

### 3

## Sistemas de Transmissão sem fio

Os grandes investimentos que foram feitos no desenvolvimento de novas tecnologias de informação, sobretudo a partir da década de 80, responderam satisfatoriamente à necessidade de flexibilidade de produção, que precisava ser alcançada nos processos produtivos. Alguns sistemas de informação, tais como o EDI (*Electronic Data Interchange*), promoveram efetivas melhoras no fluxo de informações.

Mais tarde, um novo princípio, baseado em questões de mobilidade, conduziu ao desenvolvimento de tecnologias de informação com maior poder de alcance. A indústria de telecomunicações foi então fortemente estimulada a expandir seu campo de atuação, numa forma de se transmitir dados que não fosse mais dependente dos meios de transmissão fixos convencionais, tais como os cabos e fibras-ópticas. A transmissão sem fio, feita por ondas de rádio-frequência, foi nesse contexto, lentamente ganhando maior presença no mercado.

Na primeira seção desse capítulo são apresentados, de forma generalizada, os princípios básicos da transmissão por rádio-frequência, incluindo as frequências de operação, formas de transmissão, e regulamentações das faixas de frequências.

Esclarecidos os mecanismos de operação da transmissão sem fio, na seção 3.2 são abordadas as redes de transmissão sem fio, no que diz respeito a suas características básicas, formas de operação, assim como seus processos evolutivos nos últimos anos. No fim da mesma seção, são expostos alguns fatores que norteiam a decisão pelo melhor tipo de rede a ser empregado.

Algumas tecnologias de captura e transmissão de sinal em frequência são expostas na seção 3.3.

Frente à maior relevância que os “Serviços Baseados em Localização” vêm adquirindo, dentre as modalidades de serviços disponíveis pela rede de telefonia móvel, na seção 3.4 são mencionadas definições gerais deste tipo de serviço, assim como algumas tecnologias de informação que lhes dão suporte.

Na seção 3.5 são mencionadas algumas aplicações logísticas dos sistemas de transmissão sem fio. Um projeto envolvendo o acesso à rede de

telefonia celular, para dar suporte ao controle de tráfego de veículos, complementa a mesma seção.

Por fim, na seção 3.6, são expostas algumas tendências futuras no mercado sem fio.

### **3.1. Princípios básicos da transmissão sem fio**

O grande progresso alcançado pelas mais diversas tecnologias de informação nos últimos anos, foi fortemente influenciado pelos avanços na comunicação móvel.

A comunicação móvel pode ser definida como aquela em que é possível a realização do movimento relativo entre partes ou partes sistêmicas envolvidas. Uma rede de comunicação móvel abrange normalmente, além das entidades móveis, segmentos fixos, como os enlaces entre estações rádio-base e a estação de comutação e controle, ambas entidades presentes no sistema de telefonia celular (Guimarães, 1998).

As informações são produzidas e transmitidas por intermédio de uma rede, através de sinais elétricos, os quais podem se apresentar sob duas formas:

- Sinais analógicos ou contínuos: associados diretamente a uma mensagem contínua, como a voz, ou produzidos pela modulação de uma portadora senoidal;

- Sinais Digitais: associados a mensagens discretas: como a gerada por um teclado de computador. Em geral, a mensagem é codificada em bits, os quais são associados a pulsos elétricos. Pelos sinais digitais podem ser enviados além de dados, voz e vídeo. Para tanto, estes precisam ser antes digitalizados, ou seja, codificados em bits.

Os sistemas de transmissão de informação envolvem três elementos básicos:

- transmissor (origem);
- canal (meio);
- receptor (destino).

A transmissão de informações entre equipamentos eletrônicos, tais como, aparelhos de telefonia e computadores portáteis, é feita pela propagação de

ondas eletromagnéticas de uma origem a um destino, por um meio, o qual pode ser, confinado (como os cabos e fibras ópticas), ou no espaço. Neste último caso, as ondas são chamadas de ondas de rádio.

Na transmissão por ondas de rádio, o sinal precisa ser modulado, amplificado e enviado por uma antena. A modulação consiste num processamento, no qual uma onda portadora é gerada, e tem um dos seus parâmetros alterados em função da informação que se deseja transmitir. Esses parâmetros podem ser amplitude, fase e frequência.

A figura 6 ilustra a modulação em frequência, no qual um sinal digital, tem seu nível mais baixo associado a uma frequência  $f_1$ , seu nível mais alto a  $f_2$ , e o seguinte a  $f_3$ :

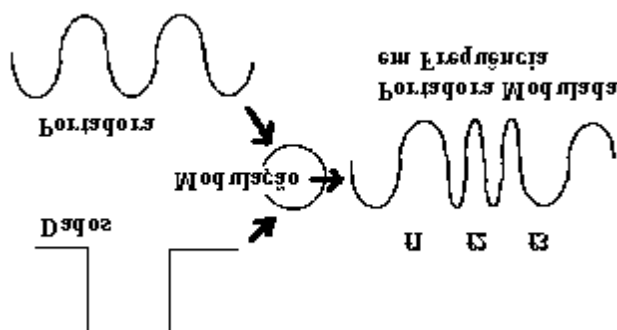


Figura 6: Modulação em Frequência  
Fonte: Seal Technologies (2003)

Os meios de comunicação sem fio são baseados neste princípio de funcionamento.

A modulação é um processamento necessário para permitir a propagação eficiente do sinal, na frequência destinada ao serviço.

A capacidade de transmissão entre os meios de comunicação depende de sua frequência de operação. As diversas frequências de operação estão dispostas em faixas de frequência, ou bandas de frequência. Quanto maior for o volume de informações a ser transmitido, maior deverá ser a largura de banda alocada.

