [45].	48
Figura 26 - Utilização do algoritmo RC4 [33].	49
Figura 27 - Esquema da rede em operação [36].	50
Figura 28 - Roaming [19].	53

## **Lista de abreviaturas e siglas**

AP - *Access Point.*

DSSS - *Direct Sequence Spread Spectrum.*

FCC - *Federal Communications Commission.*

FHSS - *Frequency Hopping Spread Spectrum.*

GHz – GigaHertz.

IEEE - *The Institute of Electrical and Electronics Engineers.*

IR - *Infrared.*

ISM - *Industrial Scientific and Medical.*

LANs - *Local Area Networks.*

LISHA - *Laboratório de Integração Software Hardware.*

MB – Mega bits

NPD - *Núcleo de Processamento de Dados.*

QoS - *Quality of Service.*

WEP - *Wired Equivalent Privacy.*

WiFi - *Wireless Fidelity.*

# 1 Introdução

## 1.1 Tema

Como estudante de graduação da Universidade Federal de Santa Catarina já a um bom tempo, tenho sentido a necessidade de ter acesso doméstico à Internet para complementar minha formação acadêmica, sobretudo por estar cursando Ciências da Computação. Desde trabalhos, pesquisas e, fundamentalmente, comunicação, são facilitados com o uso dessa tecnologia. Sabe-se que este serviço já é oferecido gratuitamente por esta instituição, porém, existem ainda taxas cobradas pelas companhias telefônicas como a chamada assinatura básica.

Apesar de recentemente o Congresso ter votado pelo fim dessa cobrança, a pressão feita por essas companhias prestadoras de serviço telefônico podem levar o Governo Federal a vetar tal medida.

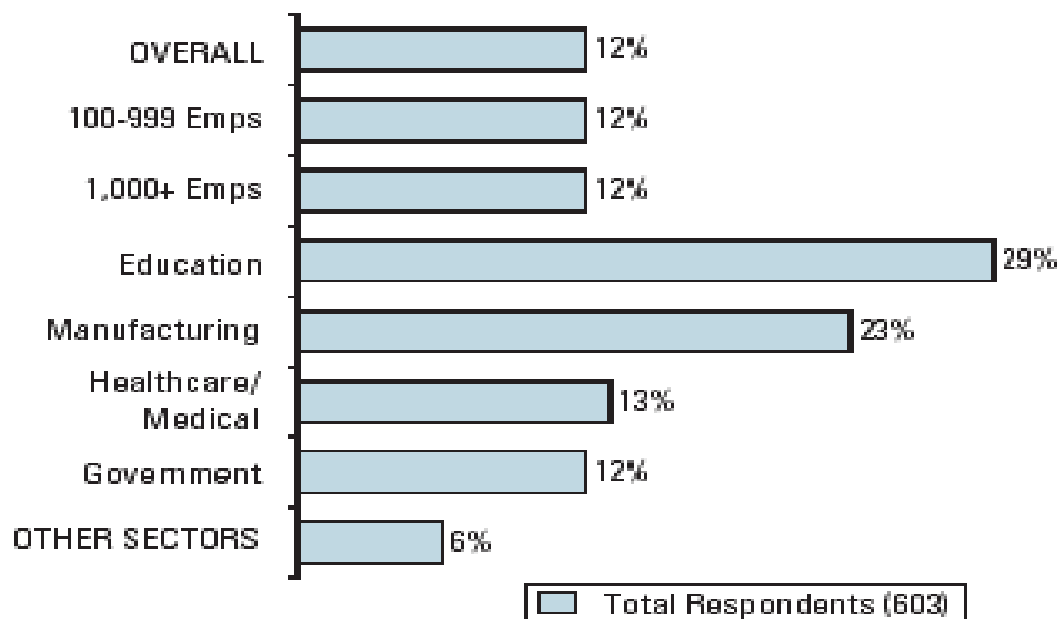
Outro problema do chamado acesso discado é que a velocidade de conexão é incompatível com as necessidades atuais. Estudantes e professores muitas vezes se vêem limitados quando, por exemplo, necessitam baixar um software ou determinado arquivo com dezenas de MB de tamanho. Isto, além de outros inconvenientes, tornam o serviço obsoleto.

O advento de tecnologias de transmissão de dados via ondas de rádio como padrão IEEE 802.11 ou WiFi causou uma verdadeira revolução na chamada computação móvel. Permitindo altas taxas de transmissão, facilidade de implantação e, sobretudo, com baixo custo quando relacionado com outras

tecnologias. Estas qualidades fizeram da tecnologia wireless um grande campo para pesquisa e desenvolvimento. Grandes empresas e instituições investem cada vez mais buscando expandir e aperfeiçoar tal tecnologia.

Importantes Universidades de todo o mundo estão criando suas infra-estruturas wireless, possibilitando, além do acesso móvel e doméstico gratuito à Internet para estudantes, realizar estudos relacionados á computação móvel.

Nos Estados Unidos, por exemplo, o setor educacional é o que mais vêm empregando tecnologia wireless, como mostra uma recente pesquisa feita pela NOP World Technology sob encomenda da Cisco Systems.



Base: All Respondents (603)

Figura 1 – Pesquisa sobre setores que empregam tecnologia Wireless [45].

A Universidade Federal de Santa Catarina, na condição de uma das melhores instituições de ensino do Brasil também possui infra-estrutura wireless, porém, ainda é muito limitada em relação a outras Universidades.



## 1.2 Limitações

Pensar em implantar uma infraestrutura de rede que suporte muitos usuários e com uma grande área de cobertura logo traz a idéia das limitações, sobretudo orçamentárias. Geralmente o custo para tal implantação é muito alto quando pensamos, por exemplo, em soluções de fibra ótica, o que tornaria inviável o projeto. Porém a possibilidade de usar a tecnologia wireless de baixo custo e o apoio e estrutura do LISHA – Laboratório de Integração Software Hardware, além da possibilidade de formar parcerias junto ao NPD – Núcleo de Processamento de Dados e iniciativas privadas, certamente permitirá que a rede seja implantada e disponibilizada.

Além do aspecto financeiro, destaca-se ainda a limitação geográfica decorrente do uso de antenas de radiotransmissão. Essas antenas devem ser posicionadas em locais onde não ocorram muitas interferências, seja devido a outras fontes de radiotransmissão seja por obstáculos físicos como prédios e morros. Neste caso, a topografia da cidade de Florianópolis (parte insular) traz uma grande facilidade que é o Morro da Cruz. Trata-se de uma localidade elevada e central em relação às regiões mais urbanizadas, permitindo que se instale ali uma antena de distribuição de sinal para os usuários.

### **1.3 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso é desenvolver um projeto piloto para a implantação de rede de acesso à Internet, utilizando tecnologia *Wireless*, realizar testes e otimizações e deixar a rede em condições de uso por estudantes e professores da UFSC, enfatizando, sobretudo, o baixo custo e a qualidade de serviço.

### **1.4 Objetivos Específicos**

O trabalho tem como objetivos específicos:

- estudar tecnologias de internet: os padrões IEEE 802.11 e IEEE 802.16, suas características, vantagens, desvantagens, comparação com outras tecnologias;
- observar a possibilidade de utilizar materiais de baixo custo para implantação da infra estrutura de rede;
- implantar uma rede que suporte o maior numero possível de usuários: apesar de ser um projeto piloto, para que seja avaliado a qualidade de serviço e desempenho espera-se que a rede tenha uma quantidade razoável de usuários;

- analisar o desempenho da rede: através de alguns softwares existentes para análise de desempenho de redes, fazer comparativos com redes convencionais, via *modem* ou cabo e com padrões existentes para avaliar redes ;
- manter a velocidade de acesso rápida e alcançar a maior distancia possível: evitar congestionamentos e quedas de rendimento além de atingir usuários cada vez mais distantes da antena central;
- manter a rede segura: avaliar protocolos e mecanismos de segurança para redes *wireless* e selecionar aqueles que possam garantir uma operacionalidade com mínimo possível de ataques e invasões, muito comuns em redes desse tipo;
- diminuir o efeito das interferências: procurar distanciar de outras antenas de radio e desviar de obstáculos físicos para que o sinal não seja prejudicado;
- manter a taxa de degradação de pacotes em níveis toleráveis: um problema comum para redes desse padrão é a alta taxa de degradação de pacotes que, espera-se, possa ser minimizados através de testes e modificações.
- disponibilizar a rede à estudantes e professores da UFSC, permitindo, além da ampliação do acesso doméstico á Internet existente, acesso móvel no Campus;

- possibilitar maiores estudos referentes à wireless, utilizando-se a infraestrutura criada para dar suporte à disciplinas como de Redes de Computadores e Redes Locais do INE.

## 1.5 Motivações

São inúmeras as motivações para este trabalho de conclusão de curso, das quais se destacam:

- Combater a chamada Exclusão Digital: hoje em dia discute-se constantemente este problema social onde cada vez mais a população mais pobre se distancia dos ricos, ficando marginalizados em relação à informação e, sobretudo, à educação. Desta maneira, espera-se contribuir com um recente plano do atual Ministério das Comunicações de prover acesso à Internet rápida para as escolas públicas do país, servindo como um modelo a ser adotado, com destaque ao baixo custo;
- Complementar os estudos através da Internet: com uma Internet mais veloz, os estudantes podem futuramente assistir a vídeos e receber outros materiais extras que possam ser disponibilizados pelos professores a fim de enriquecer e complementar o estudo em sala de aula;
- Motivar os estudantes através de acesso gratuito à Internet: a Internet é além de tudo uma opção de entretenimento, desta forma, as pessoas poderão baixar músicas e filmes (respeitando, é claro, eventuais direitos autorais) ou disputar jogos em rede e se motivar para o estudo;
- Contribuir com o desenvolvimento desta Universidade: pode ser um passo a mais que esta universidade dá em relação ao futuro, adequando-se a um

cenário internacional onde, em países como os Estados Unidos, as universidades já disponibilizam acesso rápido à Internet aos seus estudantes;

- Diminuir o sobrecarregamento do serviço via modem: atualmente estabeleceram-se novos limites de uso da rede via modem devido ao grande número de usuários. Com a rede sem fio, essa outra rede poderia ser “desafogada”, diminuindo tais limitações;
- Parte da infraestrutura já existente: tanto o LISHA quanto o NPD já possuem uma parte de infraestrutura necessária para se implantar este projeto, e atestar sua viabilidade;
- Baixo custo para implantação: com o uso de infraestrutura já existente e de materiais reutilizados, espera-se um custo final bem razoável.

Além dos motivos pessoais:

- Grande interesse na área de telecomunicações: trata-se de uma área em que tenho interesse tanto em pesquisa, onde surgem a cada momento novas tecnologias e soluções, quanto em trabalho, devido à sua importância e expansão em relação ao mercado de trabalho;

- Adquirir conhecimentos sobre tecnologias de redes sem fio: muito populares e difundidos, considero como essencial para a área de telecomunicação e espero que, ao final desse projeto, tenha não só noções teóricas como fundamentalmente práticas no assunto;
- Aprender sobre segurança em rede: a cada dia ocorrem inúmeros ataques à redes de computadores ligados à Internet, causando milhões em prejuízo para empresas e governos. Desta maneira, é muito importante ter conhecimentos sobre a questão da segurança em redes;
- Ter noções de *Quality of Service* (QoS): trata-se de um assunto amplamente discutido em congressos, onde se busca aprimorar o serviço para adequar-se às necessidades e exigências dos usuários;
- Utilização prática dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso: este trabalho é uma forma de testar parte do que se aprendeu para fixar e complementar os conhecimentos adquiridos;
- Possuir acesso à Internet com alta velocidade;
- Poder baixar arquivos e softwares com facilidade;

## 1.6 Benefícios

A implantação dessa rede *wireless* poderá resultar em inúmeros benefícios para estudantes, professores e servidores da Universidade Federal de Santa Catarina, bem como para a instituição em si.

Os estudantes, além de passarem a ter acesso à Internet de qualquer parte do campus utilizando dispositivos móveis como *laptops* ou *handhelds*, ganhariam uma nova alternativa de acesso doméstico à rede, gratuito e de alta velocidade.

Uma infra-estrutura de rede wireless poderia servir de apoio para disciplinas relacionadas com redes de computadores, possibilitando realização de experimentos e pesquisas.



## 2 Redes Wireless

### 2.1 Problema

Como foi dito anteriormente o acesso á Internet não é totalmente gratuito e a velocidade de transmissão não é satisfatória, além de que a rede existente geralmente está sobrecarregada devido ao grande numero de usuários em determinado período. Constituindo assim um grande problema já que os estudantes já contam com inúmeros outros gastos e necessitam de um acesso mais rápido e eficiente. Porém geralmente o custo para se implantar uma rede que possa responder a tais necessidades é muito elevado. Este projeto visa resolver exatamente esses problemas de alto custo de implantação, da velocidade de acesso e da gratuidade total para o estudante, além da questão da segurança em redes *Wireless*, das interferências e da degradação dos pacotes.

## 2.2 Tecnologias

### 2.2.1 IEEE 802.11 [21]

O padrão IEEE 802.11 começou a ser criado com a formação de um grupo de trabalho em 1991 com o objetivo de acrescentar uma nova camada física e de Data Link ao modelo ISO, dessa forma provendo Ethernet sobre radiofrequência. A primeira versão do IEEE 802.11 foi lançada em 1995.

Abaixo, as figuras mostram a relação com o modelo ISO/OSI e com outros protocolos:

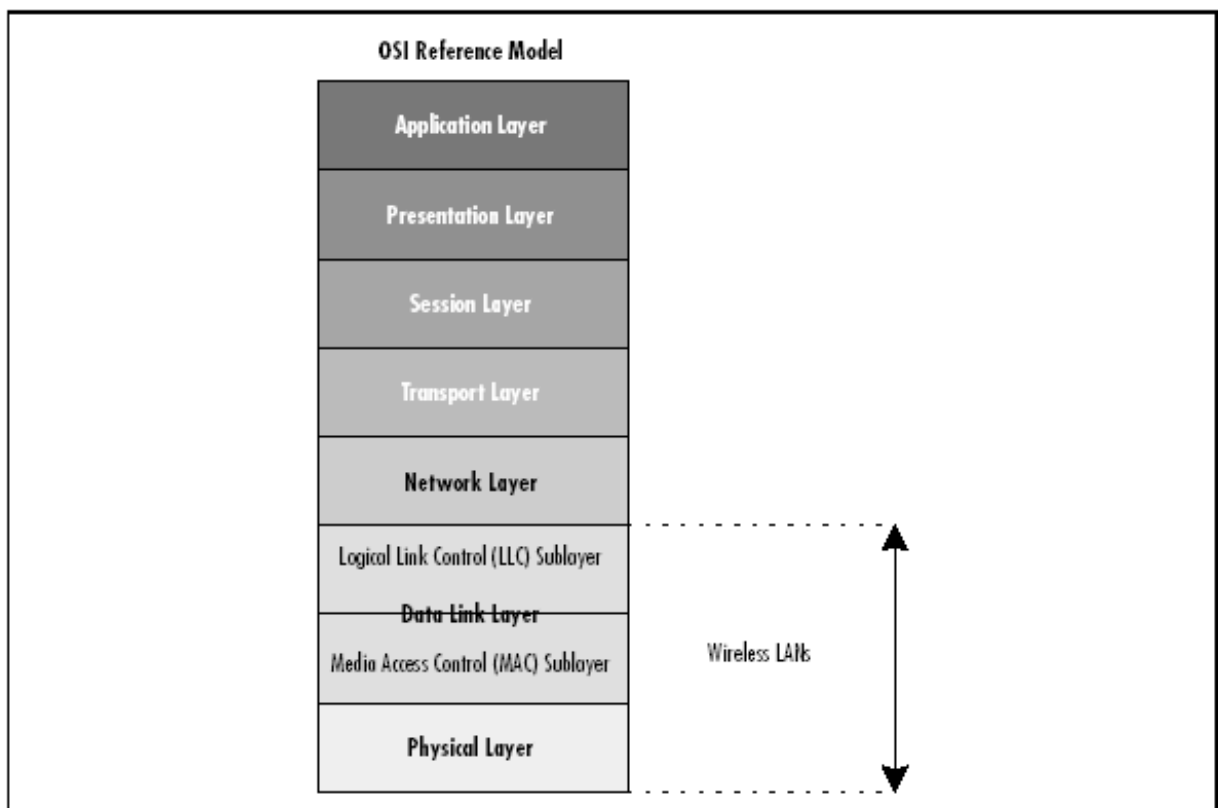


Figura 2 – Relação do 802.11 com o modelo ISO/OSI [14].

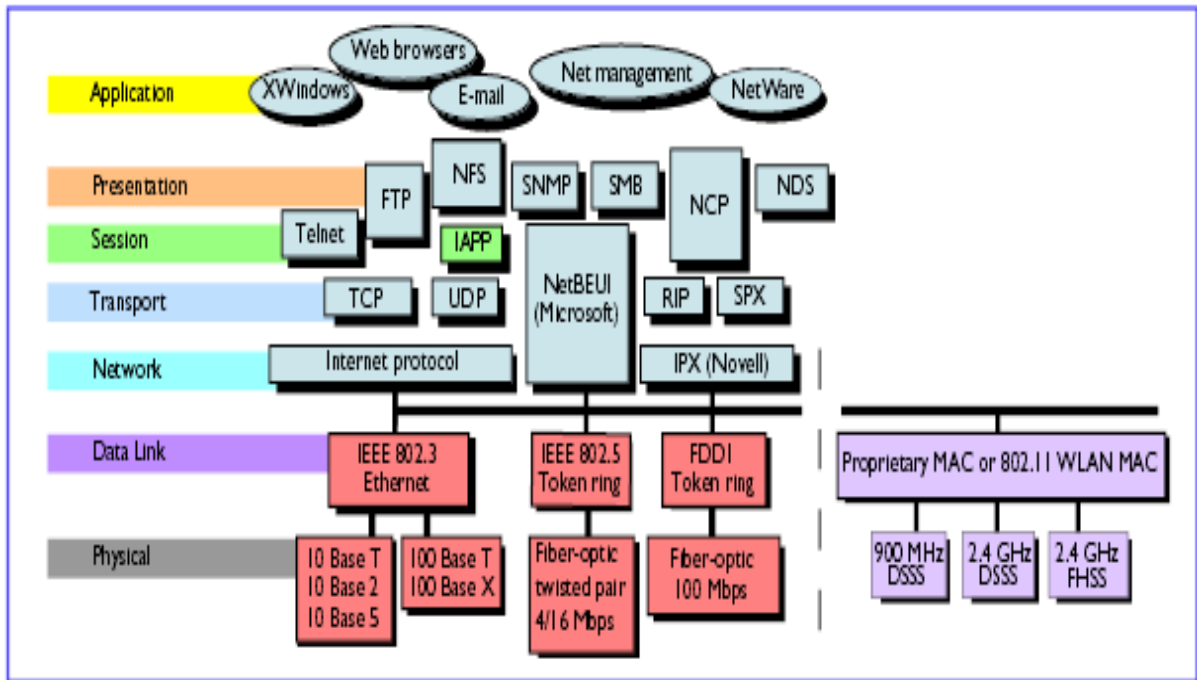


Figura 3 – Relação do 802.11 com outros protocolos [9] [31].

O 802.11 especifica operações nas camadas PHY e MAC como mostra a figura seguinte:

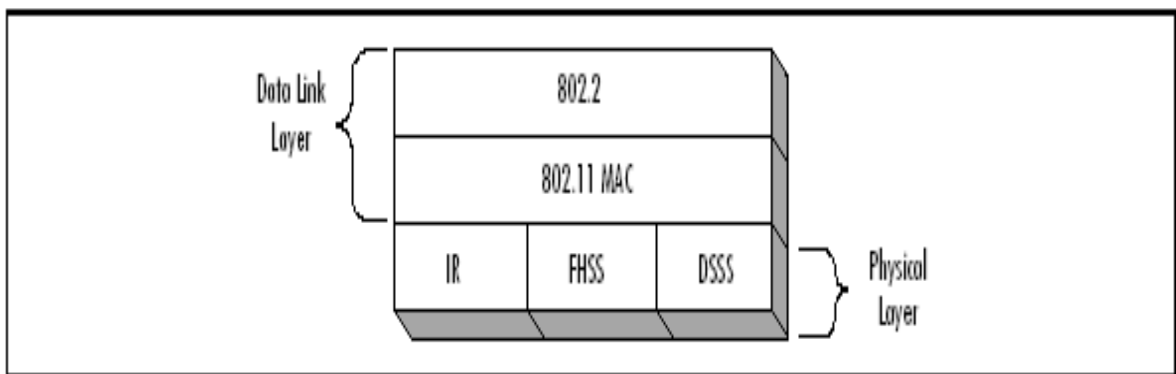


Figura 4 – Camadas PHY e MAC [14].