Com a demanda crescente por meios de comunicação sem fio, tornou-se necessário desenvolver uma forma de padronização para a alocação de frequências. Dessa forma, foram estabelecidos acordos nacionais e internacionais, de forma a regulamentar a alocação do espectro de frequências. Por meio desses, pretendeu-se prover a interoperabilidade de sistemas de comunicação móvel, que envolvem a transmissão de voz, dados e aplicações de multimídia.

O processo de alocação de frequências é padronizado em âmbito mundial pelo ITU (*International Telecommunication Union*). E no Brasil, hoje, a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) representa a entidade responsável pela definição e fiscalização da utilização das faixas de frequências em âmbito nacional.

O conjunto reunindo todas as faixas de frequência existente é apresentado na figura 7, e constitui o espectro eletromagnético de frequências.

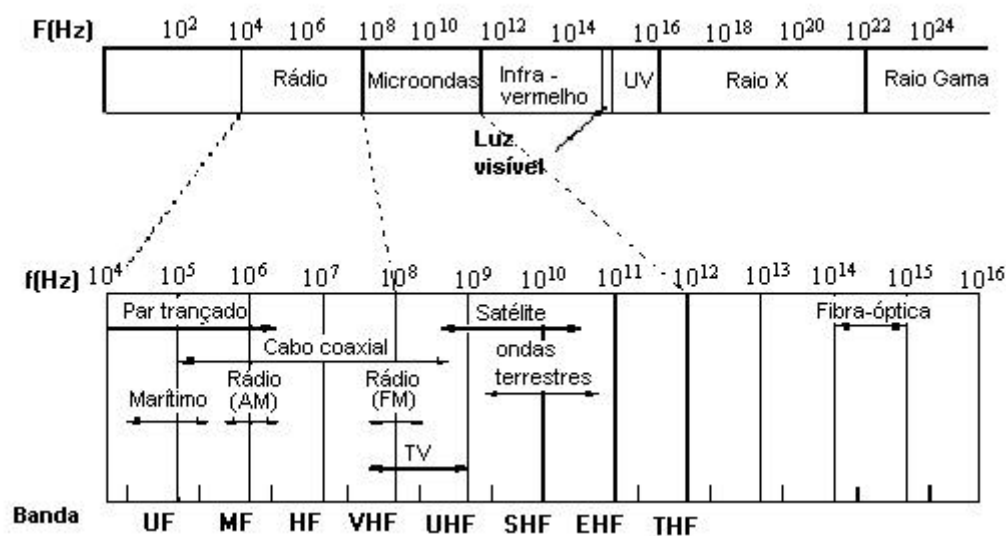


Figura 7: Espectro de Frequências

Fonte: Adaptado de Tanebaum (1996)

No segundo quadro da figura 7, estão relacionados os meios de comunicação envolvidos na transmissão de cada faixa de frequência. As siglas apresentadas são referentes às denominações de frequência:

LF: *Low Frequency*, MF: *Medium Frequency*, HF: *High Frequency*,

VHF: *Very High Frequency*, UHF: *Ultra High Frequency*,

SHF: *Super High Frequency*, EHF: *Extremely High Frequency*,

THF: *Tremendously High Frequency*.

Tendo-se em vista, que o presente trabalho foi direcionado para o estudo das principais tecnologias sem fio em implementações logísticas, serão detalhadas apenas as ondas de rádio e microondas:

As ondas de rádio são de fácil geração, e possibilitam longo alcance. Uma vez geradas pelo equipamento transmissor, se propagam em todas as direções. Por esse motivo são chamadas de ondas omnidirecionais. A principal vantagem

desse fato, é que os equipamentos transmissores e receptores envolvidos, não precisam estar dispostos de forma alinhada, para que se faça a transmissão.

A transmissão por ondas de rádio depende fortemente da frequência de operação: as baixas frequências, são capazes de penetrar em alguns obstáculos, tais como grandes edificações, tão presentes nas grandes cidades. Antes da escolha dos equipamentos de transmissão mais adequados, em virtude da frequência de operação solicitada, deve-se analisar cuidadosamente as condições ambientais presentes, levando-se em consideração as condições climáticas (as quais podem prejudicar a intensidade do sinal), geográficas, bem como a proximidade a outros equipamentos operantes em frequências semelhantes.

A transmissão em micro-ondas apresenta uma larga aplicação, sobretudo nos sistemas terrestres e por satélites. Por terem frequência mais alta, as micro-ondas são mais direcionais, ou seja, se concentram mais em uma única direção. De forma que, para sua transmissão, é necessário que haja um alinhamento bastante preciso, entre a antena transmissora e a receptora.

A transmissão em micro-ondas pode sofrer fortes atenuações, ou mesmo perda completa de sinal, ao trafegar por determinadas camadas da atmosfera. As ondas podem desta forma ser refratadas, mudando a direção de propagação, e chegando defasadas, sofrendo um efeito conhecido como desvanecimento por múltiplos percursos.

Como se pode observar na figura 7, Tanenbaum (1996) define como ondas de rádio-frequência, a faixa compreendida no intervalo de  $10^4$  a  $10^8$  Hz, e como microondas, o intervalo subsequente, que vai até  $10^{11}$ . Na prática, no entanto, costuma-se designar como rádio-frequência todo o intervalo compreendido de  $10^4$  a  $10^{11}$ , sendo a parte de microondas um subconjunto deste.

### 3.2 Redes de Transmissão sem fio

As redes de comunicações públicas de grande porte usualmente têm um segmento que liga o usuário à rede \_ enlace de acesso, e um segmento de maior capacidade constituído por troncos (*backbones*). O enlace de acesso sem fio permitem o acesso à rede, com mobilidade.

Equipamentos como etiquetas eletrônicas e coletores de dados, destinados a aplicações com menor alcance, não necessitam da conexão a uma

complexa rede de transmissão, para sua efetiva operação. A não ser o caso de alguns equipamentos mais sofisticados, como é o caso de uma modalidade de coletor de dados, que apresenta saída de acesso à rede GSM – *Global Service Mobile* (sistema celular). Por intermédio desta tecnologia, se pode usufruir dos amplos benefícios proporcionados pela combinação de equipamentos sem fio, com a rede de acesso a longa distância. Fica evidente, no entanto, que assim como ocorre com toda tecnologia, quanto maior for o grau de sofisticação desejado, maior serão os investimentos requeridos.

Os sistemas de acesso sem fio podem ser agrupados basicamente em dois grandes grupos \_ os sistemas terrestres e por satélites, a serem detalhados a seguir, de acordo com Nellist (1995):

O primeiro sistema de acesso mencionado faz acesso ao sistema celular, sendo usado preferencialmente em áreas urbanas. Os sistemas terrestres possibilitam o atendimento simultâneo a um grande número de usuários.

Os sistemas de acesso por satélites, por sua vez, são adotados preferencialmente em áreas geográficas de grande amplitude, desprovidas de toda uma infra-estrutura já de fato implementada (como ocorre nas grandes cidades). Trata-se, entretanto, de uma solução bem mais cara do que a que utiliza o acesso celular. As redes de satélite são empregadas preferencialmente em áreas de espaço livre, como o meio rural.

### **3.2.1. Sistema Celular**

A história evolutiva dos sistemas móveis celulares passou por três gerações, conforme analisa Guimarães (1998):

Na primeira geração, foi desenvolvido o importante conceito de célula, que corresponde à área de serviço no qual o sistema celular é operante. Dessa forma, uma determinada cidade ou região é dividida em pequenas áreas geográficas, contendo cada uma delas, um conjunto de unidades transmissoras e receptoras de rádio-freqüência, operando em baixa potência.

A área de abrangência de cada célula deve ser definida conforme a necessidade de uso. Assim, quando a densidade de usuários é pequena, se adotam células grandes. À medida em que a demanda de usuários cresce, as células devem ser subdivididas em unidades menores. Cada célula possui um certo número de canais, por meio dos quais, recebe e envia informações. (Nellist, 1995).

O primeiro conceito de telefonia celular foi desenvolvido pela *AT&T Bell Laboratories*, em 1947. No entanto, os primeiros serviços de transmissão em rádio-frequência, baseados no conceito celular, só foram efetivamente implementados mais tarde, em 1970, com o AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*). Tal sistema representou uma padronização para a interface rádio dos sistemas celulares. Enquanto nos EUA, o primeiro sistema comercial do AMPS entrou em operação em 1983, no Japão, um sistema semelhante já havia sido efetivamente implementado em 1979 (Tanenbaum, 1996).

Se nos EUA e Japão prevaleceu um único sistema, na Europa não pode se dizer o mesmo: inicialmente predominaram cinco sistemas, os quais diferiam entre si, no que diz respeito à alocação de faixa do espectro de frequências, e no espaçamento entre canais. Estes primeiros sistemas celulares eram, no entanto, ainda muito precários, envolvendo apenas serviços de voz, que eram transmitidos de forma analógica, e abrangendo uma área geográfica ainda muito limitada.

Com o passar dos anos, em virtude do aumento de demanda, novos investimentos foram realizados não só visando melhoria de serviços de voz, como também o desenvolvimento de serviços de transmissão de dados.

Ao mesmo tempo em que ocorreram grandes progressos tecnológicos nos sistemas de telefonia sem fio, melhorias puderam ser observadas também, na qualidade dos serviços prestados em termos de facilidades oferecidas, e áreas de cobertura. Nesse cenário, se deu a segunda geração dos sistemas móveis celulares, caracterizada principalmente pela utilização de tecnologia digital na transmissão de informações. Os serviços de comunicação de segunda geração são baseados em sistemas de alto desempenho, com capacidade superior aos da geração anterior.

Nos EUA, tal evolução foi motivada, sobretudo, por limitações da tecnologia analógica, ao mesmo tempo em que se verificava uma maior pressão pela demanda. O sistema analógico disponível até então, havia alcançado seu limite de capacidade nas maiores áreas metropolitanas. Na Europa, a presença de vários sistemas, muitas vezes incompatíveis entre si, levou à necessidade do desenvolvimento de um novo sistema digital único. Tal sistema se mostrava muito mais atrativo em relação ao sistema anterior, sobretudo devido, a sua maior capacidade operante, presença de técnicas de codificação digital de voz mais poderosa, maior eficiência espectral, melhor qualidade de voz, assim como o emprego de técnicas mais simples de criptografia da informação.

Nesse sentido, foram desenvolvidos nos EUA, os sistemas TDMA (*Time Division Multiple Access*) e CDMA (*Code Division Multiple Access*).

O TDMA consiste basicamente no compartilhamento no tempo de um canal, entre um grupo de usuários. Dessa forma, os usuários revezam a utilização do meio, de forma a melhor usufruir da alocação da banda inteira por determinado período de tempo.