Seguindo tendência [43] de standards como Ethernet, que oferece opções como 10BaseT, 10Base5, e outros, existem três alternativas pra a camada PHY no padrão IEEE 802.11:

- **FHSS** - Frequency-Hopping Spread Spectrum ;
- **DSSS** - Direct-Sequence Spread Spectrum;
- **IR** - Infrared.

### 2.2.2 IEEE 802.11 a [22]

O padrão IEEE 802.11 a, lançado em 1999, utiliza uma técnica de modulação conhecida pela sigla OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

O FDM (Frequency Division Multiplexing) consiste em utilizar múltiplos sinais portadores simultaneamente através de um único caminho para transmitir dados. Os sinais viajam por um único intervalo de frequência modulado pelos dados. Para evitar interferências ocorre o uso de parte da banda para garantir isolamento entre frequências.

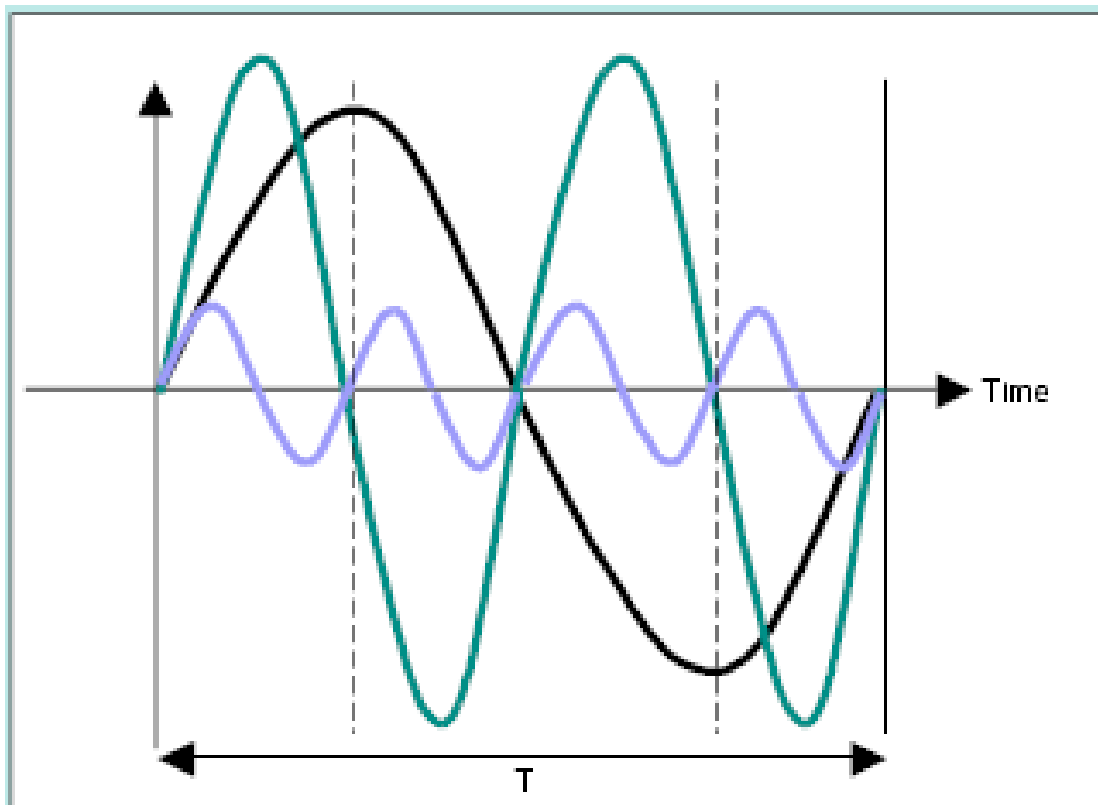
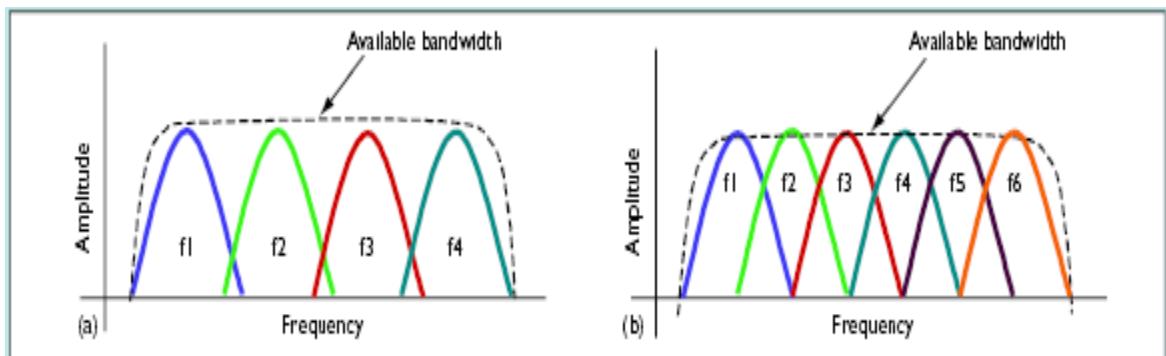


Figura 5 - Ortogonalidade de várias frequências [32].

A técnica OFDM possibilita um uso mais eficiente e otimizado da largura de banda alocada através da distribuição dos dados por múltiplos portadores com espaçamento preciso.

Desta forma, cada portadora é identificada de forma única, eliminando a necessidade de reservar parte da banda para isolamento.



(a) Frequency division multiplexing (b) Orthogonal frequency division multiplexing.

Figura 6 – Comparação entre FDM e OFDM [32].

O IEEE 802.11a utiliza frequência de 5 GHz conhecida como Universal Networking Information Infrastructure (UNII) através de 12 canais e pode atingir taxas de transmissão de 54 Mbps.

A grande vantagem do IEEE 802.11a é o uso dessa frequência, já que não ocorrem tantas interferências como nos padrões que utilizam 2.4 GHz.

Por utilizar a técnica OFDM, o IEEE 802.11a não possui compatibilidade com o padrão IEEE 802.11b que será apresentado a seguir.

### 2.2.3 IEEE 802.11 b [23]

Em julho de 1999 a IEEE ratificou o padrão IEEE 802.11 b, uma nova extensão do IEEE 802.11.

Utilizando o Direct-Sequence Spread Spectrum (DSSS) e a técnica de modulação Complementary Code Keying (CCK), o IEEE 802.11 b opera na frequência de 2.4 GHz, conhecida como Industrial Scientific and Medical (ISM) que não necessita de licença para utilização.

A taxa de transmissão pode atingir 11 Mbps com fallback para 5.5, 2 e 1 Mbps.

Existem basicamente dois tipos de topologia de rede: infrastructure network e ad hoc network., como ilustrado pelas seguintes figuras:



Figura 7 – Topologia Infrastructure [33].



Figura 8 – Topologia Ad Hoc [33].



#### **2.2.4 IEEE 802.11 g [24]**

Lançado em Junho de 2003, o padrão IEEE 802.11 g vêm se tornando a solução wireless substituta do IEEE 802.11 b em termos de aceitação e popularidade.

Podendo atingir taxas de transmissão de até 54 Mpps, este padrão também opera na frequência ISM sem licença, como o IEEE 802.11 b.

Um dos fatos pela qual se explica a rápida aceitação deste padrão pelo mercado é a compatibilidade com o draft b, já que, além da técnica de modulação OFDM, o IEEE 802.11 g também pode utilizar o CCK.

No OFDM, a taxa de transmissão atinge 54 Mbps, com fallback para 48, 36, 24, 18, 12, 9 e 6 Mbps. Já utilizando CCK, a taxa atinge 11 Mbps, com fallback para 5.5, 2 e 1 Mbps.

O padrão IEEE 802.11 g apresenta um rendimento melhor sobre os padrões IEEE 802.11 anteriores na questão da taxa de transmissão por distância alcançada, como ilustrado a seguir:

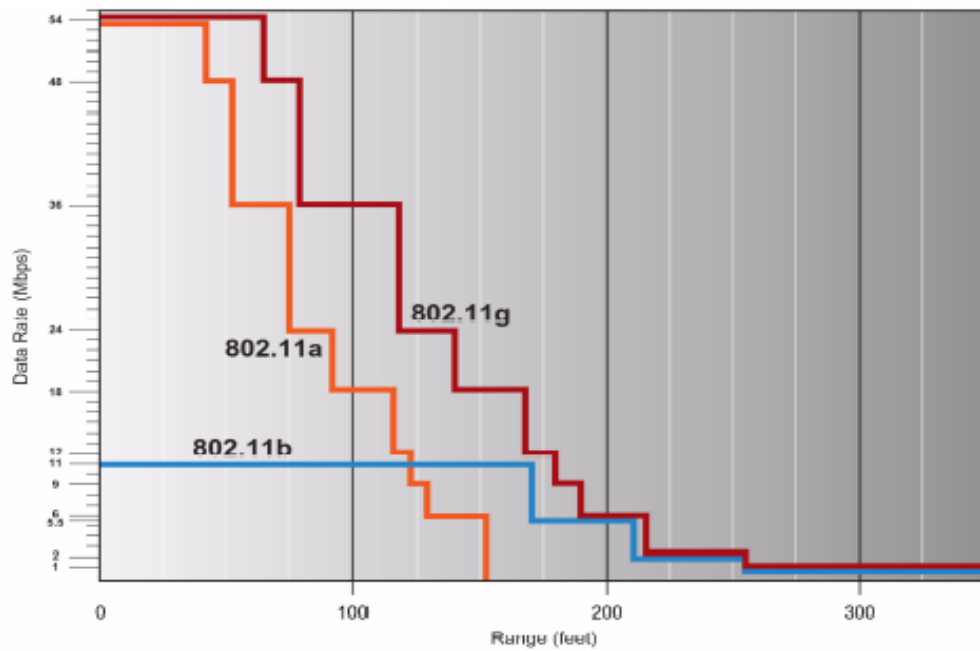


Figura 9 – Gráfico relacionando taxa de transmissão e alcance [50].

A figura seguinte mostra um comparativo entre os padrões IEEE 802.11, IEEE 802.11 a, IEEE 802.11 b e IEEE 802.11 g, evidenciando novamente a superioridade desta última quando levados em conta, além da taxa de transmissão, compatibilidade e uso de frequência ISM.

Standard	Spectrum	Maximum physical rate	Layer 3 data rate	Transmission	Compatible with	Major disadvantage	Major advantage(s)
802.11	2.4 GHz	2 Mbps	1.2 Mbps	FHSS/DSSS	None	Limited bit rate	Higher range
802.11a	5.0 GHz	54 Mbps	32 Mbps	OFDM	None	Smallest range of all 802.11 standards	Higher bit rate in less-crowded spectrum
802.11b	2.4 GHz	11 Mbps	6-7 Mbps	DSSS	802.11	Bit rate too low for many emerging applications	Widely deployed; higher range
802.11g	2.4 GHz	54 Mbps	32 Mbps	OFDM	802.11/ 802.11b due to narrow spectrum	Limited number of colocated WLANs higher range than 802.11a	Higher bit rate in 2.4-GHz spectrum

Figura 10 – Comparativo entre Standards IEEE 802.11 [40].

### 2.2.5 IEEE 802.16 [25]

Também conhecido como WiMax (Worldwide Interoperability of Microwave Access), o padrão IEEE 802.16 provavelmente substituirá muitas das tecnologias de meio de transmissão “wired” utilizadas nos dias de hoje como, por exemplo, cabos coaxiais e fibra óptica.

Este padrão, que têm grandes empresas como Intel Corporation, Fujitsu Microelectronics America e Nokia à frente de seu desenvolvimento, vêm sendo considerado por muitos como a banda larga sem fios, quebrando muitas barreiras que hoje existem em relação ao DSL e ao cabo como apresentado em [29].

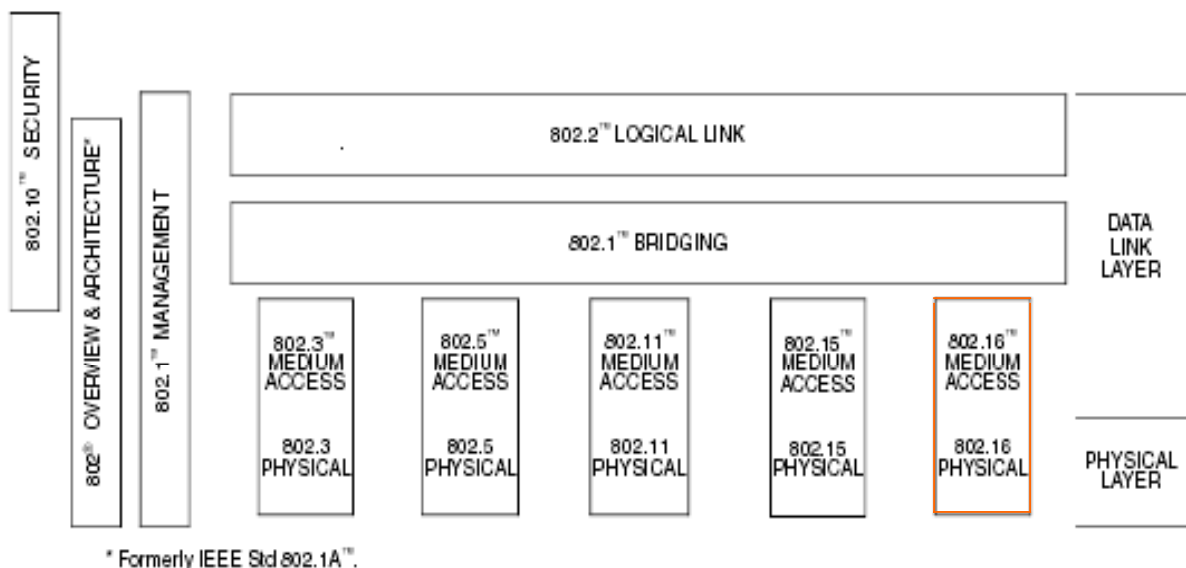


Figura 11 – Relação com outros Standards IEEE 802 [26].

Este padrão define a especificação de interface aérea do Wireless MAN (Metropolitan Area Network). Seu funcionamento ocorre de forma similar aos

sistemas celulares. Estações base (BSs – Base Stations) transmitem os sinais que são captados por estruturas como as de TV via satélite, localizados próximo ao cliente. A partir daí, ocorre o roteamento através de uma conexão Ethernet padrão diretamente ao cliente.

Destacam se como algumas das principais características do padrão WiMax:

- frequências de operação entre 2 GHz e 11 GHz (802.16 a [26]);
- alcances superiores a 50 quilômetros (31 milhas);
- taxas de transmissão a partir de 70 Mbps;
- eficiência espectral acima de 5 bits/segundo/Hz;
- qualidade de serviço incorporado;
- suporte para voz e vídeo.

O protocolo MAC do IEEE 802.16 foi projetado para acessos ponto-a-multiponto [12].

É importante ressaltar que quando se fala de IEEE 802.16, está se falando de Metropolitan Area Network (MAN), [8] diferentemente dos padrões IEEE 802.11, destinados á Local Area Network (LAN) como mostra a figura seguinte:

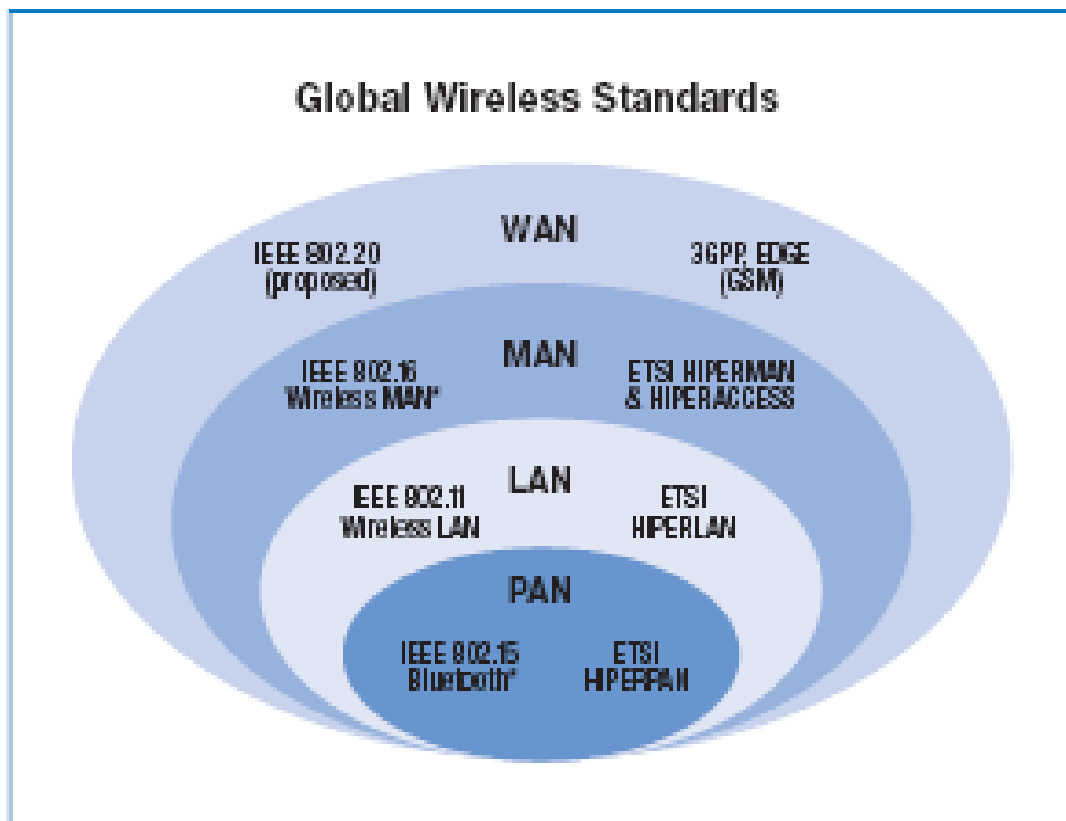


Figura 12 – Standards separados por abrangência da rede [27].

Uma outra característica deste padrão é a possibilidade de ter acesso à rede “non line-of-sight” (sem visada direta), ou seja, mesmo que haja obstáculos entre as antenas do emissor e do receptor, a transmissão ocorre normalmente como ilustrado a seguir:

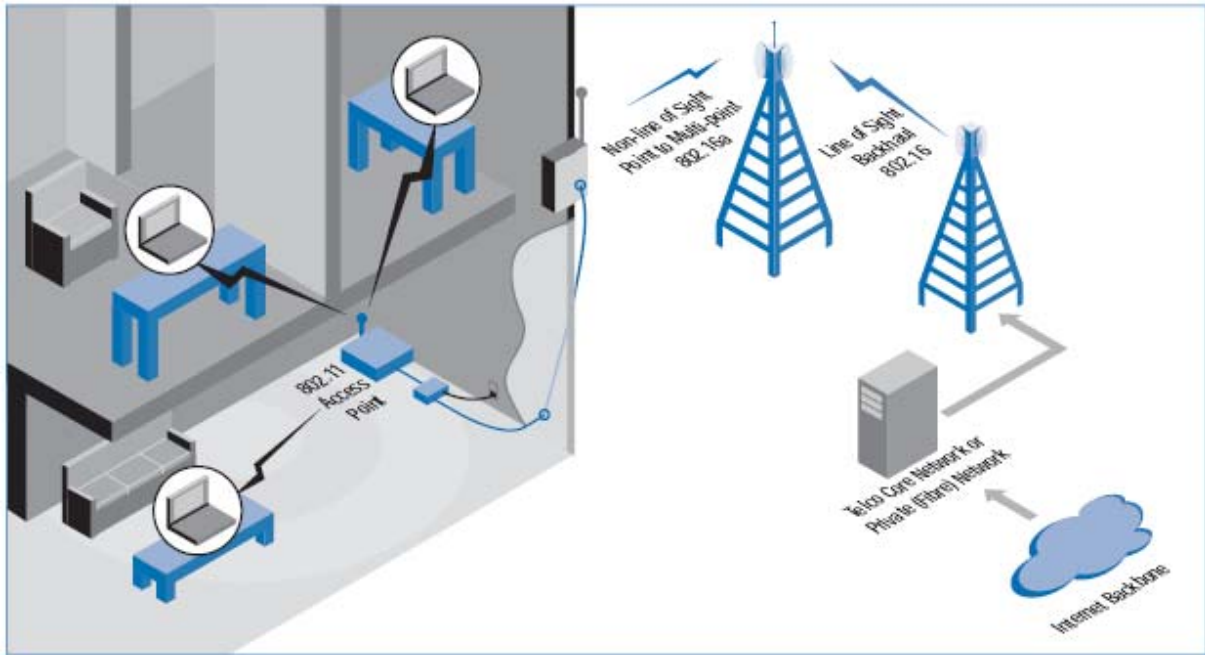


Figura 13 – Transmissão ocorre mesmo sem visada direta [27].