Já o CDMA, corresponde a uma técnica de compartilhamento, onde os sinais são transmitidos ao mesmo tempo, na mesma faixa de frequência, mas podem ser separados graças ao emprego de códigos individuais. Estes códigos são formas de chaveamento que espalham o espectro do sinal. Sua principal vantagem consiste na maior imunidade à interferência de sinal. Essa técnica torna a transmissão muito mais difícil de ser detectada por espiões, e foi por esse motivo, bastante empregada em meios militares. Uma forma evoluída do CDMA (*Broadband-CDMA*) tem sido bastante empregada recentemente.

O Japão desenvolveu um sistema celular próprio, o PDC (*Japanese Personal Digital Cellular*).

Na Europa, apesar do considerável processo evolutivo pelo qual passou a rede celular, no decorrer dos anos, o que se verificou na prática, foi o desenvolvimento de muitos sistemas sem especificações padronizadas, e portanto, incompatíveis entre si. Fato este que representou grandes problemas para o crescimento da tecnologia rádio-digital.

Visando superar o problema de incompatibilidade, em meados dos anos 80, foi adotado o sistema GSM (*Global System for Mobile Communications*) como padrão europeu.

O GSM pode ser conceituado como um padrão de aceitação internacional, para a comunicação celular digital.

São inúmeras as vantagens oferecidas pelo sistema GSM, destacando-se entre elas:

- a melhoria na qualidade de voz;
- aumento da capacidade. Diante do aumento da demanda pelo serviço celular, uma nova arrumação no espectro de frequências foi estabelecida, de forma a disponibilizar mais canais para novos usuários;
- aumento da segurança por autenticação e criptografia. O que pode ser feito pela adoção de códigos e algoritmos de grande confiabilidade. Através de tais procedimentos, pretende-se controlar problemas de clonagem e aumentar a segurança das informações trafegadas.

- início da integração entre voz e dados. O sistema GSM foi o primeiro sistema celular a possibilitar tal convergência.

As especificações da rede GSM definem as funções e os requisitos de interface, mas não especificam a parte de hardware. Ou seja, o sistema GSM apresenta uma arquitetura aberta, possibilitando a comunicação de equipamentos de diferentes fabricantes, fato este que permite uma manutenção a baixos custos. Além do mais, vale mencionar, que já há hoje toda uma infraestrutura da rede GSM já implementada de fato em nível mundial.

Apesar de os sistemas de segunda geração se apresentarem em diferentes estágios de maturidade e implementação efetiva, já está em fase de implantação, uma terceira geração dos sistemas celulares. Tal sistema está sendo denominado UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), e inclui compatibilidade com GSM e CDMA.

Por este sistema, pretende-se alcançar um padrão universal para as comunicações pessoais, de forma a atender satisfatoriamente as necessidades de demanda, mantendo-se para tanto, uma qualidade de serviço semelhante ao da rede fixa.

#### **3.2.1.1. Arquitetura da Rede Celular**

Num sistema típico celular, definem-se as seguintes entidades:

- **Estação Rádio Base (ERB)** : representa a unidade presente no centro de cada célula, sendo responsável pela cobertura de sua área de abrangência. É constituído basicamente por unidades transmissoras e receptoras, conectadas a uma antena;
- **Centro de Controle Móvel (CCM)**: Grupos de células são interconectadas e controladas por um centro de controle. O enlace a ser estabelecido entre as ERB's e o CCM pode ser feito por fibras ou por rádio-freqüência;
- **Unidades Móveis (UM)**: As unidades móveis são os terminais dos usuários.

- **Rede de Telefonia Pública Comutada (RTPC ou PSTN):** O CCM se comunica com o RTPC, o que possibilita a comunicação entre dois celulares, localizados em áreas diferentes, ou mesmo, entre um fixo e um celular, na mesma área de abrangência.

(Tanenbaum, 1996)

Uma esquematização da arquitetura celular é oferecida na figura 8, apresentada a seguir:

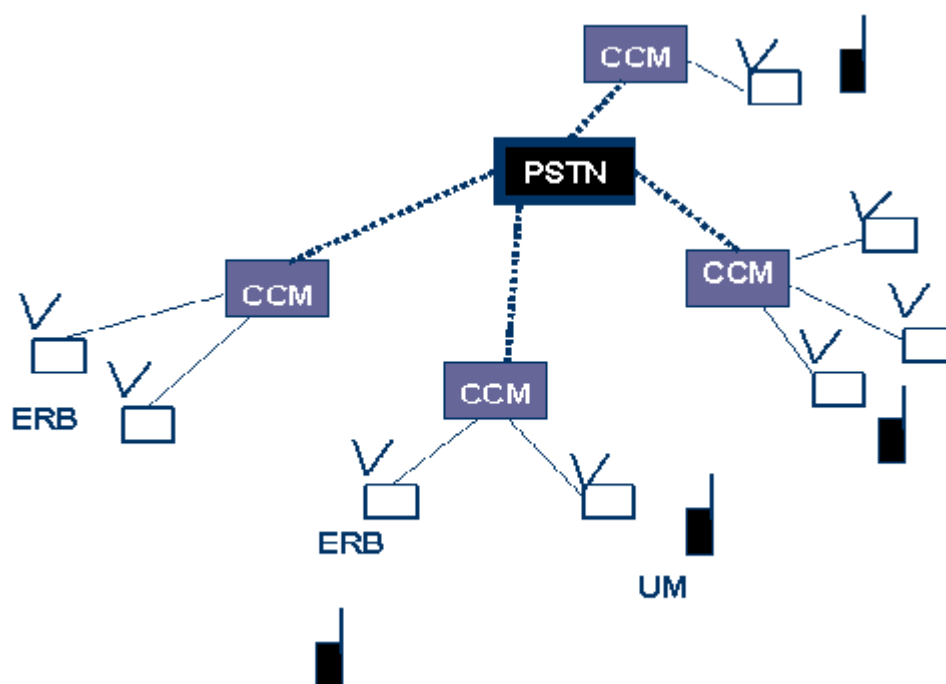


Figura 8: Arquitetura Celular

Numa chamada pelo sistema celular, a unidade móvel transmite um sinal de rádio-freqüência, solicitando à rede um canal de voz. Pelo canal que foi aberto é emitida a conversação. Durante a chamada, o nível de sinal é verificado a cada intervalo de tempo. Caso o sinal se torne fraco, seja em virtude da distancia presente entre a ERB e a UM, ou mesmo por questões de interferência, a CCM verifica a disponibilidade de uma nova célula, na proximidade da unidade móvel, e, se for o caso, realiza a troca de célula (Nellist, 1995).

De forma a preservar um nível de qualidade aceitável na transmissão do sinal, mudanças de célula, e de canal ocorrem com uma certa freqüência no

sistema celular. A mudança de célula é designada *HAND-OFF*, e ocorre em duas situações:

- Inter-Celular: Ocorre quando o sinal transmitido recai a limites pré-determinados, de forma que o sistema precisa executar a mudança de canal, para que a conexão seja mantida.

- Intra-Celular: Situação característica de quando o nível de sinal é aceitável, não ocorrendo o mesmo, no entanto, com a relação sinal-ruído, seja devido a uma interferência interna ou externa. Nesse caso, ao detectar o problema, a ERB sinaliza ao CCM, devendo este escolher outro canal dentro da mesma célula.

Já a mudança de área de serviço é conhecida como *ROAMING*. Quando há interligação entre a CCM pelos RTPC, essa operação é executada de forma automática. Em situações em que há interação do usuário solicitando serviço, o *ROAMING* é efetuado de forma manual.

Sistemas celulares devem realizar a cobertura de forma confiável e ininterrupta, de determinada área de serviço. A cobertura de áreas de grande extensão deve ser feita, preferencialmente, com o uso de muitos transceptores de rádio, posicionados de forma a cobrir toda a área de abrangência.

### **3.2.1.2 Limitantes à Operação Celular**

Segundo Guimarães (1998), os principais problemas verificados na transmissão móvel celular são o desvanecimento por multipercursos e o efeito *Doppler*.

O primeiro desses efeitos é provocado pelo espalhamento, reflexão e ou difração do sinal, ocasionado, sobretudo, pela interferência de estruturas dispostas no caminho de propagação da onda, tais como, grandes edificações, árvores, postes, morros, etc. Esses obstáculos levam à formação de caminhos alternativos, ou multipercursos, entre a entidade transmissora e receptora de sinal. O sinal recebido pelo terminal móvel é constituído pela soma vetorial de todos os sinais dos multipercursos, o qual pode resultar numa interferência construtiva ou destrutiva. À medida que o sinal se desloca por obstáculos, há uma tendência natural da interferência passar da situação de construtiva para destrutiva, o que pode prejudicar a intensidade do sinal transmitido. Tal fenômeno é conhecido como desvanecimento por multipercurso.

Já o efeito Doppler tem a ver com o movimento relativo entre a fonte e o receptor, o qual pode ocasionar a percepção de uma frequência diferente daquela que está sendo transmitida pela fonte, e portanto, perda de informação. Quanto maior for a velocidade de deslocamento do receptor em relação à direção de propagação da onda de rádio, maior será o desvio de frequência percebido.

### **3.2.2. Sistema de transmissão por Satélites**

Uma nova era na comunicação sem fio foi iniciada com o lançamento do primeiro satélite artificial pelos russos, em 1963. O primeiro satélite de comunicação comercial, no entanto, só foi colocado em órbita mais tarde em 1995, pelo Comsat (*Communication Satellite Corporation*). Ao ser disponibilizado em órbita geo-estacionária sobre o Oceano Atlântico, estabeleceu um enlace de comunicação entre a América do Norte e a Europa, através da disposição de 240 circuitos de voz de alta qualidade, utilizados, sobretudo, na transmissão de canais de televisão (Nellist, 1995).

Ainda segundo o mesmo autor, até 1970, praticamente todos os satélites operavam na banda 4/ 8 GHz (banda C). De forma a superar questões de interferência, as quais tornavam as aplicações disponíveis até então bastante limitadas, assim como a oferecer uma nova opção de acesso (uma vez que a banda C já se encontrava congestionada, devido a sua utilização na comunicação por microondas terrestres), foram desenvolvidos satélites operando na banda Ku (11/ 17 GHz). Nesta banda, é possível adotar antenas menores, e menos caras, as quais podem ser alocadas nos telhados de edificações, sem ocasionar interferências com outros sistemas de micro-ondas operantes na mesma área. Mais recentemente, uma nova banda de frequências (20/30GHz) passou a ser empregada no tráfego de satélite comercial: a banda Ka.

O problema de interferência terrestre que ocorrem na banda C, foi superado com a adoção de satélites operantes nas bandas Ka e Ku. Tais modalidades de satélite sofrem, no entanto, os efeitos de atenuação por chuvas.