### 3 Metodologia de Trabalho

A metodologia que pode ser adotado na implantação da rede wireless é semelhante ao usado no desenvolvimento de um protótipo já que este trabalho é um projeto piloto.

**Pesquisa, Revisão, Referencial Bibliográfico:** estudo dos padrões de tecnologias de rede sem fio, comparação entre elas a partir do levantamento de características, apresentando exemplos de uso das tecnologias.

**Modelo Conceitual:** esquematização da rede, topologia, escolha dos equipamentos, posicionamento das antenas, definição dos *links* e enlaces, esquematização da estrutura das antenas.

**Protótipo:** estabelecimento de um *link* inicial entre dois pontos.

**Testes:** verificação da eficiência das antenas seu posicionamento e possíveis interferências, verificação da velocidade de transmissão, verificação da degradação dos pacotes, verificação das distâncias alcançáveis, verificação da segurança da rede.

**Implantação:** implantação dos demais *links*.

**Avaliação:** avaliar o desempenho da rede completa quanto ao: alcance, degradação, interferências, velocidade e segurança.

**Operacionalização:** disponibilizar a rede operacional e estável para os usuários.

**Conclusões e Documentação:** Elaborar o relatório completo do trabalho bem como sua apresentação com as conclusões finais.



## **4 Implantação**

### **4.1 Escolha das tecnologias**

Como foi mostrado anteriormente existem diversas tecnologias wireless com diferenças significativas de desempenho.

É importante que a tecnologia escolhida agregue boas soluções de segurança e também de qualidade de serviço.

Para a implantação de um hot spot, a tecnologia mais adequada atualmente seria o padrão IEEE 802.11g por utilizar banda ISM, ter boa taxa de transmissão e, principalmente, por ser compatível com o padrão IEEE 802.11 b, o mais utilizado atualmente.

Já, pensando em uma questão mais ampla, como interconectar os vários hot spots ao backbone, não só os que encontrariam-se dentro do campus mas também os que vierem a ser implantados em escolas e repartições públicas espalhadas pela Ilha de Santa Catarina, a tecnologia que poderia ser adotada é o IEEE 802.16a.

Neste padrão, destaca-se, além do grande alcance e boa taxa de transmissão, a não necessidade de haver visada direta entre o transmissor e o receptor, ou seja, mesmo existindo obstáculos entre os pontos, a transmissão ocorre normalmente. Outro ponto de destaque é o suporte à qualidade de serviço, mais conhecido como QoS.

## 4.2 Mapeamentos

Para o projeto de cobertura do campus, primeiramente é necessário o mapeamento da infraestrutura “*wired*” existente para aproveitar sua ligação com o backbone. Isto facilitaria muito a instalação dos pontos de acesso já que nestes casos não haveria a necessidade de usar uma outra conexão sem fio.



Figura 14 – Campus da Universidade Federal de Santa Catarina [48].

Em seguida devem ser mapeados os prédios onde ficam as salas de aula e locais de maior frequência de pessoas, sendo estes pontos referência para maior intensidade de sinal na hora de posicionar as antenas.

No caso de se utilizar tecnologia IEEE 802.16, não haveria necessidade de se mapear possíveis obstáculos, já que, como explicado anteriormente, a transmissão ocorre mesmo sem visada direta entre os pontos.

### 4.3 Materiais e Equipamentos

Para a implantação de um Hot Spot ou rede local wireless com o padrão 802.11g, basicamente utiliza-se um Access Point ou um Broadband Router para servir de ponte entre a rede wired e a rede wireless, como mostra a figura seguinte.



Figura 15 – Broadband Router [46].

Deve se observar principalmente a questão da segurança, ou seja, quais tecnologias de segurança de rede o dispositivo oferece.

Outro cuidado a se tomar é a questão da compatibilidade. Apesar dos dispositivos terem informações de que seguem os padrões IEEE, pode ocorrer conflitos entre dispositivos de fabricantes diferentes.

Do ponto de vista do usuário, será necessário um cartão wireless PCMCIA, placa PCI ou USB para se conectar à rede Wireless:



Figura 16 – Cartão PCMCIA Wireless [47].



Figura 17 – Placa PCI Wireless [47].



Figura 18 – Adaptador USB Wireless [47].

Para o caso de Hot Spots, a antena a ser utilizada deverá ser Omni-direcional:



Figura 19 – Antena Omni-direcional [49].

Estas antenas permitem que se cubra uma área muito maior do que quando se utiliza as antenas vindas de fábrica com os Access Points.

Para o caso de se ter um acesso doméstico, a antena utilizada seria a direcional como mostrado a seguir:



Figura 20 – Antena Direcional [49].

Uma boa antena direcional pode permitir que se conecte pontos distantes em alguns quilômetros, mesmo utilizando tecnologia de redes locais como o IEEE 802.11 g.

Além do Access Point e das antenas, serão necessários também cabos, centelhadores e conectores:



Figura 21 – Cabo RGC-213 [49].



Figura 22 – Cabo Pigtail [49].



Figura 23 – Centelhador [49].



Figura 24 – Conectores [49].

É importante ressaltar que seja na escolha de equipamentos, seja na implantação da rede wireless, tudo esteja em conformidade com a legislação vigente.

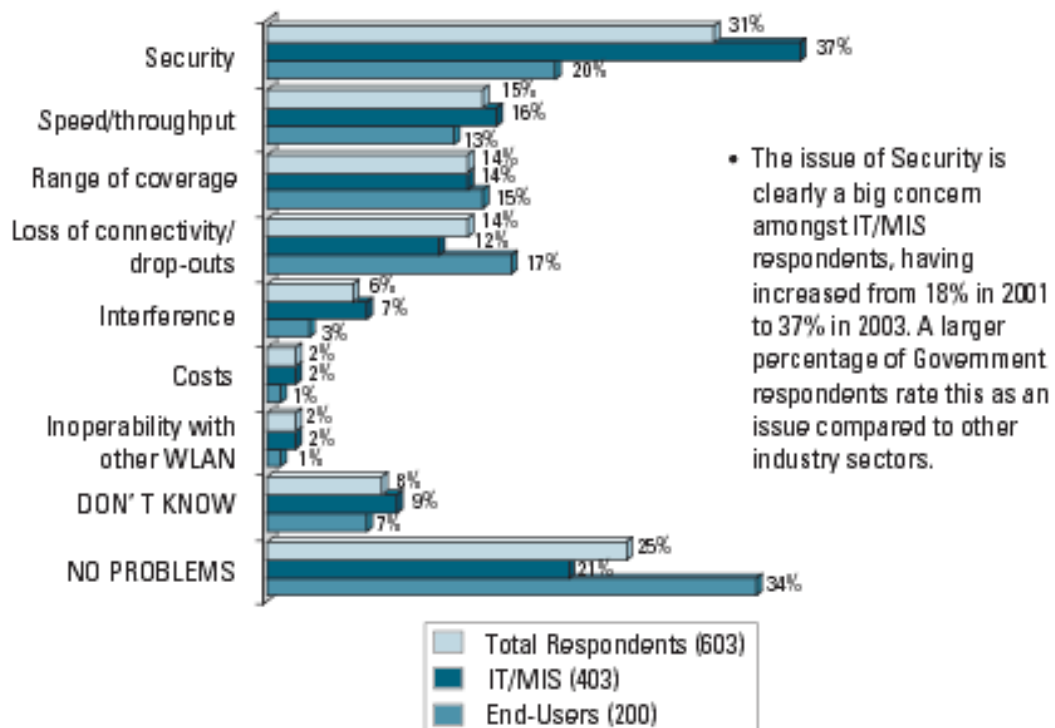
A mais recente regulamentação sobre o uso da radiofrequência para transmissão de dados, a RESOLUÇÃO No 365, DE 10 DE MAIO DE 2004 [4], encontra-se anexo à este trabalho de conclusão de curso.



## 4.4 Testes, Segurança e Operacionalização

Durante e após a instalação dos equipamentos e antenas, é necessário que uma bateria de testes seja aplicada para minimizar problemas comuns quando o assunto é wireless. Questões como interferências, melhor localização das antenas, latência e perda de pacotes devem ser destacados.

Outro ponto muito importante quando o assunto é wireless, é a questão da segurança como mostrou uma pesquisa encomendada pela Cisco Systems, já citada anteriormente.



Q: What problems or issues do you have with wireless LANs?

Base: All Respondents (603)

Figura 25 - Pesquisa sobre os maiores problemas com redes Wireless [45].

Devido á essa importância o IEEE formou o Task Group i para que fosse desenvolvido o Standard IEEE 802.11i voltado á protocolos de segurança de redes wireless.

O padrão WiFi mais comum utiliza o chamado Wired Equivalency Protocol (WEP). É uma técnica de criptografia que pode utilizar estruturas de chaves de 40 e 128 bits.

O algoritmo utilizado é o RC4 como ilustra a figura a seguir:

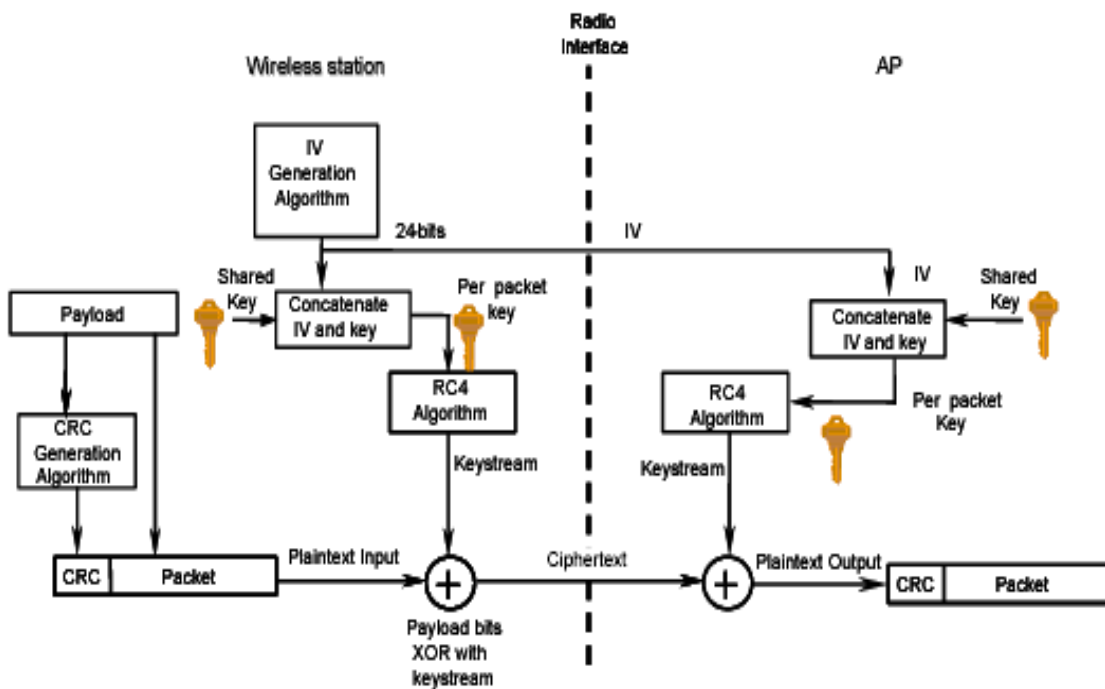


Figura 26 – Utilização do algoritmo RC4 [33].

Finalmente, após os testes e cuidados com segurança deverá ser colocado em operação a rede, cobrindo não só o campus da Universidade Federal de Santa Catarina, como também áreas distantes da região central de Florianópolis. Desta

forma possibilitaria que escolas e instituições públicas, mesmo em áreas rurais possam ter acesso à Internet e seus inúmeros benefícios.

O esquema seguinte é baseado em uma figura extraída de [36], mostrando como seria a rede já implantada:

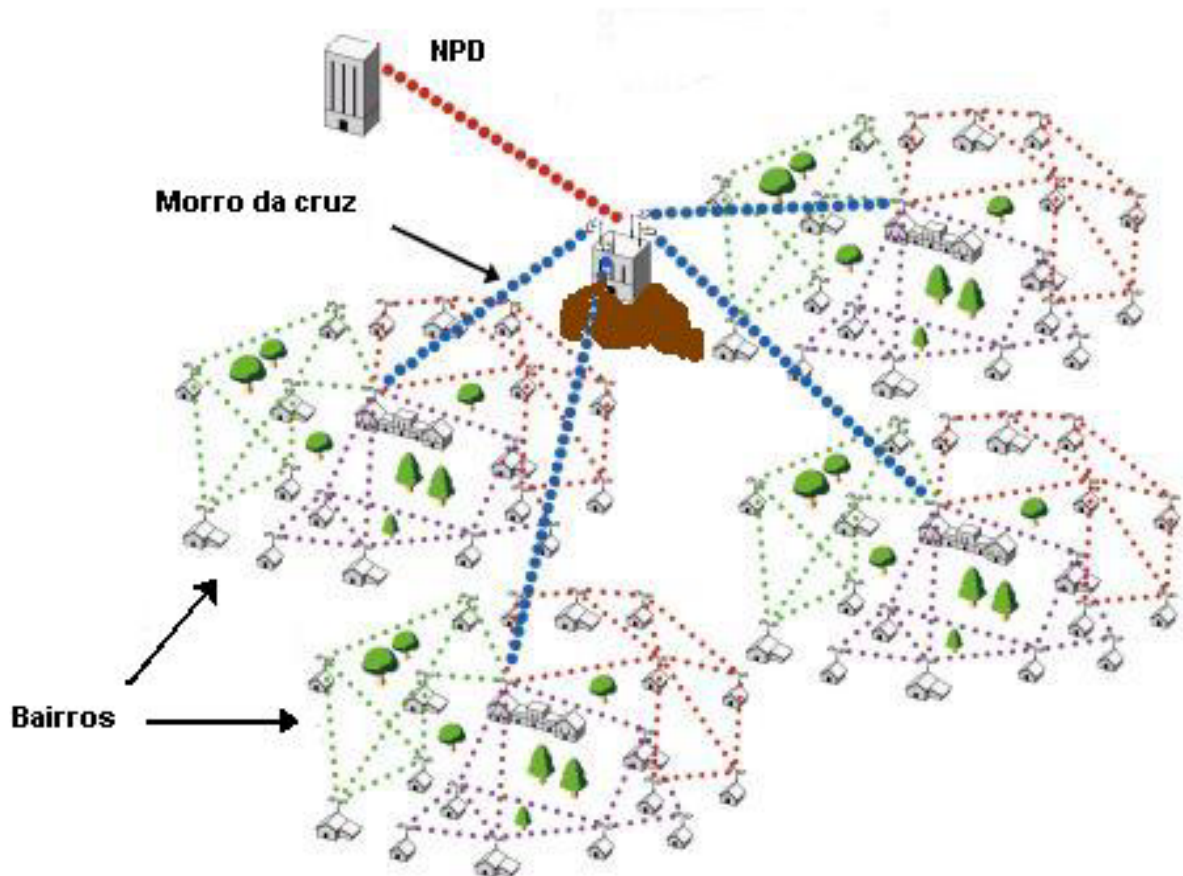


Figura 27 – Esquema da rede em operação [36].

## 5 Conclusões

Entre as várias conclusões que poderiam ser tomadas ao término desse Trabalho de Conclusão de Curso, destaco os inúmeros benefícios que poderiam ser obtidos com a implantação da infraestrutura de rede wireless na Universidade Federal de Santa Catarina. O acesso doméstico à Internet ganharia uma nova alternativa, de baixo custo e de boa qualidade. Também poderia se acessar a rede de qualquer ponto do campus, através de Notebooks, Laptops e PDAs, sem perder a mobilidade.

Outro destaque foi a dificuldade de se obter financiamento para projetos dessa natureza. Na tentativa de se implantar uma infraestrutura de rede wireless, propostas foram submetidas para programas de financiamento de projetos da própria universidade, porém, ocorreram muitos imprevistos que impossibilitaram uma possível aprovação.

Uma alternativa buscada então foi a iniciativa privada. A empresa consultada foi a Intel, devido ao seu interesse por tecnologias de redes sem fio e sua forte participação nos principais grupos de trabalho para padronização de novas tecnologias wireless.

Neste caso, o problema foi que existia uma limitação nos investimentos dessa empresa destinados ao Brasil, onde já havia comprometimentos com outras instituições, o chamado ‘Wireless Competence Network’ composta, entre outras, pela USP e pela Unicamp.

Não restando alternativas, a abordagem desse Trabalho de Conclusão de Curso teve de ser mais teórica, apresentando os benefícios de se implantar uma infraestrutura de rede wireless.

No decorrer dos meses em que este trabalho foi elaborado, pesquisando o cenário atual em relação às redes de computadores, mais se evidenciou a necessidade de uma instituição da importância da UFSC de possuir domínio sobre novas tecnologias de redes sem fio como o 802.16. Mantendo-se assim, se não em um mesmo patamar, mas o mais próximo possível das melhores instituições de ensino e pesquisa do mundo.

Como um balanço final, concluo que foi muito importante a elaboração deste Trabalho de Conclusão de Curso, seja do ponto de vista da agregação de conhecimentos teóricos em relação às tecnologias de rede sem fio, seja do ponto de vista prático, na difícil tentativa de encontrar apoio e financiamento para implantar o projeto.

Dessa forma, encerro a participação no curso de Bacharel em Ciências da Computação da Universidade Federal de Santa Catarina com a certeza de estar contribuindo para a melhoria desta instituição, e, na expectativa de que a infraestrutura de rede Wireless venha a ser implantada, beneficiando futuros estudantes, professores e a comunidade universitária em geral.

## 6 Trabalhos Futuros

Como sugestões de trabalhos futuros ficam estudos relacionados com tecnologia wireless, sobretudo na área de redes metropolitanas sem-fio. Destacando-se aí o padrão IEEE 802.16.

Devido ao surgimento de muitas tecnologias de transmissão sem-fio, um tema que vêm se destacando muito é a questão do *roaming*, ou seja, poder locomover-se de uma área coberta por uma rede, para outra, sem que se perca a conexão, mesmo que tecnologias distintas estejam empregadas em cada uma das áreas [42].

A ilustração seguinte ilustra o *roaming* de uma rede para outra:

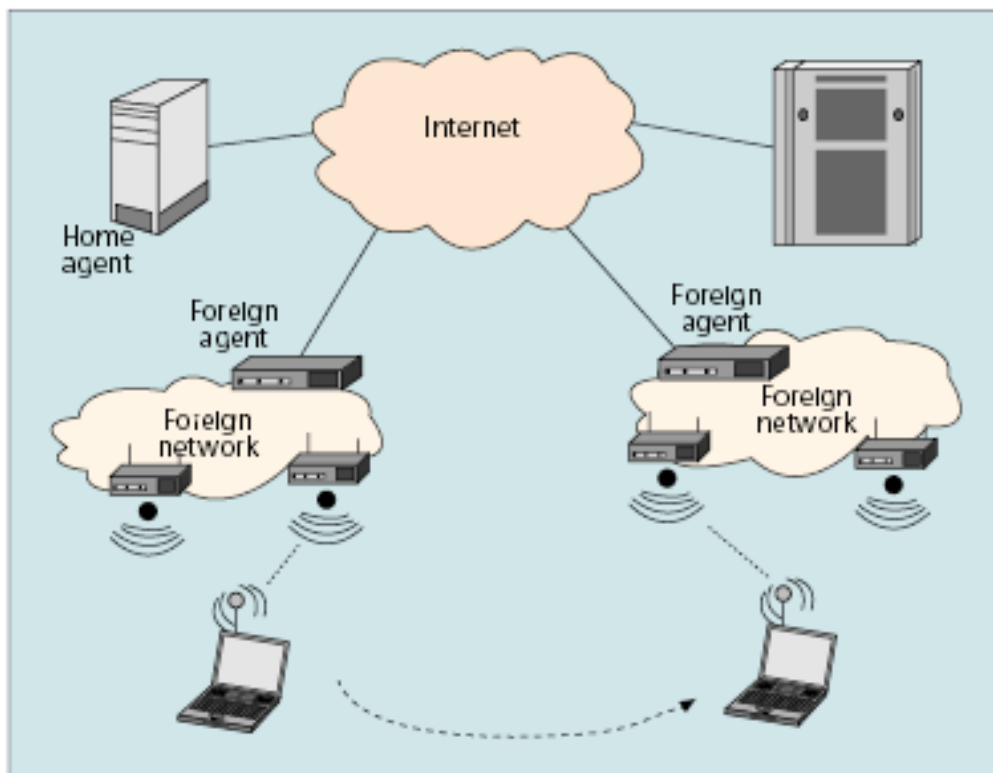


Figura 28 – Roaming [19].

## Referências Bibliográficas

- [1] A.Aziz; W. Diffie. Privacy and Authentication for Wireless Local Area Networks. *IEEE Personal Communications*.1994. páginas:25-31.
- [2] Angelopoulos, E. S.; Stratakos, Y. E.; Kostaridis, A. I.; Kaklamani, D. I.; Uzunoglu, N. K. Multiband miniature coplanar waveguide slot antennas for GSM-802.11b and 802.11b-802.11a wireless applications. *Wireless Communications and Networking*, 2003. WCNC 2003. 2003 IEEE, Vol.1, Iss., 16-20 Mar. 2003. Páginas:103-108. vol.1. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8546/27028/01200328.pdf?isNumber=27028&prod=STD&arnumber=1200328&arNumber=1200328&arSt=+103&ared=+108+vol.1&arAuthor=Angelopoulos%2C+E.S.%3B+Stratakos%2C+Y.E.%3B+Kostaridis%2C+A.I.%3B+Kaklamani%2C+D.I.%3B+Uzunoglu%2C+N.K.>
- [3] Bing, B. Measured performance of the IEEE 802.11 wireless LAN. *Local Computer Networks*, 1999. LCN '99. Conference on, Vol., Iss., Out.1999 Páginas:34-42. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6517/17401/00801993.pdf?isNumber=17401&prod=STD&arnumber=801993&arNumber=801993&arSt=34&ared=42&arAuthor=Bing%2C+B.>
- [4] BRASIL. Ministério das Comunicações. Agência Nacional de Telecomunicações. RESOLUÇÃO No 365, DE 10 DE MAIO DE 2004. Republica o Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita. Diário Oficial da União. Seção 1. p.63. Brasília, 13 de Maio de 2004. ISSN 1677-7042.
- [5] Brown, B. 802.11: the security differences between b and i. *Potentials*, IEEE, Vol.22, Iss.4, Out-Nov. 2003. Páginas:23-27. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/45/27781/01238689.pdf?isNumber=27781&prod=JNL&arnumber=1238689&arNumber=1238689&arSt=+23&ared=+27&arAuthor=Brown%2C+B.>

- [6] Bruno, R.; Conti, M.; Gregori, E. WLAN technologies for mobile ad hoc networks. System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on, Vol., Iss., 3-6 Jan. 2001. 11p. Disponible em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7255/20032/00927196.pdf?isNumber=20032&prod=STD&number=927196&arNumber=927196&arSt=+11+pp.&ared=&arAuthor=Bruno%2C+R.%3B+Conti%2C+M.%3B+Gregori%2C+E>.
- [7] Cherry, S.M. The wireless last mile. Spectrum. IEEE. Vol.40, Iss.9, Set. 2003. Páginas:18-22. Disponible em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6/27552/01228003.pdf?isNumber=27552&prod=CNF&number=1228003&arNumber=1228003&arSt=+18&ared=+22&arAuthor=Cherry%2C+S.M>.
- [8] Cherry, S.M. WiMax and Wi-Fi: Separate and Unequal. Spectrum, IEEE, Vol.41, Iss.3, Mar. 2004. Páginas:16-16. Disponible em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6/28451/01270541.pdf?isNumber=28451&prod=JNL&number=1270541&arNumber=1270541&arSt=+16&ared=+16&arAuthor=+Cherry%2C+S.M>.
- [9] Crow, B.P.; Widjaja, I.; Kim, L.G.; Sakai, P.T. IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks. Communications Magazine, IEEE, Vol.35, Iss.9, Set 1997. Páginas:116-126. Disponible em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel1/35/13503/00620533.pdf?isNumber=13503&prod=STD&number=620533&arNumber=620533&arSt=116&ared=126&arAuthor=Crow%2C+B.P.%3B+Widjaja%2C+I.%3B+Kim%2C+L.G.%3B+Sakai%2C+P.T>.
- [10] Doefexi, A.; Armour, S.; Beng-Sin Lee; Nix, A.; Bull, D. An evaluation of the performance of IEEE 802.11a and 802.11g wireless local area networks in a corporate office environment. Communications, 2003. ICC '03. IEEE International Conference on, Vol.2, Iss., 11-15 Mai. 2003. Páginas:1196- 1200. vol.2. Disponible em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8564/27114/01204558.pdf?isNumber=27114&prod=STD&number=1204558&arNumber=1204558&arSt=+1196&ared=+1200+vol.2&arAuthor=Doefexi%2C+A.%3B+Armour%2C+S.%3B+Beng-Sin+Lee%3B+Nix%2C+A.%3B+Bull%2C+D>.



[11] Drilo, B.; Flatz, L. Comparison of IEEE 802.11g optional standard elements in WLAN hotspot scenario. Applied Electromagnetics and Communications, 2003. ICECom 2003. 17th International Conference on, Vol., Iss., 1-3 Out. 2003. Páginas:147-151. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9062/28750/01290976.pdf?isNumber=28750&prod=STD&number=1290976&arNumber=1290976&arSt=+147&ared=+151&arAuthor=+Drilo%2C+B.%3B++Flatz%2C+L.>

[12] Eklund, Carl. Marks, Roger B.. Stanwood, Kenneth L. e Wang, Stanley. "IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN Air Interface for Broadband Wireless Access". 2004. Disponível em: [http://wirelessman.org/docs/02/C80216-02\\_05.pdf](http://wirelessman.org/docs/02/C80216-02_05.pdf)

[13] Eklund, C.; Marks, R.B.; Stanwood, K.L.; Wang, S. IEEE standard 802.16: a technical overview of the WirelessMANTM air interface for broadband wireless access. Communications Magazine, IEEE, Vol.40, Iss.6, Jun. 2002. Páginas:98-107. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/35/21727/01007415.pdf?isNumber=21727&prod=STD&number=1007415&arNumber=1007415&arSt=98&ared=107&arAuthor=Eklund%2C+C.%3B+Mmarks%2C+R.B.%3B+Stanwood%2C+K.L.%3B+Wang%2C+S.>

[14] Eric Ouellet. Robert Padjen. Arthur Pfund. Ron Fuller Tim Blankenship. "Building a Cisco Wireless LAN". Syngress. 2002.

[15] Flickenger, Rob. Building Wireless Community Networks. O'Reilly. Janeiro de 2002. ISBN: 0-596-00204-1. 138p.

[16] Gast, Matthew S. 802.11 Wireless Networks. The Definitive Guide. O'Reilly & Assoc. 2002. ISBN: 0-596-00183-5.

[17] G. H. Forman, J. Zahorjan, "The Challenges of Mobile Computing," *IEEE Computer*, V 27, N 4, (Abril de 1994), pp. 38-47.

[18] G. Xylomenos and G. Polyzos and P. Mahonen and M. Saaranen, "TCP Performance Issues over Wireless Links", "IEEE Communications Magazine", vol. 39, nº 4, pp 52-58, 2001.

[19] Henry, P.S.; Hui Luo. WiFi: what's next?

Communications Magazine, IEEE, Vol.40, Iss.12, Dez 2002

Páginas: 66- 72. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/35/24323/01106162.pdf?isNumber=24323&prod=STD&number=1106162&arNumber=1106162&arSt=+66&ared=+72&arAuthor=Henry%2C+P.S.%3B+Hui+Luo>

[20] Hope, M.; Linge, N. Determining the propagation range of IEEE 802.11 radio LANs for outdoor applications.

Local Computer Networks, 1999. LCN '99. Conference on, Vol., Iss., Out. 1999

Páginas:49-50. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6517/17401/00801995.pdf?isNumber=17401&prod=STD&number=801995&arNumber=801995&arSt=49&ared=50&arAuthor=Hope%2C+M.%3B+Linge%2C+N.>

[21] IEEE Standard 802.11<sup>TM</sup>-2003.

[22] IEEE Standard 802.11a<sup>TM</sup>-2003.

[23] IEEE Standard 802.11b<sup>TM</sup>-2003.

[24] IEEE Standard 802.11g<sup>TM</sup>-2003.

[25] IEEE Standard 802.16<sup>TM</sup>-2003

[26] IEEE Standard 802.16a<sup>TM</sup>-2003

Standards IEEE 802 disponíveis em <http://standards.ieee.org/getieee802/portfolio.html>

[27] IEEE 802.16 and WiMAX. Broadband Wireless Access for Everyone. Intel. White

Paper. Disponível em: [http://www.intel.com/ebusiness/pdf/wireless/intel/80216\\_wimax.pdf](http://www.intel.com/ebusiness/pdf/wireless/intel/80216_wimax.pdf)

[28] J. B. Andersen, T. S. Rappaport, S. Yoshida, "Propagation Measurements and Models for Wireless Communications Channels," *IEEE Communications Magazine*, (Janeiro de 1995), pp. 42-49.

[29] Johnston, D.J.. LaBrecque, Margaret. "A especificação WirelessMAN\* IEEE 802.16\* acelera a comunicação de banda larga sem fio". Revista Technology@Intel.  
Disponível em <http://www.intel.com/portugues/update/contents/st08031.htm#overview>

[30] Johnston, D.; Walker, J. Overview of IEEE 802.16 Security. *Security & Privacy Magazine*, IEEE, Vol.02, Iss.3, Mai. 2004.  
Páginas:40-48. Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8013/29015/01306971.pdf?isNumber=29015&prod=JNL&arnumber=1306971&arNumber=1306971&arSt=+40&ared=+48&arAuthor=+Johnston%2C+D.%3B++Walker%2C+J>.

[31] Kapp, S. 802.11: leaving the wire behind. *Internet Computing*, IEEE, Vol.6, Iss.1, Jan./Fev. 2002. Páginas:82-85. Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/4236/21094/00989005.pdf?isNumber=21094&prod=STD&arnumber=989005&arNumber=989005&arSt=82&ared=85&arAuthor=Kapp%2C+S>.

[32] Kapp, S. 802.11a. More bandwidth without the wires. *Internet Computing*, IEEE, Vol.6, Iss.4, Jul/Ago 2002  
Páginas: 75- 79. Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/4236/21953/01020329.pdf?isNumber=21953&prod=STD&arnumber=1020329&arNumber=1020329&arSt=+75&ared=+79&arAuthor=Kapp%2C+S>.

[33] Karygiannis, Tom; Owens, Les. DRAFT Wireless Network Security 802.11, Bluetooth™ and Handheld Devices. NIST Special Publication 800-48. U.S. Department of Commerce.

[34] Koffman, I.; Roman, V. Broadband wireless access solutions based on OFDM access in IEEE 802.16. *Communications Magazine*, IEEE, Vol.40, Iss.4, Abr. 2002. Páginas:96-103.  
Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/35/21492/00995857.pdf?isNumber=21492&prod=STD&arnumber=995857&arNumber=995857&arSt=96&ared=103&arAuthor=Koffman%2C+I.%3B+Roman%2C+V.>

[35] Mariano, Antonio. "Wireless Networks " <http://www.networkdesigners.com.br>

[36] Marks, Roger. "The IEEE 802.16 WirelessMAN-TM Standard for Broadband Wireless Metropolitan Area Networks". IEEE Computer Society Distinguished Visitors Program Lecture. IEEE New Jersey Coast Section e IEEE Baltimore Section. abril de 2003. Disponível em [http://wirelessman.org/docs/03/C80216-03\\_06.zip](http://wirelessman.org/docs/03/C80216-03_06.zip)

[37] Ming-Ju Ho; Jing Wang; Shelby, K.; Haisch, H. IEEE 802.11g OFDM WLAN throughput performance. Vehicular Technology Conference, 2003. VTC 2003-Fall. 2003 IEEE 58th, Vol.4, Iss., 6-9 Out. 2003. Páginas: 2252- 2256.

Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9004/28571/01285930.pdf?isNumber=28571&prod=STD&arnumber=1285930&arNumber=1285930&arSt=+2252&ared=+2256&arAuthor=+Ming-Ju+Ho%3B++Jing+Wang%3B++Shelby%2C+K.%3B++Haisch%2C+H.>

[38] Mullins, B. E.; Davis IV, N.J.; Midkiff, S.F. A Wireless Local Area Network Protocol That Improves Throughput Via Adaptive Control. Proceedings of the IEEE International Conference on Communications. Páginas: 1427-1431, Junho de 1997.

[39] Potter, B. Wireless security's future. Security & Privacy Magazine, IEEE, Vol.1, Iss.4, Jul.-Ago. 2003. Páginas:68-72. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8013/27399/01219074.pdf?isNumber=27399&prod=STD&arnumber=1219074&arNumber=1219074&arSt=+68&ared=+72&arAuthor=Potter%2C+B.>

[40] Varshney, U. The status and future of 802.11-based WLANs Computer, Vol.36, Iss.6, Jun 2003. Páginas: 102- 105. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/2/27119/01204381.pdf?isNumber=27119&prod=STD&arnumber=1204381&arNumber=1204381&arSt=+102&ared=+105&arAuthor=Varshney%2C+U.>

[41] Vaughan-Nichols, S.J. Achieving Wireless Broadband with WiMax.

Computer, IEEE Journal, Volume: 37 , Iss.: 6 , Jun. 2004. Páginas:10-13.

Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/2/28995/01306375.pdf?tp=&arnumber=1306375&isnumber=28995>

[42] Vaughan-Nichols, S.J. The challenge of Wi-Fi roaming.

Computer, Vol.36, Iss.7, Jul. 2003. Páginas:17-19. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/2/27278/01212682.pdf?isNumber=27278&prod=STD&arnumber=1212682&arNumber=1212682&arSt=+17&ared=+19&arAuthor=Vaughan-Nichols%2C+S.J.>

[43] Vermeer, V. Wireless LANs; why IEEE 802.11 DSSS?

WESCON/97. Conference Proceedings, Vol., Iss., 4-6 Nov 1997

Páginas:172-178 disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel3/5000/13720/00632334.pdf?isNumber=13720&prod=STD&arnumber=632334&arNumber=632334&arSt=172&ared=178&arAuthor=Vermeer%2C+V.>

[44] Wheat, Jeffrey; Hiser, Randy; Tucker, Jackie; Neely, Alicia; McCullough, Andy.

Designing a Wireless Network. Syngress Publishing.2001. ISBN: 1-928994-45-8. 380p.

[45] 2003 Wireless LAN Benefits Study. NOP World Technology.

Pesquisa encomendada pela Cisco Systems. Novembro de 2003.

Disponível em: [http://newsroom.cisco.com/dlls/2003\\_NOP\\_WLAN\\_Benefits\\_Study.pdf](http://newsroom.cisco.com/dlls/2003_NOP_WLAN_Benefits_Study.pdf)

[46]<http://www.linksys.com>.

[47] <http://www.smc.com>.

[48] <http://www.ufsc.br>.

[49]<http://www.wavelan.com.br>

[50] The New Mainstream Wireless LAN Standard. BROADCOM. 802.11g-WP104-R. Fev. 2003. Disponível em: URL: <http://www.54g.org>.

## **APÊNDICE**

### **Implantação de Rede Wireless de Alta Velocidade (artigo)**

# **IMPLANTAÇÃO DE REDE WIRELESS DE ALTA VELOCIDADE.**

**Edson Toshiaki Ono**

## **RESUMO**

Este trabalho visa mostrar a importância de se implantar uma infraestrutura de rede Wireless na Universidade Federal de Santa Catarina, apresentando as tecnologias existentes e os benefícios que podem ser obtidos com o seu uso.

## **ABSTRACT**

This work aims to show the importance of to implement a wireless network infrastructure at Federal University of Santa Catarina, presenting the technologies and the benefits obtained with its use..



## INTRODUÇÃO

Como estudante de graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, tenho sentido a necessidade de ter acesso doméstico à Internet para complementar minha formação acadêmica, sobretudo por estar cursando Ciências da Computação.

Apesar de o serviço já ser oferecido gratuitamente por esta instituição, ainda existem taxas cobradas pelas companhias telefônicas e também a velocidade de conexão é incompatível com as necessidades atuais.

Uma solução para esses problemas seria a implantação de uma infraestrutura de rede utilizando tecnologias Wireless, ou redes sem fio.

Essas tecnologias vêm rapidamente se aperfeiçoando no decorrer dos últimos anos, principalmente devido aos grandes investimentos de empresas de tecnologia.

Importantes Universidades de todo o mundo estão criando suas infra-estruturas wireless, possibilitando, além do acesso móvel e doméstico gratuito à Internet para estudantes, realizar estudos relacionados à computação móvel.

Desta forma, a Universidade Federal de Santa Catarina deveria também implantar uma infra-estrutura wireless em benefício da sua comunidade.

## IMPORTÂNCIA E BENEFÍCIOS

A implantação de uma infra-estrutura de rede Wireless que possa abranger não só o campus da UFSC, mas também localidades distantes, levando a Internet à escolas e instituições públicas de toda a Florianópolis, teria uma grande importância por vários aspectos:

- O combate á chamada Exclusão Digital;
- Complementar os estudos através da Internet;
- Motivar os estudantes através de acesso gratuito à Internet;
- Diminuir o sobrecarregamento do serviço de acesso doméstico discado;

A rede implantada trará inúmeros benefícios para estudantes, professores e servidores da Universidade Federal de Santa Catarina, bem como para a instituição em si.

Os estudantes, além de passarem a ter acesso à Internet de qualquer parte do campus utilizando dispositivos móveis como laptops ou handhelds, ganhariam uma nova alternativa de acesso doméstico à rede, gratuito e de alta velocidade.

Uma infra-estrutura de rede wireless poderia servir de apoio para disciplinas relacionadas com redes de computadores, possibilitando realização de experimentos e pesquisas.

## **TECNOLOGIAS**

### **IEEE 802.11 [21]**

A primeira versão do IEEE 802.11 foi lançada em 1995. Este padrão especifica operações nas camadas PHY e MAC. Apresentando três alternativas pra a aquela:

FHSS - Frequency-Hopping Spread Spectrum ;

DSSS - Direct-Sequence Spread Spectrum;

IR – Infrared.

### **IEEE 802.11 a [22]**

O padrão IEEE 802.11 a, lançado em 1999, utiliza uma técnica de modulação conhecida pela sigla OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

O IEEE 802.11 a utiliza frequência de 5 GHz conhecida como Universal Networking Information Infrastructure (UNII) através de 12 canais e pode atingir taxas de transmissão de 54 Mbps.

A grande vantagem do IEEE 802.11a é o uso dessa frequência, já que não ocorrem tantas interferências como nos padrões que utilizam 2.4 GHz.

Por utilizar a técnica OFDM, o IEEE 802.11a não possui compatibilidade com o padrão IEEE 802.11b que será apresentado a seguir.

### **IEEE 802.11 b [23]**

Em julho de 1999 a IEEE ratificou o padrão IEEE 802.11 b, uma nova extensão do IEEE 802.11.

Ela utiliza o Direct-Sequence Spread Spectrum (DSSS) e a técnica de modulação Complementary Code Keying (CCK). A frequência de operação é de 2.4 GHz, conhecida como Industrial Scientific and Medical (ISM) que não necessita de licença para utilização e a taxa de transmissão pode atingir 11 Mbps.

### **IEEE 802.11 g [24]**

Lançado em Junho de 2003, o padrão IEEE 802.11 g vêm se tornando a solução wireless substituta do IEEE 802.11 b em termos de aceitação e popularidade.

Ela pode atingir taxas de transmissão de até 54 Mpps, este padrão também opera na frequência ISM sem licença, como o IEEE 802.11 b.

Além da técnica de modulação OFDM, o IEEE 802.11 g também pode utilizar o CCK.