Após o surgimento da comunicação ótica, os sistemas por satélite deixaram de ser usados para transmissão de alta capacidade. Surgiram então as redes VSAT (*Very Small Aperture Terminals*). Estas redes usam micro-estações de baixo custo. Tais sistemas se destacam por adotarem antenas de pequena dimensão em seus terminais. Apresentam larga aplicação na transmissão de dados e de canais de televisão. Apesar de se tratarem de sistemas potenciais a

serem utilizados em áreas rurais, as quais geralmente dispõem de uma pobre infra-estrutura de transmissão, ainda não estão, de fato, implementados em grandes proporções mundiais (Tanenbaum, 1996).

De forma a regulamentar o posicionamento de satélites em órbita, e evitar o verdadeiro “caos celeste” que poderia ser gerado, o ITU (*International Telecommunication Union*) representa o órgão responsável pela alocação das bandas de frequências empregadas nos diversos serviços da rede de satélite.

### 3.2.2.1 Características Básicas

O circuito eletrônico interno ao satélite (*transponder*) é constituído basicamente por três estruturas: receptor, conversor de frequência, e transmissor. Um satélite possui em média 40 *transponders*. Nos primeiros satélites, era adotada a multiplexação FDM, por meio da qual, a largura de banda era dividida em faixas de frequência fixas. Hoje em dia, tem sido mais comumente empregado o TDM, que conforme já foi visto, divide a banda em *slots* de tempo (Tanenbaum, 1996).

Cada *transponder* possui seu próprio canal de rádio, operando em determinada frequência, pelo qual os sinais são enviados. O *transponder* recebe o sinal transmitido da estação terrestre, amplifica-o (uma vez que os sinais recebidos são fracos, ou seja, debilitados em virtude da distância percorrida), e o retransmite em outra frequência, de volta à terra. Dessa forma, se evita que ocorra a interferência com outros sinais de chegada.

Os satélites podem ser agrupados em três categorias básicas: de órbita geossíncrona (GEO), órbita média (MEO), e os de órbita baixa (LEO). Tais categorias diferem, sobretudo, quanto sua distância a terra, *footprint* (porcentagem de superfície terrestre visualizada pelo satélite), largura de banda (frequência de operação), e atraso de propagação.

Quanto maior a altitude relativa dos satélites ao solo, maior será o *footprint*, sendo maior também o atraso de transmissão de sinal, conforme pode se verificar no quadro 3. Em satélites de maior altitude há necessidade também, do emprego de transmissores terrestres mais potentes, de forma a emitir um sinal forte o suficiente para alcançar o satélite.

| Tipo       | Altitude            | Footprint | Banda (GHz)                               | Atraso de sinal |
|------------|---------------------|-----------|-------------------------------------------|-----------------|
| <b>GEO</b> | 35800Km             | 34%       | 20 a 30 (Ka)<br>11 a 17 (Ku)<br>4 a 8 (C) | 0.25s           |
| <b>MEO</b> | 1300Km a<br>10000Km | 24%       | 1 a 3 (L)                                 | 0.09s a 0.07s   |
| <b>LEO</b> | 1390Km a<br>755Km   | 5% a 2.5% | 20 a 30 (Ka)<br>1 a 3 (L)<br>0.8          | 0.01s a 0.005s  |

Quadro 3: Sistemas de satélite  
Fonte: Adaptado de Guimarães (1998)

O design da antena, assim como a sua capacidade de transmissão, são importantes fatores na determinação do alcance do *footprint* (Nellist,1995).

O período orbital de um satélite varia em função do seu raio de órbita, de forma que, quanto mais alto a posição de um satélite, maior será o seu período. Com satélites GEO, as estações terrenas não precisam se mover para se manterem na área de operação. De forma a evitar interferências de frequências, há um número limitado para alocação dessa modalidade de satélite, em determinadas seções da órbita geossíncrona. Tal órbita recebe esta designação, por ser sincronizada com o período de rotação da terra. Satélites LEO, por sua vez, precisam viajar a uma velocidade superior à de rotação da terra, para se manter em órbitas mais baixas. Pelo fato de não possuírem uma cobertura fixa, necessitam da disponibilização permanente de dezenas ou centenas de satélites, de forma a proporcionar uma cobertura contínua às antenas terrestres (Guimarães, 1998).

Através da análise dos benefícios de um satélite operando em determinada órbita, frente às limitações do outro, pode-se decidir pela opção mais adequada a ser implementada, de forma a atender a aplicação requerida.

Se por um lado, os satélites GEO oferecem além de ampla qualidade de comunicação, a maior área de cobertura, por outra envolvem o maior atraso de sinal, da ordem de 1/4s, o que torna uma conversação telefônica mais difícil de ser mantida.

Nellist (1995) aponta como fatores operacionais mais agravantes na utilização do acesso pelos canais de satélites, sobretudo dos GEO, além do

tempo de transmissão do sinal e atraso de propagação, o eco gerado. Se “canceladores de eco” podem ser adotados de forma a solucionar parte dos problemas causados pelos efeitos do eco, nada pode ser feito para evitar o grande atraso de sinal.

Outra problemática, ressaltada por Tanenbaum (1996), diz respeito à questão de segurança e privacidade, uma vez que as informações transmitidas pelo sistema de satélites podem ser interceptadas por qualquer pessoa equipada com tecnologia propícia para tal. Em aplicações onde a segurança é necessária, deve-se recorrer, por exemplo, a técnicas de criptografia da informação.

A conexão por satélites pode ser vista como um meio potencial, no fornecimento do serviço de acesso rápido, em banda larga à Internet.