**IEEE 802.16 [25]**

Também conhecido como WiMax (Worldwide Interoperability of Microwave Access), o padrão IEEE 802.16, que têm grandes empresas como Intel Corporation, Fujitsu Microelectronics America e Nokia à frente de seu desenvolvimento, vêm sendo considerado por muitos como a banda larga sem fios, quebrando muitas barreiras que hoje existem em relação ao DSL e ao cabo como apresentado em [29].

Este padrão define a especificação de interface aérea do Wireless MAN (Metropolitan Area Network). Seu funcionamento ocorre de forma similar aos sistemas celulares. Estações base (BSs – Base Stations) transmitem os sinais que são captados por estruturas como as de TV via satélite, localizados próximo ao cliente. A partir daí, ocorre o roteamento através de uma conexão Ethernet padrão diretamente ao cliente.

Destacam se como algumas das principais características do padrão WiMax:

freqüências de operação entre 2 GHz e 11 GHz (802.16 a [26]);

alcances superiores a 50 quilômetros (31 milhas);

taxas de transmissão a partir de 70 Mbps;

qualidade de serviço incorporado;

suporte para voz e vídeo.

Uma característica importante deste padrão é a possibilidade de ter acesso à rede “non line-of-sight” (sem visada direta), ou seja, mesmo que haja obstáculos entre as antenas do emissor e do receptor, a transmissão ocorre normalmente.

## CONCLUSÕES

Entre as várias conclusões que poderiam ser tomadas, destaco os inúmeros benefícios que poderiam ser obtidos com a implantação da infra-estrutura de rede Wireless na Universidade Federal de Santa Catarina.

O acesso doméstico à Internet ganharia uma nova alternativa, de baixo custo e de boa qualidade. Também poderia se acessar a rede de qualquer ponto do campus, através de Notebooks, Laptops e PDAs, sem perder a mobilidade.

Apesar desses e muitos outros benefícios, um destaque negativo foi a dificuldade de se obter financiamento para projetos dessa natureza. Na tentativa de se implantar uma infra-estrutura de rede wireless, propostas foram submetidas para programas de financiamento de projetos da própria universidade, porém, ocorreram muitos imprevistos que impossibilitaram uma possível aprovação.

No decorrer dos meses em que este trabalho foi elaborado, pesquisando o cenário atual em relação às redes de computadores, mais se evidenciou a necessidade de uma instituição da importância da UFSC de possuir domínio

sobre novas tecnologias de redes sem fio como o 802.16. Mantendo-se assim, se não em um mesmo patamar, mas o mais próximo possível das melhores instituições de ensino e pesquisa do mundo.

Concluo também que foi muito importante a elaboração deste Trabalho de Conclusão de Curso, seja do ponto de vista da agregação de conhecimentos teóricos em relação às tecnologias de rede sem fio, seja do ponto de vista prático, na difícil tentativa de encontrar apoio e financiamento para implantar o projeto.

Finalmente, com a certeza de estar contribuindo para a melhoria desta instituição, espero que a infra-estrutura de rede Wireless venha a ser implantada na Universidade Federal de Santa Catarina, beneficiando futuros estudantes, professores e a comunidade universitária em geral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A.Aziz; W. Diffie. Privacy and Authentication for Wireless Local Area Networks. IEEE Personal Communications.1994. páginas:25-31.
- [2] Angelopoulos, E. S.; Stratakos, Y. E.; Kostaridis, A. I.; Kaklamani, D. I.; Uzunoglu, N. K. Multiband miniature coplanar waveguide slot antennas for GSM-802.11b and 802.11b-802.11a wireless applications. Wireless Communications and Networking, 2003. WCNC 2003. 2003 IEEE, Vol.1, Iss., 16-20 Mar. 2003. Páginas:103-108. vol.1. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8546/27028/01200328.pdf?isNumber=27028&prod=STD&arnumber=1200328&arNumber=1200328&arSt=+103&ared=+108+vol.1&arAuthor=Angelopoulos%2C+E.S.%3B+Stratakos%2C+Y.E.%3B+Kostaridis%2C+A.I.%3B+Kaklamani%2C+D.I.%3B+Uzunoglu%2C+N.K.>

- [3] Bing, B. Measured performance of the IEEE 802.11 wireless LAN. Local Computer Networks, 1999. LCN '99. Conference on, Vol., Iss., Out.1999  
Páginas:34-42. Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6517/17401/00801993.pdf?isNumber=17401&prod=STD&arnumber=801993&arNumber=801993&arSt=34&ared=42&arAuthor=Bing%2C+B.>
- [4] BRASIL. Ministério das Comunicações. Agência Nacional de Telecomunicações. RESOLUÇÃO No 365, DE 10 DE MAIO DE 2004. Republica o Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita. Diário Oficial da União. Seção 1. p.63. Brasília, 13 de Maio de 2004. ISSN 1677-7042.
- [5] Brown, B. 802.11: the security differences between b and i. Potentials, IEEE, Vol.22, Iss.4, Out-Nov. 2003. Páginas:23-27.  
Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/45/27781/01238689.pdf?isNumber=27781&prod=JNL&arnumber=1238689&arNumber=1238689&arSt=+23&ared=+27&arAuthor=Brown%2C+B.>
- [6] Bruno, R.; Conti, M.; Gregori, E. WLAN technologies for mobile ad hoc networks. System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on, Vol., Iss., 3-6 Jan. 2001. 11p. Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7255/20032/00927196.pdf?isNumber=20032&prod=STD&arnumber=927196&arNumber=927196&arSt=+11+pp.&ared=&arAuthor=Bruno%2C+R.%3B+Conti%2C+M.%3B+Gregori%2C+E.>
- [7] Cherry, S.M. The wireless last mile. Spectrum. IEEE. Vol.40, Iss.9, Set. 2003. Páginas:18-22. Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6/27552/01228003.pdf?isNumber=27552&prod=CNF&arnumber=1228003&arNumber=1228003&arSt=+18&ared=+22&arAuthor=Cherry%2C+S.M.>
- [8] Cherry, S.M. WiMax and Wi-Fi: Separate and Unequal. Spectrum, IEEE, Vol.41, Iss.3, Mar. 2004. Páginas:16-16. Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6/28451/01270541.pdf?isNumber=28451&prod=JNL&arnumber=1270541&arNumber=1270541&arSt=+16&ared=+16&arAuthor=+Cherry%2C+S.M.>



[9] Crow, B.P.; Widjaja, I.; Kim, L.G.; Sakai, P.T. IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks. Communications Magazine, IEEE, Vol.35, Iss.9, Set 1997. Páginas:116-126.

Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel1/35/13503/00620533.pdf?isNumber=13503&prod=STD&arnumber=620533&arNumber=620533&arSt=116&ared=126&arAuthor=Crow%2C+B.P.%3B+Widjaja%2C+I.%3B+Kim%2C+L.G.%3B+Sakai%2C+P.T.>

[10] Doefexi, A.; Armour, S.; Beng-Sin Lee; Nix, A.; Bull, D. An evaluation of the performance of IEEE 802.11a and 802.11g wireless local area networks in a corporate office environment. Communications, 2003. ICC '03. IEEE International Conference on, Vol.2, Iss., 11-15 Mai. 2003. Páginas:1196- 1200. vol.2. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8564/27114/01204558.pdf?isNumber=27114&prod=STD&arnumber=1204558&arNumber=1204558&arSt=+1196&ared=+1200+vol.2&arAuthor=Doefexi%2C+A.%3B+Armour%2C+S.%3B+Beng-Sin+Lee%3B+Nix%2C+A.%3B+Bull%2C+D.>

[11] Drilo, B.; Flatz, L. Comparison of IEEE 802.11g optional standard elements in WLAN hotspot scenario. Applied Electromagnetics and Communications, 2003. ICECom 2003. 17th International Conference on, Vol., Iss., 1-3 Out. 2003. Páginas:147-151. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9062/28750/01290976.pdf?isNumber=28750&prod=STD&arnumber=1290976&arNumber=1290976&arSt=+147&ared=+151&arAuthor=+Drilo%2C+B.%3B++Flatz%2C+L.>

[12] Eklund, Carl. Marks, Roger B.. Stanwood, Kenneth L. e Wang, Stanley. “IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN Air Interface for Broadband Wireless Access”. 2004. Disponível em: [http://wirelessman.org/docs/02/C80216-02\\_05.pdf](http://wirelessman.org/docs/02/C80216-02_05.pdf)

[13] Eklund, C.; Marks, R.B.; Stanwood, K.L.; Wang, S. IEEE standard 802.16: a technical overview of the WirelessMANTM air interface for broadband wireless access.

Communications Magazine, IEEE, Vol.40, Iss.6, Jun. 2002. Páginas:98-107. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/35/21727/01007415.pdf?isNumber=21727&prod=STD&arnumber=1007415&arNumber=1007415&arSt=98&ared=107&arAuthor=Eklund%2C+C.%3B+Marks%2C+R.B.%3B+Stanwood%2C+K.L.%3B+Wang%2C+S.>

[14] Eric Ouellet. Robert Padjen. Arthur Pfund. Ron Fuller Tim Blankenship. "Building a Cisco Wireless LAN". Syngress. 2002.

[15] Flickenger, Rob. Building Wireless Community Networks. O'Reilly. Janeiro de 2002. ISBN: 0-596-00204-1. 138p.

[16] Gast, Matthew S. 802.11 Wireless Networks. The Definitive Guide. O'Reilly & Assoc. 2002. ISBN: 0-596-00183-5.

[17] G. H. Forman, J. Zahorjan, "The Challenges of Mobile Computing," IEEE Computer, V 27, N 4, (Abril de 1994), pp. 38-47.

[18] G. Xylomenos and G. Polyzos and P. Mahonen and M. Saaranen, "TCP Performance Issues over Wireless Links", "IEEE Communications Magazine", vol. 39, n° 4, pp 52-58, 2001.

[19] Henry, P.S.; Hui Luo. WiFi: what's next?

Communications Magazine, IEEE, Vol.40, Iss.12, Dez 2002

Páginas: 66- 72. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/35/24323/01106162.pdf?isNumber=24323&prod=STD&number=1106162&arNumber=1106162&arSt=+66&ared=+72&arAuthor=Henry%2C+P.S.%3B+Hui+Luo>

[20] Hope, M.; Linge, N. Determining the propagation range of IEEE 802.11 radio LANs for outdoor applications.

Local Computer Networks, 1999. LCN '99. Conference on, Vol., Iss., Out. 1999

Páginas:49-50. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6517/17401/00801995.pdf?isNumber=17401&prod=STD&number=801995&arNumber=801995&arSt=49&ared=50&arAuthor=Hope%2C+M.%3B+Linge%2C+N.>

[21] IEEE Standard 802.11™-2003.

[22] IEEE Standard 802.11a™-2003.

[23] IEEE Standard 802.11b™-2003.

[24] IEEE Standard 802.11g™-2003.

[25] IEEE Standard 802.16™-2003

[26] IEEE Standard 802.16a™-2003

Standards IEEE 802 disponíveis em <http://standards.ieee.org/getieee802/portfolio.html>

[27] IEEE 802.16 and WiMAX. Broadband Wireless Access for Everyone. Intel. White Paper. Disponível em: [http://www.intel.com/ebusiness/pdf/wireless/intel/80216\\_wimax.pdf](http://www.intel.com/ebusiness/pdf/wireless/intel/80216_wimax.pdf)

[28] J. B. Andersen, T. S. Rappaport, S. Yoshida, "Propagation Measurements and Models for Wireless Communications Channels," IEEE Communications Magazine, (Janeiro de 1995), pp. 42-49.

[29] Johnston, D.J.. LaBrecque, Margaret. "A especificação WirelessMAN\* IEEE 802.16\* acelera a comunicação de banda larga sem fio". Revista Technology@Intel. Disponível em <http://www.intel.com/portugues/update/contents/st08031.htm#overview>

[30] Johnston, D.; Walker, J. Overview of IEEE 802.16 Security.

Security & Privacy Magazine, IEEE, Vol.02, Iss.3, Mai. 2004.

Páginas:40-48. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8013/29015/01306971.pdf?isNumber=29015&prod=JNL&arnumber=1306971&arNumber=1306971&arSt=+40&ared=+48&arAuthor=+Johnston%2C+D.%3B++Walker%2C+J.>

[31] Kapp, S. 802.11: leaving the wire behind. Internet Computing, IEEE, Vol.6, Iss.1, Jan./Fev. 2002. Páginas:82-85. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/4236/21094/00989005.pdf?isNumber=21094&prod=STD&arnumber=989005&arNumber=989005&arSt=82&ared=85&arAuthor=Kapp%2C+S.>

[32] Kapp, S. 802.11a. More bandwidth without the wires.

Internet Computing, IEEE, Vol.6, Iss.4, Jul/Ago 2002

Páginas: 75- 79. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/4236/21953/01020329.pdf?isNumber=21953&prod=STD&number=1020329&arNumber=1020329&arSt=+75&ared=+79&arAuthor=Kapp%2C+S>.

[33] Karygiannis, Tom; Owens, Les. DRAFT Wireless Network Security

802.11, Bluetooth™ and Handheld Devices. NIST Special Publication 800-48. U.S.

Department of Commerce.

[34] Koffman, I.; Roman, V. Broadband wireless access solutions based on OFDM access in

IEEE 802.16. Communications Magazine, IEEE, Vol.40, Iss.4, Abr. 2002. Páginas:96-103.

Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/35/21492/00995857.pdf?isNumber=21492&prod=STD&number=995857&arNumber=995857&arSt=96&ared=103&arAuthor=Koffman%2C+I.%3B+Roman%2C+V>.

[35] Mariano, Antonio.”Wireless Networks “ <http://www.networkdesigners.com.br>

[36] Marks, Roger. “The IEEE 802.16 WirelessMAN™ Standard for Broadband Wireless

Metropolitan Area Networks”. IEEE Computer Society Distinguished Visitors Program

Lecture. IEEE New Jersey Coast Section e IEEE Baltimore Section. abril de 2003.

Disponível em [http://wirelessman.org/docs/03/C80216-03\\_06.zip](http://wirelessman.org/docs/03/C80216-03_06.zip)

[37] Ming-Ju Ho; Jing Wang; Shelby, K.; Haisch, H. IEEE 802.11g OFDM WLAN

throughput performance. Vehicular Technology Conference, 2003. VTC 2003-Fall. 2003

IEEE 58th, Vol.4, Iss., 6-9 Out. 2003. Páginas: 2252- 2256.

Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9004/28571/01285930.pdf?isNumber=28571&prod=STD&number=1285930&arNumber=1285930&arSt=+2252&ared=+2256&arAuthor=+Ming-Ju+Ho%3B++Jing+Wang%3B++Shelby%2C+K.%3B++Haisch%2C+H>.

[38] Mullins, B. E.; Davis IV, N.J.; Midkiff, S.F. A Wireless Local Area Network Protocol That Improves Throughput Via Adaptive Control. Proceedings of the IEEE International Conference on Communications. Páginas: 1427-1431, Junho de 1997.

[39] Potter, B. Wireless security's future. Security & Privacy Magazine, IEEE, Vol.1, Iss.4, Jul.-Ago. 2003. Páginas:68-72. Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/8013/27399/01219074.pdf?isNumber=27399&prod=STD&number=1219074&arNumber=1219074&arSt=+68&ared=+72&arAuthor=Potter%2C+B>.

[40] Varshney, U. The status and future of 802.11-based WLANs Computer, Vol.36, Iss.6, Jun 2003. Páginas: 102- 105. Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/2/27119/01204381.pdf?isNumber=27119&prod=STD&arNumber=1204381&arNumber=1204381&arSt=+102&ared=+105&arAuthor=Varshney%2C+U>.

[41] Vaughan-Nichols, S.J. Achieving Wireless Broadband with WiMax. Computer, IEEE Journal, Volume: 37 , Iss.: 6 , Jun. 2004. Páginas:10-13. Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/2/28995/01306375.pdf?tp=&arNumber=1306375&isNumber=28995>

[42] Vaughan-Nichols, S.J. The challenge of Wi-Fi roaming. Computer, Vol.36, Iss.7, Jul. 2003. Páginas:17-19. Disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/2/27278/01212682.pdf?isNumber=27278&prod=STD&arNumber=1212682&arNumber=1212682&arSt=+17&ared=+19&arAuthor=Vaughan-Nichols%2C+S.J>.

[43] Vermeer, V. Wireless LANs; why IEEE 802.11 DSSS? WESCON/97. Conference Proceedings, Vol., Iss., 4-6 Nov 1997 Páginas:172-178 disponível em:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel3/5000/13720/00632334.pdf?isNumber=13720&prod=STD&arNumber=632334&arNumber=632334&arSt=172&ared=178&arAuthor=Vermeer%2C+V>.

[44] Wheat, Jeffrey; Hiser, Randy; Tucker, Jackie; Neely, Alicia; McCullough, Andy. Designing a Wireless Network. Syngress Publishing.2001. ISBN: 1-928994-45-8. 380p.

[45] 2003 Wireless LAN Benefits Study. NOP World Technology.

Pesquisa encomendada pela Cisco Systems. Novembro de 2003.

Disponível em: [http://newsroom.cisco.com/dlls/2003\\_NOP\\_WLAN\\_Benefits\\_Study.pdf](http://newsroom.cisco.com/dlls/2003_NOP_WLAN_Benefits_Study.pdf)

[46]<http://www.linksys.com>.

[47] <http://www.smc.com>.

[48] <http://www.ufsc.br>.

[49]<http://www.wavelan.com.br>

[50] The New Mainstream Wireless LAN Standard. BROADCOM. 802.11g-WP104-R. Fev. 2003. Disponível em: URL: <http://www.54g.org>.

**ANEXO****RESOLUÇÃO Nº 365, DE 10 DE MAIO DE 2004.****Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de  
Radiação Restrita [4].**

# AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

RESOLUÇÃO Nº 365, DE 10 DE MAIO DE 2004

Republica o Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita.

**O CONSELHO DIRETOR DA AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES - ANATEL**, no uso das atribuições que lhe foram conferidas pelo art. 22, da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, e art. 35 do Regulamento da Agência Nacional de Telecomunicações, aprovado pelo Decreto nº 2.338, de 7 de outubro de 1997,

CONSIDERANDO o disposto no inciso VIII do art. 19 da Lei nº 9.472, de 1997, cabe à Anatel administrar o espectro de radiofrequências, expedindo as respectivas normas;

CONSIDERANDO que, de acordo com o que dispõe o Art. 161 da Lei nº 9.472, de 1997, a qualquer tempo, poderá ser modificada a destinação de radiofrequências ou faixas, bem como ordenada a alteração de potências ou de outras características técnicas, desde que o interesse público ou o cumprimento de convenções ou tratados internacionais assim o determine;

CONSIDERANDO as contribuições recebidas em decorrência da Consulta Pública nº 488, de 19 de dezembro de 2003, publicada no Diário Oficial da União de 22 de dezembro de 2003;

CONSIDERANDO deliberação tomada em sua Reunião nº 229, realizada em 05 de maio de 2004, resolve:

Art. 1º Republicar, com alterações, o Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita, aprovado pela Resolução n.º 305, de 26 de julho de 2002, na forma do Anexo a esta Resolução.

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, ficando revogada a Resolução nº 305, de 26 de julho de 2002.

**PEDRO JAIME ZILLER DE ARAÚJO**  
Presidente do Conselho



ANEXO À RESOLUÇÃO Nº 365, DE 10 DE MAIO DE 2004

REGULAMENTO SOBRE EQUIPAMENTOS DE RADIOCOMUNICAÇÃO DE  
RADIACÃO RESTRITA

CAPÍTULO I  
DOS OBJETIVOS E DEFINIÇÕES

Art. 1º Este Regulamento tem por objetivo caracterizar os equipamentos de radiação restrita e estabelecer as condições de uso de radiofrequência para que possam ser utilizados com dispensa da licença de funcionamento de estação e independentes de outorga de autorização de uso de radiofrequência, conforme previsto no art. 163, § 2º, inciso I da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997.

Art. 2º Para os efeitos deste Regulamento, são adotadas as seguintes definições e conceitos:

I – Dispositivo de Auxílio Auditivo: aparelho usado para prover auxílio auditivo a pessoa ou grupo de pessoas com deficiência. Tal dispositivo pode ser usado para treinamento auricular em uma instituição de educação, para auxílio auditivo em locais de encontros públicos, tais como igreja, teatro, ou auditórios e, em outros locais, exclusivamente para auxílio auditivo a indivíduos portadores de deficiência;

II – Dispositivo de Telemedicação Biomédica: equipamento usado para transmitir medidas de fenômenos biomédicos humanos ou animais para um receptor, dentro de uma área restrita;

III – Dispositivo de Operação Periódica: equipamento que opera de forma descontínua com as características de duração da transmissão e dos períodos de silêncio especificadas neste Regulamento;

IV – Emissor-sensor de Variação de Campo Eletromagnético: Dispositivo que estabelece um campo eletromagnético em sua vizinhança e detecta mudanças naquele campo como resultante do movimento de seres vivos ou objetos dentro de sua faixa de atuação;

V – Equipamento Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações (BSR): equipamento destinado a restringir o emprego de radiofrequências ou faixas de radiofrequências específicas para fins de comunicações.

VI – Equipamento de Localização de Cabo: dispositivo usado de forma não contínua com o objetivo de localizar cabos, linhas, dutos e elementos ou estruturas similares enterrados;

VII – Equipamento de Radiocomunicação de Radiação Restrita: termo genérico aplicado a equipamento, aparelho ou dispositivo, que utilize radiofrequência para aplicações diversas em que a correspondente emissão produza campo eletromagnético com intensidade dentro dos limites estabelecidos neste Regulamento. Eventualmente, pode estar especificado neste Regulamento um valor de potência máxima de transmissão ou de densidade de potência máxima em lugar da intensidade de campo;

VIII – Equipamento de Radiocomunicação de Uso Geral: unidade portátil com capacidade de transmissão bidirecional para comunicação de voz.

IX – Espalhamento Espectral: tecnologia na qual a energia média do sinal transmitido é espalhada sobre uma largura de faixa muito maior do que a largura de faixa que contém a informação. Os

sistemas empregando tal tecnologia compensam o uso de uma maior largura de faixa de transmissão com uma menor densidade espectral de potência e uma melhora na rejeição aos sinais interferentes de outros sistemas operando na mesma faixa de frequências;

X – Interferência Prejudicial: qualquer emissão, irradiação ou indução que obstrua, degrade seriamente ou interrompa repetidamente a telecomunicação;

XI – Microfone sem Fio: sistema composto de um microfone integrado a um transmissor e de um receptor que visa proporcionar o usuário liberdade de movimentos sem as limitações impostas por um meio de transmissão físico (cabo);

XII – Modulação Digital: processo pelo qual alguma característica da onda portadora (frequência, fase, amplitude ou combinação destas) é variada de acordo com um sinal digital (sinal constituído de pulsos codificados ou de estados derivados de informação quantizada);

XIII – Saltos em Frequência: técnica na qual a energia é espalhada mudando a frequência central de transmissão várias vezes por segundo, de acordo com uma seqüência de canais gerada de forma pseudoaleatória. Essa mesma seqüência é usada repetidamente, de forma que o transmissor recicla continuamente a mesma série de mudança de canais;

XIV – Seqüência Direta: técnica na qual se combina a informação do sinal, que normalmente é digital, com uma seqüência binária de maior velocidade, cuja combinação resultante é então usada para modular a portadora de radiofrequência. O código binário - uma seqüência de bits pseudoaleatória de comprimento fixo que é reciclada continuamente pelo sistema - domina a função de modulação, sendo a causa direta do espalhamento do sinal transmitido;

XV – Seqüência Pseudoaleatória: seqüência de dados binários que tem, na sua formação, ao mesmo tempo algumas características de seqüência aleatória e também algumas de seqüência não aleatória;

XVI – Sistema de Acesso sem Fio em Banda Larga para Redes Locais: termo aplicado a equipamento, aparelho ou dispositivo, utilizado em aplicações diversas em redes locais sem fio que necessitem de altas velocidades de transmissão, ou seja, de pelo menos 6 Mbit/s, nas faixas de radiofrequências e potências estabelecidas neste Regulamento.

XVII – Sistema de Proteção de Perímetro: emissor-sensor de variação de campo eletromagnético que emprega linhas de transmissão de radiofrequência como fonte de radiação e que são instaladas de tal forma que permitem ao sistema detectar movimentos dentro da área protegida;

XVIII – Sistema de Ramal sem Fio de CPCT: sistema consistindo de uma estação base fixa que se conecta à Central Privada de Comutação Telefônica (CPCT) e unidades terminais móveis que se comunicam diretamente com a estação base. Transmissões de uma unidade terminal móvel são recebidas pela estação base e transferidas para a CPCT;

XIX – Sistema de Sonorização Ambiental: sistema composto de um transmissor e de receptores integrados a alto-falantes, que visa substituir o meio físico de interligação da fonte sonora às caixas de som;

XX – Sistema de Telefone sem Cordão: sistema consistindo de dois transceptores, um sendo uma estação base fixa que se conecta à rede telefônica pública comutada e a outra uma unidade terminal móvel que se comunica diretamente com a estação base. Transmissões da unidade terminal móvel são recebidas

pela estação base e transferidas para a rede do Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC). Informações recebidas da rede telefônica pública comutada são transmitidas pela estação base para a unidade móvel;

XXI– Telecomando: uso das telecomunicações para a transmissão de sinais de rádio para iniciar, modificar ou terminar, à distância, funções de equipamento;

XXII – Telemetria: uso das telecomunicações para a indicação ou registro automático, à distância, de leituras de instrumento de medida;

## CAPÍTULO II DAS CONDIÇÕES GERAIS

Art. 3º As estações de radiocomunicação, correspondentes a equipamentos de radiação restrita caracterizados por este Regulamento, estão isentas de licenciamento para instalação e funcionamento.

Parágrafo único. Quando o funcionamento das estações de radiocomunicações caracterizar exploração de serviço de telecomunicações, o prestador do serviço está sujeito ao disposto no Regulamento dos Serviços de Telecomunicações, aprovado pela Resolução nº 73, de 25 de novembro de 1998, da Anatel ou outro que venha substituí-lo.

Art. 4º As estações de radiocomunicação correspondentes a equipamentos de radiação restrita operam em caráter secundário, isto é, não têm direito a proteção contra interferências prejudiciais provenientes de qualquer outra estação de radiocomunicação nem podem causar interferência em qualquer sistema operando em caráter primário.

Parágrafo único. Os equipamentos de radiação restrita, que vierem a causar interferência prejudicial em qualquer sistema operando em caráter primário, devem cessar seu funcionamento imediatamente até a remoção da causa da interferência.

Art. 5º Os equipamentos de radiação restrita operando de acordo com o estabelecido neste Regulamento devem possuir certificação emitida ou aceita pela Anatel, de acordo com as normas vigentes.

§ 1º O certificado deve conter a condição de radiação restrita conferida ao equipamento, bem como a indicação da máxima intensidade de campo em uma determinada distância, conforme especificado neste Regulamento, e o tipo de elemento radiante permitido na utilização do equipamento.

§ 2º Alternativamente, pode constar no certificado um valor de potência máxima de transmissão ou de densidade de potência em lugar da intensidade de campo, se assim estiver especificado neste Regulamento.

Art. 6º Os equipamentos de radiação restrita devem conter, em lugar facilmente visível, uma etiqueta de difícil remoção, contendo a seguinte declaração: “Este equipamento opera em caráter secundário, isto é, não tem direito a proteção contra interferência prejudicial, mesmo de estações do mesmo tipo, e não pode causar interferência a sistemas operando em caráter primário.”

Parágrafo único. Se o equipamento for de tamanho reduzido ou em formato que torne impraticável a afixação da etiqueta mencionada no caput deste artigo, a declaração deve estar contida em local de destaque no manual de instruções fornecido pelo fabricante ao usuário.

Art. 7º Exceto quando explicitamente estabelecido o contrário neste Regulamento, todo equipamento de radiação restrita deve ser projetado para assegurar que nenhuma outra antena além daquela com ele fornecida possa ser usada.

§ 1º O uso de uma antena incorporada (com conexões permanentes) ao equipamento é considerado suficiente como atendimento ao disposto no caput deste artigo.

§ 2º O uso de conectores genéricos de antenas ou elétricos não é permitido.

Art. 8º Nas faixas de frequências da Tabela I não é admitida a utilização de equipamentos de radiação restrita. Nestas frequências, admite-se somente emissões espúrias provenientes dos mencionados equipamentos que estejam operando em outra faixa.

Tabela I  
Faixas com restrições de uso

MHz	MHz	MHz	GHz
0,090-0,110	13,36-13,41	399,9-410	5,35-5,46
0,495-0,505	16,42-16,423	608-614	6,65-6,6752
2,1735-2,1905	16,69475-16,69525	952-1215	8,025-8,5
4,125-4,128	16,80425-16,80475	1300-1427	9,0-9,2
4,17725-4,17775	21,87-21,924	1435-1646,5	9,3-9,5
4,20725-4,20775	23,2-23,35	1660-1710	10,6-11,7
6,215-6,218	25,5-25,67	1718,8-1722,2	12,2-12,7
6,26775-6,26825	37,5-38,25	2200-2300	13,25-13,4
6,31175-6,31225	73-74,6	2483,5-2500	14,47-14,5
8,291-8,294	74,8-75,2	2655-2900	15,35-16,2
8,362-8,366	108-138	3260-3267	20,2-21,26
8,37625-8,38675	149,9-150,05	3332-3339	22,01-23,12
8,41425-8,41475	156,52475-156,52525	3345,8-3352,5	23,6-24,0
12,29-12,293	156,7-156,9	4200-4400	31,2-31,8
12,51975-12,52025	242,95-243	4800-5150	36,43-36,5
12,57675-12,57725	322-335,4		Acima de 38,6

Parágrafo único. Excepcionalmente, os Sistemas de Comunicações de Implantes Médicos (MICS) estão autorizados a operar na faixa de 402 MHz a 405 MHz, desde que atendam ao estabelecido no art. 19.

Art. 9º Exceto quando explicitamente estabelecido o contrário neste Regulamento, as emissões de um equipamento de radiação restrita não devem ser superiores aos níveis de intensidade de campo especificados na Tabela II.

§ 1º Nas faixas 54-72 MHz, 76-88 MHz, 174-216 MHz e 470-806 MHz, a operação de equipamentos de radiação restrita somente poderá ser feita sob condições específicas estabelecidas neste Regulamento.

Tabela II  
Limites Gerais de Emissão

Faixa de frequências (MHz, onde não especificado)	Intensidade de campo (microvolt por metro)	Distância da Medida (metro)
9-490 kHz	2400/F(kHz)	300
490-1705 kHz	24000/F(kHz)	30
1,705-30	30	30
30-88	100	3
88-216	150	3
216-960	200	3
Acima de 960	500	3

§ 2º A intensidade de campo de um equipamento de radiação restrita operando nas faixas 26,96-27,28 MHz e 49,82-49,90 MHz não deve exceder a:

I – 10.000 microvolts por metro a 3 metros do emissor, para as emissões na frequência portadora;

II – 500 microvolts por metro a 3 metros do emissor, para as emissões fora de faixa, inclusive harmônicas, em qualquer frequência afastada mais de 10 kHz da portadora.

§ 3º A intensidade de campo de equipamentos de radiação restrita operando nas faixas de 40,66 MHz a 40,70 MHz não deve exceder 1.000 microvolts por metro a 3 metros do emissor.

§ 4º Os limites de intensidade de campo média, medida a uma distância de 3 metros, de um equipamento de radiação restrita operando nas faixas 902-907,5 MHz, 915-928 MHz, 2400-2483,5 MHz, 5725-5875 MHz e 24,00-24,25 GHz não devem exceder ao especificado na Tabela III. A intensidade de campo de pico de qualquer emissão não deve exceder o valor médio especificado por mais de 20 dB. As emissões fora das faixas de frequências especificadas, exceto harmônicos, devem estar atenuadas por, no mínimo, 50 dB do nível da fundamental ou atender aos limites gerais de emissão da Tabela II, devendo-se considerar o menor entre os dois valores.

Tabela III

Frequência Fundamental	Intensidade de Campo da Frequência Fundamental (milivolt por metro)	Intensidade de Campo de Harmônicos (microvolt por metro)
902-907,5 MHz	50	500
915-928 MHz	50	500
2400-2483,5 MHz	50	500
5725-5875 MHz	50	500
24,00-24,25 GHz	250	2500

§ 5º A utilização da faixa de radiofrequências de 433 MHz a 435 MHz por equipamentos de radiação restrita em áreas internas de edificações poderá ser feita com potência irradiada limitada ao valor máximo de 10 mW (*e.i.r.p.*).

### CAPÍTULO III DAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DE USO

Art. 10. As disposições estabelecidas neste Capítulo apresentam, entre outros aspectos, limites de emissão alternativos àqueles do art. 9º para equipamentos de radiação restrita destinados a aplicações específicas e operando em determinadas faixas de frequências.

Art. 11. Na maioria dos casos, emissões indesejáveis fora das faixas de frequências explicitadas nas disposições estabelecidas neste Capítulo devem ser atenuadas para os limites da Tabela II. Em hipótese alguma o nível das emissões indesejáveis pode exceder a intensidade de campo da emissão fundamental.

Art. 12. Para as aplicações específicas previstas neste Capítulo, nos casos em que a estabilidade de frequência não seja definida, a frequência fundamental deve ser mantida no intervalo abaixo definido, a fim de minimizar a possibilidade de operação fora de faixa.

$$[f_{\text{inf}} + 0,1.(f_{\text{sup}} - f_{\text{inf}})] < f < [f_{\text{sup}} - 0,1.(f_{\text{sup}} - f_{\text{inf}})]$$

onde:

$f_{\text{inf}}$  = valor da frequência do limite inferior da faixa permitida; e

$f_{\text{sup}}$  = valor da frequência do limite superior da faixa permitida.

#### Seção I Dispositivos de Operação Periódica

Art. 13. Dispositivos de Operação Periódica operando nas faixas 40,66-40,70 MHz e acima de 70 MHz devem atender às seguintes condições:

I – A intensidade de campo emitida, medida a uma distância de 3 metros do dispositivo emissor, não deve exceder os valores da Tabela IV, respeitando o estabelecido no art. 8º. Os valores mais restritivos aplicam-se às frequências limites das faixas;

Tabela IV

Frequência Fundamental (MHz)	Intensidade de Campo da Frequência Fundamental (microvolt por metro)	Intensidade de Campo de Emissões Espúrias (microvolt por metro)
40,66-40,70	1.000	100
70-130	500	50
130-174	500 a 1.500 (interpolação linear)	50 a 100
174-260	1.500	150
260-470	1.500 a 5.000 (interpolação linear)	150 a 500 (interpolação linear)
Acima de 470	5.000	500

II – A largura de faixa da emissão, determinada pelos pontos de 20 dB abaixo da portadora modulada, deve estar limitada a 0,25% da frequência central, para dispositivos operando acima de 70 MHz e abaixo de 900 MHz. Para dispositivos operando acima de 900 MHz, a largura de faixa da emissão acima mencionada não deve exceder 0,5% da frequência central;

III – Para dispositivos operando na faixa 40,66-40,70 MHz, a largura de faixa da emissão deve estar confinada à mencionada faixa e a tolerância de frequência da portadora deve ser de  $\pm 0,01\%$ , para uma variação de temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+50^{\circ}\text{C}$  e para uma variação de voltagem de alimentação primária de 85% a 115% da voltagem nominal em uma temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ . Equipamentos que funcionam com baterias devem ser testados com tensão nominal das baterias;

IV – O dispositivo deve ser provido de meios que automaticamente limitem sua operação tal que a duração de cada transmissão não seja superior a um segundo e o período de silêncio entre transmissões seja de, no mínimo, 30 vezes a duração da transmissão, mas nunca menos de 10 segundos.

Art. 14. Dispositivos de Operação Periódica operando nas faixas 40,66-40,70 MHz e acima de 70 MHz, cuja emissão está restrita à transmissão de um sinal de controle tais como aqueles usados com sistemas de alarme, dispositivos de abrir e fechar porta, chaves remotas, devem atender às seguintes condições:

I – A intensidade de campo emitida, medida a uma distância de 3 metros do dispositivo emissor, não deve exceder os valores da Tabela V, respeitando o estabelecido no art. 8º. Os valores mais restritivos aplicam-se às frequências limites das faixas;

Tabela V

Frequência Fundamental (MHz)	Intensidade de Campo da Frequência Fundamental (microvolt por metro)	Intensidade de Campo de Emissões Espúrias (microvolt por metro)
40,66-40,70	2.250	225
70-130	1.250	125
130-174	1.250 a 3.750 (interpolação linear)	125 a 375
174-260	3.750	375
260-470	3.750 a 12.500 (interpolação linear)	375 a 1.250 (interpolação linear)
Acima de 470	12.500	1.250

II – As disposições dos incisos II e III do art. 13 também se aplicam aos dispositivos de operação periódica objeto deste art. 14;

III – Se operado manualmente, o dispositivo deve conter uma chave que desative automaticamente o transmissor, no máximo, 5 segundos após cessar a operação manual;

IV – Se o transmissor for ativado automaticamente, deve cessar a transmissão, no máximo, 5 segundos após sua ativação;

V – Transmissões periódicas em intervalos regulares predeterminados somente são admissíveis em transmissões de supervisão ou de varredura para determinar a integridade sistêmica de transmissores utilizados em aplicações de segurança. Neste caso, a taxa periódica de transmissão não deve ser superior a 1 (um) segundo de duração por hora, para cada transmissor.

Parágrafo único. Não é permitida a operação, nas condições estabelecidas neste artigo, de:

I – Telecomandos (ou controles remotos) para brinquedos;

II – Sistemas de transmissão contínua, tais como voz ou vídeo;

III – Sistemas de transmissão de dados, exceto aqueles relacionados com o uso de códigos de reconhecimento utilizados para identificar o sensor que é ativado ou para identificar um componente particular como parte do sistema.

## Seção II Equipamentos de Telemedicação e Microfone sem Fio

Art. 15. Equipamentos de Telemedicação e Microfone sem Fio, operando na faixa de frequências 88-108 MHz, devem atender às seguintes condições:

I – As emissões devem estar confinadas numa faixa de 200 kHz de largura cujo centro é a frequência nominal de operação. A faixa de 200 kHz deve estar totalmente contida na faixa especificada no caput deste artigo;

II – A intensidade de campo de qualquer emissão dentro da faixa especificada de 200 kHz não deve exceder 250 microvolts por metro a 3 metros do equipamento e qualquer emissão fora de faixa deve estar limitada aos valores estabelecidos no art. 9º.

Art. 16. Equipamentos Microfone sem Fio operando nas faixas de frequências de 54-72 MHz, 76-88 MHz, 174-216 MHz, 470-608 MHz e 614-806 MHz devem atender às seguintes condições:

I – A largura de faixa ocupada não deve exceder a 200 kHz e deve estar totalmente contida em uma das faixas especificadas no caput deste artigo;

II – A emissão em qualquer frequência discreta fora da faixa autorizada deve estar atenuada em relação à potência média de saída do transmissor de:  $43 + 10 \log_{10}(P)$  dB, onde P é a potência média de saída em Watts.

III – A estabilidade de frequência do transmissor deve ser de 0,005%;

IV – A potência da portadora não modulada medida na saída do amplificador de potência do transmissor (conector de entrada da antena) deve estar limitada aos valores constantes da Tabela VI;

V – Quando for empregada modulação em frequência o desvio máximo permitido é de  $\pm 75$  kHz, sendo admitidas outras formas de modulação;

Tabela VI

Faixa de frequências (MHz)	Potência (miliwatt)
54-72	50
76-88	50
174-216	50
470-608	250
614-806	250



### Seção III

#### Equipamentos de Telemedicação Biomédica

Art. 17. Equipamentos de Telemedicação Biomédica operando na faixa de frequências 174-216 MHz devem atender às seguintes condições:

I – As emissões devem estar confinadas numa faixa de 200 kHz de largura cujo centro é a frequência nominal de operação. A faixa de 200 kHz deve estar totalmente contida na faixa especificada no caput deste artigo;

II – A intensidade de campo de qualquer emissão dentro da faixa especificada de 200 kHz não deve exceder 1.500 microvolts por metro a 3 metros do equipamento e qualquer emissão fora de faixa deve estar limitada 150 microvolts por metro também a 3 metros do equipamento.

Art. 18. Equipamentos de Telemedicação Biomédica também podem operar nas faixas de frequências destinadas a estações de radiodifusão de sons e imagens. Neste caso, as emissões fundamentais devem estar contidas na faixa 512-566 MHz e o seu uso restrito a hospitais.