Tanenbaum(1996) ressalta algumas vantagens que podem ser proporcionadas pelo emprego desse importante meio de difusão na comunicação de longo alcance. A maior delas talvez, consista no fato, de o custo da transmissão de uma mensagem pelo enlace de satélite ser independente da posição da estação terrena. Além disto, as mensagens podem ser enviadas para várias estações localizadas na área de cobertura, ao mesmo preço que se fosse enviada para uma única estação. Pode-se perceber dessa forma, os grandes benefícios obtidos com o emprego da rede de satélites, na transmissão em *broadcast*.

Por tais razões, muitas empresas de Informática e Telecomunicações já têm realizado elevados investimentos no serviços de acesso à Internet por canais de satélites. Os provedores de acesso de serviços via Internet estão se mobilizando da mesma forma, mediante os mesmos propósitos. Fatores de ordem física e tecnológica devem, entretanto, ser analisados cuidadosamente. Antes de se optar pela implementação de determinado projeto de acesso, deve-se estar a par dos serviços de acesso disponíveis, área de abrangência geográfica a ser envolvida, uma vez que nem todas as tecnologias estão disponíveis em todas as localidades.

### **3.2.2.2. Sistemas de telefonia móvel por satélites**

Os primeiros serviços de telefonia móvel pela rede de satélites, iniciados em 1998, solicitavam o acesso de aparelhos de telefonia pesados e de grande volume. Por meio desses, fazia-se a conexão com o *Iridium* \_ satélite de baixa órbita, lançado um ano antes. Num período em que a telefonia móvel celular demandava cada vez mais usuários, por se tratar de uma rede muito mais

prática e acessível, os primeiros serviços de satélite não foram muito bem sucedidos.

Mais tarde, entretanto, novos investimentos foram realizados nos serviços de acesso por satélites, sob uma nova perspectiva: oferecer serviços de transmissão de voz, dados, fax e navegação, a serem acessados por um usuário, situado em qualquer lugar do mundo. Por meio desses, um link de comunicação em micro-ondas é estabelecido diretamente com o satélite. Tais serviços encontram-se em implementação em atividades de natureza industrial, marítima e aérea. No Brasil, há grandes aplicações também da rede de satélites em atividades de exploração do petróleo.

O *Iridium* já não se encontra mais em operação. Um projeto alternativo para o *Iridium*, desenvolvido mais tarde, foi o *Globalstar*. Esse se caracteriza por apresentar 48 satélites LEO, concentrando a maior parte das atividades operacionais em solo terrestre, o que em muito facilita atividades de manutenção e administração.

### 3.2.3 Considerações finais na escolha pela rede de transmissão

Definidos os principais aspectos de transmissão pelos canais terrestre e de satélites, a grande questão a ser levantada é: quais são os fatores decisivos a serem considerados na decisão por determinado tipo de canal de acesso?

Um aspecto que já foi abordado é referente às considerações de abrangência geográfica. Nos grandes centros-urbanos, o sistema de acesso por telefonia celular é mais frequentemente adotado.

Especialmente em ruas muito estreitas, ou com densa vegetação, os sistemas de localização por satélites certamente não consistirão na melhor solução. Em uma aplicação de controle de tráfego, por exemplo, o enlace de comunicação de rádio-frequência entre um veículo monitorado e o satélite envolvido, sofreria fortes atenuações, prejudicando dessa forma, a troca de informações. De forma que, os elevados investimentos financeiros na rede, necessários para adoção da rede de satélites não seriam justificados. Em situações como esta, a utilização de aparelhos celulares pelos meios móveis, conectados a uma rede *wireless* seriam de fato, mais adequados (Souza, 2002).

Já longe das grandes cidades, em áreas geográficas desprovidas de toda uma infra-estrutura de transmissão já implementada, o acesso pela rede de satélites tem se mostrado uma solução mais viável.

Além de fatores de natureza geográfica, devem também ser levadas em consideração, na decisão pelo melhor tipo de rede, questões de natureza política e econômica, específicas de cada cidade ou país.

### **3.3. Tecnologias de captura e transmissão de sinal em rádio-frequência**

Hoje em dia, se verifica uma forte tendência ao emprego de redes sem fio, que transmitem informações por rádio-frequência, na coleta de dados.

As situações mais propícias para o uso desta rede são as seguintes:

- Quando há necessidade de ocorrência de uma constante atualização dos dados recebidos pelos pontos de coleta;
- Quando uma mesma tarefa é realizada por vários operadores, sendo necessário coordená-las;
- Quando o ponto de operação situa-se distante da fonte, o que torna impraticável o deslocamento do operador para troca de dados;
- Quando não é viável a transmissão pelos meios de transmissão convencionais, como cabos telefônicos.

A coleta das informações transmitidas por rádio-frequência pode ser feita com o emprego das tecnologias de captura de sinal, baseados em etiquetas ou *tags*.

Segundo Thomas & Saar (2003), dois tipos de *tags* têm sido empregados com maior frequência em aplicações vinculadas ao controle do produto: os *tags* ópticos e os *tags* RFID (*Radio Frequency Identification*), a saber:

Os *tags* ópticos mais comuns são os códigos de barra (códigos unidimensionais), e os códigos bidimensionais. A primeira modalidade citada é referente aos códigos de barra convencionais, mais simples e relativamente baratos, presentes praticamente na maioria dos produtos de consumo, do setor supermercadista, que tem como função básica agilizar de forma segura, a velocidade de entrada de dados, em sistemas informatizados. Tais códigos são constituídos basicamente por um padrão de linhas verticais, com diferentes espessuras, disposto em uma variedade de tamanhos e formas. Já os códigos bidimensionais, representam um avanço em relação aos códigos de barra, na

medida que são capazes de concentrar maior volume de informações de forma mais compactada.