Art. 19. Sistemas de Comunicações de Implantes Médicos (MICS) podem operar na faixa entre 402 MHz e 405 MHz, desde que a potência (e.i.r.p) esteja limitada a 25 microwatts em uma largura de faixa de referência de 300 kHz.

### Seção IV

#### Equipamentos de Telemedicação de Características de Material

Art. 20. Equipamentos de Telemedicação de Características de Material, operando nas faixas 890-907,5 MHz e 915-940 MHz devem atender às seguintes condições:

I – Proibida a comunicação de voz ou transmissão de qualquer outro tipo de mensagem;

II – A intensidade de campo de qualquer emissão na frequência especificada não deve exceder 500 microvolts por metro a 30 metros do equipamento e qualquer emissão fora de faixa deve estar de acordo com os limites gerais de emissão radiada especificados no art. 9º;

III – O dispositivo não deve possuir qualquer controle externo ou acessível ao usuário que permita o ajuste ou operação de maneira inconsistente com o estabelecido neste artigo;

IV – Qualquer eventual antena que venha a ser utilizada deve estar conectada ao equipamento de forma permanente e não deve ser passível de modificação pelo usuário.

### Seção V

#### Emissor-Sensor de Variação de Campo Eletromagnético

Art. 21. Emissor-sensor de Variação de Campo Eletromagnético, excluindo-se sistemas de proteção de perímetro, operando nas faixas 902-907,5 MHz, 915-928 MHz, 2435-2465 MHz, 5785-5815 MHz, 10500-10550 MHz e 24075-24175 MHz deve atender às seguintes condições:

I – A intensidade de campo a 3 metros do emissor nas faixas de frequências especificadas deve estar de acordo com o constante da Tabela VII;

Tabela VII

Frequência Fundamental (MHz)	Intensidade de Campo da Frequência Fundamental (milivolt por metro)	Intensidade de Campo de Harmônicos (milivolt por metro)
902-907,5	500	1,6
915-928	500	1,6
2435-2465	500	1,6
5785-5815	500	1,6
10500-10550	2.500	25
24075-24175	2.500	25

II – Independente dos limites constantes da Tabela VII, as emissões de harmônicos, nas faixas com restrições abaixo de 17,7 GHz constantes da Tabela I, devem atender ao estabelecido no art. 9º;

III – Nas faixas com restrições iguais ou superiores a 17,7 GHz constantes da Tabela I, aplicam-se os seguintes requisitos:

a) Para Emissor-Sensor de Variação de Campo Eletromagnético, projetado para uso exclusivamente no interior de construções prediais ou para abrir portas de construções prediais, a intensidade de campo não deve ser superior 25 milivolts por metro, a 3 metros do emissor;

b) Emissor-Sensor de Variação de Campo Eletromagnético, projetado para uso em veículos motorizados ou aeronaves, deve incluir característica que impeça sua operação contínua, a não ser que suas emissões estejam plenamente de acordo com os limites estabelecidos no art. 9º;

c) É permitida a operação contínua de Emissor-Sensor de Variação de Campo Eletromagnético projetado para ser usado em equipamentos agrícolas, veículos para uso essencialmente no interior de construções prediais ou em operações especiais, em locomotivas, em vagões e em outros equipamentos que viajam em trilhas fixas. Emissor-Sensor de Perturbação de Campo Eletromagnético não será considerado operar em modo contínuo se sua operação estiver restrita a atividades específicas de duração limitada.

IV – Emissões fora das faixas de frequências aqui estabelecidas, exceto harmônicos, devem ser atenuadas, no mínimo, 50 dB em relação ao nível da frequência fundamental ou devem atender aos valores estabelecidos no art. 9º, prevalecendo a menor atenuação.

Art. 22. Sensores de variação de campo eletromagnético instalados em veículo e utilizados como sistemas de radar de veículo operando nas faixas 46,7-46,9 GHz e 76-77 GHz devem atender às seguintes condições:

I – Se o veículo não estiver em movimento, a densidade de potência de qualquer emissão nas faixas de operação especificadas não deve exceder a 200 nanowatts/cm<sup>2</sup> a uma distância de 3 metros da superfície externa da estrutura de radiação;

II – Para sensores de variação de campo instalados em qualquer parte a ser vista frontalmente no veículo, a densidade de potência de qualquer emissão dentro das faixas de operação especificadas, quando o veículo estiver em movimento, não deve ser superior 60 microwatts/cm<sup>2</sup> a uma distância de 3 metros da superfície externa da estrutura de radiação;

III – Para sensores de variação de campo instalados em qualquer parte a ser vista lateralmente ou por trás do veículo, a densidade de potência de qualquer emissão dentro das faixas de operação

especificadas, quando o veículo estiver em movimento, não deve ser superior 30 microwatts/cm<sup>2</sup> a uma distância de 3 metros da superfície externa da estrutura de radiação;

IV – A densidade de potência de qualquer emissão fora das faixas de operação deve consistir somente de emissões espúrias e não deve exceder a:

a) 2 picowatts/cm<sup>2</sup> a 3 metros da superfície externa da estrutura de radiação, para sensores de variação de campo instalados em veículos operando na faixa de 46,7-46,9 GHz;

b) 600 picowatts/cm<sup>2</sup> a 3 metros da superfície externa da estrutura de radiação, para sensores de variação de campo instalados em qualquer parte a ser vista frontalmente no veículo operando na faixa de 76-77 GHz;

c) 300 picowatts/cm<sup>2</sup> a 3 metros da superfície externa da estrutura de radiação, para sensores de variação de campo instalados em qualquer parte a ser vista lateralmente ou por trás do veículo operando na faixa de 76-77 GHz;

d) Qualquer emissão abaixo de 40 GHz não deve exceder ao estabelecido no art. 9º.

V – Emissões na frequência fundamental devem estar restritas às faixas de frequências especificadas neste artigo durante todas as condições de operação.

Parágrafo único. Não é permitido o uso dos dispositivos objeto deste artigo em aeronaves ou satélites.

Art. 23. Emissor-sensor de Variação de Campo Eletromagnético utilizado em sistemas de proteção de perímetro pode operar nas faixas de frequências de 54 MHz a 72 MHz e 76 MHz a 88 MHz, desde que as emissões fundamentais estejam totalmente contidas nas mencionadas faixas e os limites gerais de emissão estabelecidos no art. 9º sejam atendidos.

Parágrafo único. O uso de sistemas de proteção de perímetro funcionando nestas faixas não é permitido em residências.

Art. 24. Emissor-sensor de Variação de Campo Eletromagnético utilizado em sistemas de proteção de perímetro operando na faixa de frequências de 40,66 a 40,70 MHz deve ter a intensidade de campo de qualquer emissão limitada a 500 microvolts por metro a 3 metros do emissor.

Parágrafo único. A intensidade de campo de qualquer emissão fora de faixa não deve exceder os limites gerais de emissão estabelecidos no art. 9º.

## Seção VI Dispositivo de Auxílio Auditivo

Art. 25. Dispositivo de Auxílio Auditivo operando nas faixas de frequências 72,0-73,0 MHz, 74,6-74,8 MHz e 75,2-76,0 MHz deve atender às seguintes condições:

I – As emissões devem estar confinadas numa faixa de 200 kHz de largura centrada na frequência de operação. A faixa de 200 kHz deve estar totalmente contida nas faixas de frequências especificadas no caput deste artigo;

II – A intensidade de campo de qualquer emissão dentro da faixa permitida de 200 kHz não deve exceder 80 milivolts por metro a 3 metros do equipamento e qualquer emissão fora de faixa deve estar limitada a 1.500 microvolts por metro também a 3 metros do equipamento.

## Seção VII Sistemas de Telefone sem Cordão

Art. 26. Os Sistemas de Telefone sem Cordão devem operar nas condições estabelecidas nesta Seção.

Parágrafo único. Os Sistemas de Telefone sem Cordão, podem utilizar faixas de frequências diferentes das faixas estabelecidas nesta Seção, desde que atendam aos limites gerais de emissão descritos na Tabela II deste Regulamento.

Art. 27. Faixas de frequências: 43,7-47 MHz e 48,7-50 MHz, de acordo com a canalização descrita na Tabela VIII, 902-907,5 MHz e 915-928 MHz, para as quais não é definida uma canalização específica.

Tabela VIII

Canal N°	Transmissão Base (MHz)	Transmissão do Monofone (MHz)
1	43,720	48,760
2	43,740	48,840
3	43,820	48,860
4	43,840	48,920
5	43,920	49,020
6	43,960	49,080
7	44,120	49,100
8	44,160	49,160
9	44,180	49,200
10	44,200	49,240
11	44,320	49,280
12	44,360	49,360
13	44,400	49,400
14	44,460	49,460
15	44,480	49,500
16	46,610	49,670
17	46,630	49,845
18	46,670	49,860
19	46,710	49,770
20	46,730	49,875
21	46,770	49,830
22	46,830	49,890
23	46,870	49,930
24	46,930	49,990
25	46,970	49,970

Art. 28. A intensidade de campo das emissões nas frequências portadoras das faixas especificadas no art. 27 não deve exceder aos limites estabelecidos na Tabela IX.

Tabela IX

Faixa (MHz)	Intensidade de Campo (microvolt por metro)	Distância (m)
43,7-47 e 48,7-50	10.000	3
902-907,5 e 915-928	50.000	3

Art. 29. A largura de faixa ocupada do canal deve ser a menor possível com o objetivo de reduzir interferências entre canais adjacentes e não poderá ser superior aos limites estabelecidos na Tabela X.

Tabela X

Faixa (MHz)	Largura de Faixa Ocupada Máxima (kHz)
43,7-47 e 48,7-50	20
902-907,5 e 915-928	150

Art. 30. Sistemas Telefones sem Cordão operando nos canais de 1 a 15 da Tabela VIII e nas faixas 902-907,5 MHz e 915-928 MHz devem incorporar mecanismo de seleção automática de canal que evite o estabelecimento de um enlace em frequência já ocupada.

Art. 31. Para Telefones sem Cordão operando na faixa de 43,7 MHz a 47 MHz e de 48,7 MHz a 50 MHz a estabilidade de frequência deve ser de 0,01% da frequência de operação, para uma variação de temperatura de  $-10^{\circ}$  C a  $+50^{\circ}$  C na tensão nominal de alimentação e para valores variando de 85% a 115% da tensão nominal a  $20^{\circ}$  C.

Art. 32. Aos Sistemas Telefones sem Cordão que utilizem a tecnologia de espalhamento espectral devem ser aplicadas as condições estabelecidas na Seção IX.

#### Seção VIII Sistemas de Ramal sem Fio de CPCT

Art. 33. Os Sistemas de Ramal sem Fio de CPCT devem operar nas condições estabelecidas nesta Seção.

Art.34. Nas seguintes faixas de frequências:

I – Faixa 864-868 MHz, de acordo com a canalização descrita na Tabela XI;

Tabela XI

Canal N°	Frequência (MHz)
01	864,15
02	864,25
03	864,35
04	864,45
05	864,55

06	864,65
07	864,75
08	864,85
09	864,95
10	865,05
11	865,15
12	865,25
13	865,35
14	865,45
15	865,55
16	865,65
17	865,75
18	865,85
19	865,95
20	866,05
21	866,15
22	866,25
23	866,35
24	866,45
25	866,55
26	866,65
27	866,75
28	866,85
29	866,95
30	867,05
31	867,15
32	867,25
33	867,35
34	867,45
35	867,55
36	867,65
37	867,75
38	867,85
39	867,95
40	868,05

II – Faixa 944-948 MHz na canalização descrita na Tabela XII;

Tabela XII

Canal N°	Frequência (MHz)
01	944,15
02	944,25
03	944,35
04	944,45
05	944,55
06	944,65
07	944,75
08	944,85
09	944,95

10	945,05
11	945,15
12	945,25
13	945,35
14	945,45
15	945,55
16	945,65
17	945,75
18	945,85
19	945,95
20	946,05
21	946,15
22	946,25
23	946,35
24	946,45
25	946,55
26	946,65
27	946,75
28	946,85
29	946,95
30	947,05
31	947,15
32	947,25
33	947,35
34	947,45
35	947,55
36	947,65
37	947,75
38	947,85
39	947,95
40	948,05

III – Faixa 1910-1930 MHz para a qual não é definida uma canalização. Entretanto, não são admitidos Sistemas de Ramal sem Fio de CPCT que operem em canalização com espaçamento entre portadoras superior a 2 MHz.

Art. 35. A potência de pico máxima na saída do transmissor deve estar limitada a 250 mW.

Parágrafo único. Sistemas que façam uso de antenas com ganho superior a 2 dBi devem ter a potência máxima na saída do transmissor reduzida pela correspondente quantidade em dB que o ganho da antena exceder a 2 dBi.

Art. 36. A largura de faixa ocupada pelo canal deve ser a menor possível com o objetivo de reduzir interferências entre canais adjacentes e não poderá ser superior aos limites estabelecidos na Tabela XIII.

Tabela XIII

Faixa (MHz)	Largura de Faixa Ocupada Máxima (kHz)
864-868	100
944-948	100
1910-1930	2000

Art. 37. Os Sistemas de Ramal sem Fio de CPCT, operando de acordo com o estabelecido neste artigo, poderão ter acesso a qualquer um dos canais da faixa específica em que esteja operando, conforme art. 34, devendo, no entanto, usar duplexação por divisão no tempo (TDD), isto é, transmissão e recepção no mesmo canal de radiofrequências. Adicionalmente, devem incorporar mecanismo de seleção dinâmica de canal, que permita que, mesmo durante a conversação, os canais ocupados sejam monitorados e efetuada uma troca, caso haja um canal em melhores condições do que aquele em uso.

Art. 38. Aos Sistemas de Ramal sem Fio de CPCT que utilizem a tecnologia de espalhamento espectral devem ser aplicadas as condições estabelecidas na Seção IX.

### Seção IX

#### Equipamentos Utilizando Tecnologia de Espalhamento Espectral ou outras Tecnologias de Modulação Digital

Art. 39. Equipamentos Utilizando Tecnologia de Espalhamento Espectral ou outras Tecnologias de Modulação Digital operando nas faixas de radiofrequências 902-907,5 MHz, 915-928 MHz, 2400-2483,5 MHz e 5725-5850 MHz devem atender às condições estabelecidas nesta Seção.

§1º . Exceto quando estabelecido o contrário, os equipamentos operando de acordo com o estabelecido nesta Seção podem ser utilizados em aplicações ponto-a-ponto e ponto-multiponto do serviço fixo e em aplicações do serviço móvel.

§2º As condições estabelecidas nesta Seção, para a faixa de radiofrequências de 2400-2483,5 MHz, não valem para os equipamentos cujas estações correspondentes utilizem potência *e.i.r.p.* superior a 400 mW, em localidades com população superior a 500.000 habitantes. Neste caso, as estações deverão ser licenciadas junto à Agência, nos termos da regulamentação específica pertinente a esta faixa.

§3º Na faixa de radiofrequências de 2400-2483,5 MHz, será admitido apenas o uso de Tecnologia de Espalhamento Espectral ou Tecnologia de Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequência– OFDM.

Art. 40. Sistemas de salto em frequência devem possuir as seguintes características:

I – As frequências portadoras dos canais de salto devem estar separadas por um mínimo de 25 kHz ou pela largura de faixa do canal de salto a 20 dB, devendo ser considerado o maior valor;

II – O sistema deve saltar para as frequências selecionadas na taxa de salto a partir de uma lista de frequências de salto ordenadas de forma pseudoaleatória;

III – Cada transmissor deve, em média, usar igualmente cada uma das frequências;



IV – Os receptores do sistema devem ter largura de faixa de entrada compatível com a largura de faixa do canal de salto dos respectivos transmissores e devem mudar as frequências em sincronia com os sinais transmitidos;

V – Em adição ao estabelecido nos incisos anteriores, os requisitos a seguir se aplicam aos sistemas de salto em frequência operando nas faixas 902-907,5 MHz e 915-928 MHz:

a) A potência de pico máxima de saída do transmissor não deve ser superior a 1 Watt para sistemas que empreguem no mínimo 50 canais de salto e 0,25 Watt para sistemas empregando menos de 50 canais de salto;

b) Se a largura de faixa do canal de salto a 20 dB for inferior a 250 kHz, o sistema deve usar, no mínimo, 50 frequências de salto e o tempo médio de ocupação de qualquer frequência não deve ser superior a 0,4 segundos num intervalo de 20 segundos;

c) Se a largura de faixa do canal de salto a 20 dB for igual ou maior que 250 kHz, o sistema deve usar, no mínimo, 25 frequências de salto e o tempo médio de ocupação de qualquer frequência não deve ser superior a 0,4 segundos num intervalo de 10 segundos;

d) A máxima largura de faixa ocupada do canal de salto a 20 dB deve estar limitada a 500 kHz.

VI - Em adição ao estabelecido nos incisos de I a IV, sistemas de salto em frequência operando na faixa de radiofrequências de 2400 MHz a 2483,5 MHz devem atender aos seguintes requisitos:

a) Os sistemas devem utilizar, no mínimo, 15 frequências de salto não coincidentes;

b) O tempo médio de ocupação de qualquer frequência não deve ser superior a 0,4 segundos num intervalo de 0,4 segundos multiplicado pelo número de canais de salto utilizado;

c) Os sistemas podem evitar ou suprimir transmissões em uma frequência de salto particular, desde que, no mínimo, 15 canais de salto não coincidentes sejam utilizados;

d) Para os sistemas que utilizam menos de 75 frequências de salto, a potência de pico máxima de saída do transmissor é limitada a 125 mW;

e) Para os sistemas que utilizam um número de frequências de salto maior ou igual a 75, a potência de pico máxima de saída do transmissor é limitada a 1 Watt.

VII – Em adição ao estabelecido nos incisos de I a IV, sistemas de salto em frequência operando na faixa de radiofrequências de 5725 MHz a 5850 MHz devem atender aos seguintes requisitos:

a) A potência de pico máxima de saída do transmissor não deve ser superior a 1 Watt;

b) O sistema deve usar no mínimo 75 frequências de salto;

c) A máxima largura de faixa ocupada do canal de salto a 20 dB deve estar limitada a 1 MHz;

d) O tempo médio de ocupação de qualquer frequência não deve ser superior a 0,4 segundos num intervalo de 30 segundos.

Art. 41. Sistemas utilizando seqüência direta ou outras técnicas de modulação digital, devem possuir as seguintes características:

I – A largura de faixa a 6 dB deve ser, no mínimo, 500 kHz;

II – A potência de pico máxima de saída do transmissor não pode ser superior a 1 Watt;

III – O pico da densidade espectral de potência, em qualquer faixa de 3 kHz durante qualquer intervalo de tempo de transmissão contínua, não deve ser superior a 8 dBm;

IV – Para os sistemas operando faixa de radiofrequências de 2400-2483,5 MHz, cujas estações correspondentes utilizem potência *e.i.r.p.* igual ou inferior a 400 mW, em localidades com população superior a 500.000 habitantes, o pico da densidade espectral de potência, em qualquer faixa de 3 kHz durante qualquer intervalo de tempo de transmissão contínua, não deve ser superior a 4 dBm.

Art. 42. Para os propósitos desta seção, sistemas híbridos são aqueles que utilizam uma combinação de técnicas de modulação em seqüência direta ou outras técnicas de modulação digital e técnicas de saltos em freqüência. A operação com saltos em freqüência do sistema híbrido, com a operação em seqüência direta ou outra modulação digital desligada, deve ter um tempo médio de ocupação, em qualquer freqüência, não superior a 0,4 s, em um período de tempo, em segundos, igual ao número de freqüências de salto utilizadas multiplicado por 0,4. A operação em seqüência direta ou em outra modulação digital do sistema híbrido, com a operação por saltos em freqüência desligada, deve obedecer aos requisitos de densidade de potência estabelecidos no inciso III do art. 41.

Art. 43. Exceto nos casos previstos a seguir, equipamentos utilizando tecnologia de espalhamento espectral ou outras tecnologias de modulação digital, que façam uso de antenas de transmissão com ganho direcional superior a 6 dBi, devem ter a potência de pico máxima na saída do transmissor reduzida para valores abaixo daqueles especificados nos incisos V, VI e VII do art. 40 e no inciso II do art. 41, pela quantidade em dB que o ganho direcional da antena exceder a 6 dBi.

I - Sistemas operando na faixa de 2400-2483,5 MHz e utilizados exclusivamente em aplicações ponto-a-ponto do serviço fixo podem fazer uso de antenas de transmissão com ganho direcional superior a 6 dBi, desde que potência de pico máxima na saída do transmissor seja reduzida de 1 dB para cada 3 dB que o ganho direcional da antena exceder a 6 dBi.

II – Sistemas operando na faixa 5725-5850 MHz e utilizados exclusivamente em aplicações ponto-a-ponto do serviço fixo podem fazer uso de antenas de transmissão com ganho direcional superior a 6 dBi sem necessidade de uma correspondente redução na potência de pico máxima na saída do transmissor.

§ 1º Sistemas utilizados de acordo com o estabelecido nos incisos I e II deste artigo excluem o uso de aplicações ponto-multiponto, aplicações omnidirecionais e múltiplos equipamentos numa mesma instalação transmitindo a mesma informação.

§ 2º O responsável pela operação de um equipamento funcionando de acordo com o estabelecido nos incisos I e II deste artigo deve assegurar que o sistema seja utilizado exclusivamente em aplicações ponto-a-ponto do serviço fixo. Informações sobre tal responsabilidade deve constar, com destaque, no manual de instruções fornecido pelo fabricante.

Art. 44. A potência de radiofreqüência produzida, em qualquer largura de faixa de 100 kHz fora de qualquer uma das faixas na qual o sistema esteja operando, conforme estabelecido nesta Seção, deve

estar, no mínimo, 20 dB abaixo da potência máxima produzida num intervalo de 100 kHz dentro da faixa de operação.

## Seção X Sistema de Acesso sem Fio em Banda Larga para Redes Locais

Art. 45. Sistema de Acesso sem Fio em Banda Larga para Redes Locais, operando nas faixas de radiofrequências de 5150-5350 MHz e 5470-5725 MHz, devem ser utilizados em aplicações do serviço móvel.

Parágrafo único. As aplicações do serviço móvel a serem usufruídas pelos usuários dos Sistemas de Acesso sem Fio em Banda Larga para Redes Locais serão nomádicas, ou seja, aquelas referentes ao acesso sem fio em que o terminal do usuário pode se mover livremente dentro da área de cobertura mas que, quando em uso, permanecerá estacionário.

Art. 46. Sistema de Acesso sem Fio em Banda Larga para Redes Locais, operando na faixa de radiofrequências de 5150-5350 MHz, devem atender às seguintes condições:

- I – As emissões devem estar confinadas aos ambientes internos das edificações;
- II – O valor médio da potência *e.i.r.p.* é limitado ao máximo de 200 mW;
- III – O valor médio da densidade espectral de potência *e.i.r.p.* é limitado ao máximo de 10 mW/MHz.

Art. 47. Sistema de Acesso sem Fio em Banda Larga para Redes Locais, operando na faixa de radiofrequências de 5470-5725 MHz, devem atender às seguintes condições:

- I - A potência na saída do transmissor é limitada ao máximo de 250 mW;
- II - O valor médio da potência *e.i.r.p.* é limitado ao máximo de 1 W;
- III – O valor médio da densidade espectral de potência *e.i.r.p.* é limitado ao máximo de 50 mW/MHz.

Art. 48. Para os sistemas operando de acordo com o estabelecido nesta Seção, as emissões espúrias ou fora de qualquer uma das faixas de operação, devem ser inferiores ao limite *e.i.r.p.* de -27dBm/MHz.

Art. 49. Os sistemas operando de acordo com os artigos 46 e 47 deste Regulamento, devem possuir um mecanismo de controle de potência de transmissão (*Transmit Power Control - TPC*) que permita a seleção da potência de transmissão de forma dinâmica e assegure um fator de mitigação de pelo menos 3 dB.

Parágrafo único. Excepcionalmente, será permitido o uso de equipamentos sem o mecanismo TPC. Neste caso o valor médio da potência *e.i.r.p.* deverá estar limitado a 100 mW para os equipamentos operando na faixa de radiofrequências de 5150-5350 MHz, e a 500 mW para os equipamentos operando na faixa de radiofrequências de 5470-5725 MHz.

Art. 50. Nas faixas de radiofrequências de 5250-5350 MHz e de 5470-5725 MHz, o Sistema de Acesso sem Fio em Banda Larga para Redes Locais deve utilizar mecanismo de seleção dinâmica de frequência (*Dynamic Frequency Selection - DFS*) com as seguintes características:

I – O tempo de verificação da disponibilidade do canal deverá ser de 60 segundos. Nenhuma transmissão deverá ser iniciada antes da verificação da disponibilidade do canal;

II – Após a verificação da disponibilidade do canal e tendo sido identificada sua ocupação, este canal estará sujeito a um período de não ocupação de 30 minutos;

III – Para os equipamentos operando com máxima *e.i.r.p.* menor que 200 mW, o mecanismo DFS deverá ser capaz de detectar sinais interferentes acima do limiar de -62 dBm, calculado durante um intervalo médio de 1 microssegundo;

IV – Para os equipamentos operando com máxima *e.i.r.p.* entre 200 mW e 1 W, o mecanismo DFS deverá ser capaz de detectar sinais interferentes acima do limiar de -64 dBm, calculado durante um intervalo médio de 1 microssegundo;

V – Caso seja detectado um sinal interferente com valor acima do limiar de detecção do DFS, todas as transmissões no respectivo canal devem cessar dentro de 10 segundos .

Parágrafo único. Admite-se o uso de mecanismo DFS na faixa de radiofrequência de 5150-5250 MHz, entretanto o uso deste mecanismo não é obrigatório nesta faixa.

## Seção XI

### Equipamento de Localização de Cabos

Art. 51. Equipamento de Localização de Cabos pode operar em qualquer frequência entre 9 kHz e 490 kHz, desde que atenda às seguintes condições:

I – De 9 kHz a 45 kHz (exclusive) a potência de pico de saída não deve ser superior a 10 Watts;

II – De 45 kHz a 490 kHz a potência de pico de saída não deve ser superior a 1 Watt.

## Seção XII

### Sistemas de Identificação Automática de Veículos

Art. 52. Sistemas de Identificação Automática de Veículos utilizando técnicas de varredura de frequência e operando nas faixas 2,9-3,26 GHz, 3,267-3,332 GHz, 3,339-3,3458 GHz e 3,358-3,6 GHz devem atender às seguintes condições:

I – A intensidade de campo em qualquer ponto dentro da faixa de frequência de varredura deve estar limitada a 3.000 microvolt/m/MHz a 3 metros do equipamento em qualquer direção;

II – Quando em sua posição de operação, os Sistemas de Identificação Automática de Veículos não devem produzir uma intensidade de campo superior a 400 microvolt/m/MHz a 3 metros do equipamento em qualquer direção dentro de  $\pm 10$  graus do plano horizontal;

III – A intensidade de campo de emissões fora da faixa de frequências de varredura deve estar limitada a 100 microvolt/m/MHz a 3 metros do equipamento medida de 30 MHz a 20 GHz para o sistema completo;

IV – A taxa de repetição mínima de varredura do sinal não deve ser inferior a 4000 varreduras por segundo e a máxima não deve ser superior a 50.000 varreduras por segundo;

V – A emissão de sinal de um Sistema de Identificação Automática de Veículos somente deve ocorrer quando o veículo a ser identificado estiver dentro do campo de radiação do sistema;

VI – Sistemas de Identificação Automática de Veículos devem conter, também na etiqueta prevista no art. 6º, informação sobre a variação, em graus, em relação ao plano horizontal que o equipamento (ou a antena) não pode ser apontado a fim de atender ao disposto no inciso II deste artigo.

### Seção XIII Sistemas de Telecomando

Art. 53. Sistemas de Telecomando operando nas faixas de 26 MHz, 27 MHz, 50 MHz, 53 MHz, 72 MHz e 75 MHz, para uso, exclusivamente, na operação remota de dispositivos de forma unidirecional devem atender às condições estabelecidas nesta Seção.

Parágrafo único. Não é permitida a operação de Sistema de Telecomando para:

- a) Transmissão de voz;
- b) Operação de um outro transmissor de telecomando a partir de um ponto que não aquele onde ele se encontra (operação por controle remoto);
- c) Transmissão de dados, exceto aqueles sinais codificados e usados com o propósito de reconhecimento do dispositivo específico sob controle.

Art. 54. Os Sistemas de Telecomando objeto desta Seção devem operar nas canalizações constantes das Tabelas XIV a XVIII.

Tabela XIV  
Canalização das Faixas de 26 MHz e de 27 MHz

Canal N°	Frequência (MHz)
01	26,995
02	27,045
03	27,095
04	27,145
05	27,195
06	27,255

Tabela XV  
Canalização da Faixa de 50 MHz

Canal N°	Frequência (MHz)
01	50,80
02	50,82
03	50,84
04	50,86

05	50,88
06	50,90
07	50,92
08	50,94
09	50,96
10	50,98

Tabela XVI  
Canalização da Faixa de 53 MHz

Canal N°	Frequência (MHz)
01	53,10
02	53,20
03	53,30
04	53,40
05	53,50
06	53,60
07	53,70
08	53,80

Tabela XVII  
Canalização da Faixa de 72 MHz

Canal N°	Frequência (MHz)
1	72,01
2	72,03
3	72,05
4	72,07
5	72,09
6	72,11
7	72,13
8	72,15
9	72,17
10	72,19
11	72,21
12	72,23
13	72,25
14	72,27
15	72,29
16	72,31
17	72,33
18	72,35
19	72,37
20	72,39
21	72,41
22	72,43
23	72,45
24	72,47
25	72,49

26	72,51
27	72,53
28	72,55
29	72,57
30	72,59
31	72,61
32	72,63
33	72,65
34	72,67
35	72,69
36	72,71
37	72,73
38	72,75
39	72,77
40	72,79
41	72,81
42	72,83
43	72,85
44	72,87
45	72,89
46	72,91
47	72,93
48	72,95
49	72,97
50	72,99

Tabela XVIII  
Canalização da Faixa de 75 MHz

Canal N°	Frequência (MHz)
01	75,41
02	75,43
03	75,45
04	75,47
05	75,49
06	75,51
07	75,53
08	75,55
09	75,57
10	75,59
11	75,61
12	75,63
13	75,65
14	75,67
15	75,69
16	75,71
17	75,73
18	75,75

19	75,77
20	75,79
21	75,81
22	75,83
23	75,85
24	75,87
25	75,89
26	75,91
27	75,93
28	75,95
29	75,97
30	75,99

Art. 55. A largura de faixa ocupada pelo canal deve ser a menor possível com o objetivo de reduzir interferências entre canais adjacentes e não poderá ser superior a 8 kHz.

Art. 56. A estabilidade de frequência dos transmissores de Sistemas de Telecomando deve ser de 0,005%.

Parágrafo único. Para os transmissores de Sistemas de Telecomando operando nas faixas de 72 MHz e de 75 MHz a estabilidade de frequência deve ser de 0,002%.

Art. 57. A potência máxima da portadora na saída do transmissor, sob qualquer condição de modulação, não deve exceder os limites da Tabela XIX.

Tabela XIX

Faixas de Frequências (MHz)	Potência (Watt)
26 e 27	4,00
50 e 53	1,00
72 e 75	0,75

Parágrafo Único. Para Sistemas de Telecomando operando na frequência 27,255 MHz, correspondente ao canal 6 da canalização constante da Tabela XIV, é admissível potência na saída do transmissor de até 25 Watts.

Art. 58. A antena utilizada em Sistemas de Telecomando não deve ter ganho em relação ao dipolo de meia onda e somente deve ser utilizada com polarização vertical.

Parágrafo único. A altura da antena em relação ao solo deve ser limitada a 18 metros.

Art. 59. O uso de Sistemas de Telecomando nas frequências das Tabelas XV e XVI está limitado aos portadores de Certificado de Operador de Estações de Radioamador (COER) de qualquer classe.

Art. 60. O uso de Sistemas de Telecomando nas frequências da Tabela XVII está limitado à operação de aeromodelos e nas frequências da Tabela XVIII à operação de modelos de superfície.

Art. 61. O usuário de um equipamento de telecomando funcionando de acordo com o estabelecido nesta Seção deve ser orientado sobre a responsabilidade de operar convenientemente o sistema, a fim de evitar interferências prejudiciais nas estações licenciadas e na recepção dos canais 4 e 5



de televisão. Informações sobre tal responsabilidade deve constar, com destaque, no manual de instruções fornecido pelo fabricante.

Seção XIV  
Equipamento de Radiocomunicação de Uso Geral

Art. 62. Equipamentos de Radiocomunicação de Uso Geral são destinados à comunicação bidirecional de voz entre duas pessoas e devem operar de acordo com as seguintes condições:

I – Nas faixas de frequências de 462,53 MHz a 462,74 MHz e de 467,53 MHz a 467,74 MHz de acordo com a canalização descrita na Tabela XX;

Tabela XX

Canal N°	Frequência (MHz)
01	462,5625
02	462,5875
03	462,6125
04	462,6375
05	462,6625
06	462,6875
07	462,7125
08	467,5625
09	467,5875
10	467,6125
11	467,6375
12	467,6625
13	467,6875
14	467,7125

II – A potência efetivamente radiada nas frequências portadoras especificadas nesta Seção XIII não deve exceder a 500 mW;

III – A largura de faixa ocupada pelo canal deve ser a menor possível com o objetivo de reduzir interferências entre canais adjacentes e não poderá ser superior a 12,5 kHz;

IV – A estabilidade de frequência de Equipamento de Radiocomunicação de Uso Geral deve ser de 0,00025%;

V – O uso do Equipamento de Radiocomunicação de Uso Geral na forma de transmissão unidirecional é admitido somente para:

- a) Estabelecer comunicação com outra pessoa;
- b) Enviar uma mensagem de emergência;
- c) Prover auxílio a viajante; ou
- d) Efetuar um rápido teste.

VI – O Equipamento de Radiocomunicação de Uso Geral pode transmitir tons para fazer contato ou continuar a comunicação com outro determinado equipamento do sistema. Se o tom for audível (em frequência superior a 300 Hz), sua duração não deve ser maior que 15 segundos. Se a frequência do tom for inferior a 300 Hz, ele pode ser transmitido continuamente enquanto o usuário estiver falando;

VII – Em hipótese alguma é permitida a interconexão de Equipamento de Radiocomunicação de Uso Geral às redes que dão suporte aos serviços prestados em regime público ou privado de interesse coletivo;

VIII – Usuários de Equipamento de Radiocomunicação de Uso Geral devem ser orientados pelo fabricante do produto que, a qualquer tempo e em qualquer canal, deve ser dada prioridade a mensagens de comunicação de emergência relacionadas com a segurança da vida.

#### Seção XV

#### Sistemas Rádio de Baixa Potência Operando em 19 GHz

Art. 63. Sistemas rádio de baixa potência para aplicações ponto-multiponto do serviço fixo, utilizados exclusivamente no interior de edificações devem operar de acordo com as condições estabelecidas nesta Seção.

Art. 64. As frequências portadoras dos canais de radiofrequência devem atender à canalização da Tabela XXI.

Tabela XXI

Canal No	Frequência (MHz)
1	19165
2	19175
3	19185
4	19195
5	19205
6	19215
7	19225
8	19235
9	19245
10	19255

Art. 65. A largura de faixa ocupada pelo canal deve ser a menor possível com o objetivo de reduzir interferências entre canais adjacentes e não pode ser superior a 17 MHz.

Art. 66. A variação da frequência da portadora deverá estar dentro do limite de 0,001 % da frequência nominal do canal.

Art. 67. A potência de saída entregue pelo transmissor à antena de uma estação deve ser a mínima necessária à realização do serviço com boa qualidade e adequada confiabilidade, ficando limitada ao valor máximo de 100 mW.

Parágrafo único. A utilização de potências de transmissão mais baixas, associadas a antenas de maior ganho, deverá ser adotada como um dos objetivos de projeto, ficando a EIRP limitada a 30 dBm.

Art. 68. Em qualquer faixa de 4 kHz entre 18,82 GHz e 18,87 GHz ou entre 19,16 GHz e 19,21 GHz, cuja frequência central esteja afastada da frequência central do canal em mais de 50% da largura de faixa de canal, a potência média das emissões deve estar atenuada do menor dos dois valores a seguir:

a)  $A = 35 + 0,003(F-0,5xB)$  dB; ou

b) 80 dB.

Parágrafo único. Na equação do caput deste artigo, “A” é a atenuação, em dB, abaixo do nível da potência de saída do canal para uma dada polarização; “F” é o valor absoluto, em kHz, da diferença entre a frequência central da faixa de 4 kHz e a frequência central do canal; e “B” é a largura de faixa do canal em kHz.

Art. 69. Em qualquer faixa de 4 kHz cuja frequência central esteja fora das faixas de 18,82 GHz a 18,87 GHz ou de 19,16 GHz a 19,21 GHz, a potência média das emissões deve estar atenuada de  $A = 43 + 10 \log(P)$  dB.

Parágrafo único. Na equação do caput deste artigo, “A” é a atenuação, em dB, abaixo do nível da potência de saída do canal para uma dada polarização e “P” é a potência média de saída, em Watt.

Art. 70. Sistemas rádio de baixa potência, operando de acordo com o estabelecido nesta Seção, poderão ter acesso a qualquer um dos canais da Tabela XXI, devendo, no entanto, usar duplexação por divisão no tempo (TDD), isto é, transmissão e recepção no mesmo canal de radiofrequências.

## Seção XVI Sistema de Sonorização Ambiental

Art. 71. Sistemas de Sonorização Ambiental operando entre 225 MHz e 270 MHz devem atender às seguintes condições:

I – As emissões devem estar confinadas numa faixa de, no máximo, 200 kHz de largura cujo centro é a frequência nominal de operação. A faixa de 200 kHz deve estar totalmente contida na faixa especificada no caput deste artigo;

II – A intensidade de campo de qualquer emissão dentro da faixa especificada de 200 kHz não deve exceder 580 milivolts por metro a 3 metros do equipamento e qualquer emissão fora de faixa deve estar limitada aos valores estabelecidos no art. 9º.

III – O uso deste equipamento deve ser restrito a ambiente fechado dentro dos limites da edificação na qual está sendo operado.

## Seção XVII Equipamento Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações (BSR)

Art. 72. O Equipamento Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações, utilizado exclusivamente no interior de uma mesma edificação ou propriedade imóvel, deve operar de acordo com as condições estabelecidas nesta Seção.

Art. 73. As faixas de radiofrequências devem ser aquelas que o sistema se propõe a efetuar o bloqueio de sinais e devem incluir as previstas para uso na comunicação entre o terminal de usuário e a estação rádio base ou nodal ou entre terminais de usuário dos seguintes serviços ou aplicações:

I – Serviço Móvel Celular;

II – Serviço Móvel Pessoal;

III – Serviço Móvel Especializado;

IV – Serviço de Radiochamada;

V – Serviço Avançado de Mensagens;

VI – Serviço de Comunicação Multimídia;

VII – Acesso fixo sem fio para prestação do Serviço Telefônico Fixo Comutado destinado ao público em geral (STFC);

VIII – Serviço Móvel Global por Satélite;

IX – Sistema de Telefone sem Cordão, Sistema de Ramal sem Fio de CPCT e Equipamento de Radiocomunicação de Uso Geral;

X – Outros serviços ou aplicações que vierem a ser designados em Ato específico da Anatel.

Art. 74. O estabelecido no Art. 4º somente se aplica para interferências que vierem a ser causadas a equipamentos operando em caráter primário fora dos limites da edificação ou propriedade imóvel a que o Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações se propõe a efetuar o bloqueio.

Art. 75. Condições adicionais relacionadas com o uso de equipamento Bloqueador de Sinais de Radiocomunicações serão objeto de instrumento decisório específico emitido pela Anatel.

#### CAPÍTULO IV DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 76. A Anatel poderá determinar alteração dos requisitos estabelecidos neste Regulamento, mesmo dos sistemas em operação, com a finalidade de otimizar o uso do espectro de radiofrequências.

Art. 77. Os equipamentos de radiação restrita existentes na data de publicação deste Regulamento, que não atendem ao aqui estabelecido, poderão continuar em operação até o final de sua vida útil, desde que estejam operando em situação regular, de acordo com a regulamentação anterior aplicável.

Parágrafo único. Os equipamentos de radiação restrita que façam uso de radiofrequências na faixa de 2400-2483,5 MHz e cujas estações correspondentes utilizem potência *e.i.r.p.* superior a 400 mW, em localidades com população superior a 500.000 habitantes, deverão atender a regulamentação específica aplicável para tais condições.