O grande fator limitante na adoção de *tags* ópticos, consiste na necessidade de alinhamento de leitura entre o *tag* e o leitor óptico. Aplicações logísticas que exijam maior necessidade de flexibilidade de operação, podem ser atendidas com a implementação de *tags* RFID, que não exigem necessidade de alinhamento.

A solução RFID consiste numa tecnologia mais sofisticada, e conseqüentemente, mais cara, capaz de realizar aplicações de forma totalmente automática. Operações mais ágeis podem ser obtidas dessa forma, assim como eliminação de erros, os quais ocorrem eventualmente, em processamentos manuais da informação. Contrariamente aos *tags* ópticos, que são estruturas passivas, as etiquetas eletrônicas (*tags*-RFID) são compostas basicamente por chips, o quais além de serem capazes de armazenar muito mais informações, podem ser realimentados com novas. Pode-se fazer idéia do reflexo deste aspecto em operações logísticas, que exijam redefinição de fluxo de materiais, informações e instruções. Tal modalidade será abordada de forma mais clara, no capítulo 4.

Como leitores ópticos, podem ser empregados scanners de mão, ou fixos, os quais podem envolver ou não, a necessidade de contato com o código do produto. Os scanners manuais estão disponíveis na forma de pistolas a laser (tecnologia de não contato), e canetas ópticas (tecnologia de contato). Já a opção fixa, engloba os scanners automáticos (tecnologia de não contato), e o scanner de cartão (tecnologia de contato) (Bowersox, 2001).

A decisão pelo tipo de leitor, assim como do scanner mais propício, dependerá da necessidade da flexibilidade exigida pela aplicação, assim como dos recursos financeiros disponíveis.

### **3.3.1. Caracterização dos *Tags* ópticos**

Segundo *site* da Seal, as primeiras aplicações dos códigos de barras foram realizadas em meados da década de 60, pelo exército dos EUA. Essa primeira modalidade de código de barra, o chamado NW7, possibilitava o armazenamento de um número ainda bastante limitado de caracteres por polegada, por meio do qual, informações como a diferenciação por tamanho, cor, eram registradas no produto a ser transportado. Na década de 70, uma nova

modalidade de código de barras foi difundida nos EUA, sendo empregada sobretudo, em aplicações industriais. Um pouco mais tarde, foram criados os códigos UPC (*Universal Product Code*) e EAN (*European Article Numbering*), os quais consolidaram o uso dos códigos de barras. O segundo padrão mencionado prevalece até hoje no mercado varejista.

Ainda segundo a mesma fonte, no Brasil, os códigos de barras foram introduzidos somente na década de 80, em aplicações voltadas para atividades de exportação. Em 1985, foi feita a padronização do código EAN, com a criação da ABAC (Associação Brasileira de Automação Comercial). Essa entidade é responsável por pela implantação e pela administração do uso dos códigos de barra no Brasil.

Os códigos de barra, desde que foram criados, passaram por uma série de etapas evolutivas, visando oferecer novas funcionalidades. Bowersox (2001) identifica basicamente três etapas principais no processo evolutivo dos tags ópticos:

- Numa primeira etapa, destacaram-se os códigos UCP, já mencionados anteriormente. Esses códigos eram utilizados em operações logísticas de recebimento, manuseio e expedição do produto. Uma das modalidades de código UPC, é constituído por uma sequência de 12 dígitos, dos quais, o primeiro é referente ao tipo de aplicação; os 5 dígitos seguintes dizem respeito a informações de manufatura; os próximos 5 tratam das especificações do produto; e o último equivale ao dígito de checagem (Saar & Thomas, 2003). Por meio de tais códigos, os membros dos canais de distribuição tinham acesso a informações mais detalhadas dos produtos que manuseavam. Dessa forma, os varejistas eram capazes de proporcionar um tratamento mais adequado a itens isolados. Os embarcadores e transportadores, por sua vez, podiam fazer o controle de identificação de caixas, *pallets*, e *contâiners*, o que tornava as operações de identificação e transporte mais ágeis.

- Com o tempo, verificou-se que nos códigos de barra convencionais, já não era mais possível armazenar uma quantidade maior de informações, necessárias à melhor caracterização do produto. A disposição de mais informações codificadas ocuparia um maior espaço no produto, reduzindo a área disponível para apresentação do mesmo. Nesse sentido, foram feitos novos estudos, em códigos que possibilitassem incluir maior quantidade de informação dentro da menor área possível. Este fato conduziu ao desenvolvimento dos códigos multidimensionais. Dentre eles, os códigos bidimensionais são capazes

de armazenar milhares de bits de informação, no mesmo espaço que seria necessário para um código unidimensional armazenar apenas 100 bits. Dentre esses, destacam-se os códigos 49, e 16K, cujos projetos permitem sobrepor um código de barras sobre o outro, ampliando a capacidade de transferência de informação. Já o PDF 417, representa um código mais avançado, que emprega projetos matriciais sobrepostos, capazes de armazenar 1800 caracteres/polegada (Thomas & Saar , 2003).

- Uma vez que a disposição de códigos menores e mais compactos nos produtos, estava ocasionando freqüentemente erros de leitura, novas modalidades de códigos foram propostas mais tarde. Os mais recentes incluem a propriedade de correção de erros. O UCC 128 está sendo adotado como padrão internacional, dentro desse novo propósito. Além de permitir uma identificação exclusiva de cada container, ao longo da cadeia logística, oferece melhor capacidade de rastreamento.

Diante da grande diversidade de modelos de códigos que estão sendo lançados, um agravante que surge, é a definição de uma simbologia padrão, a ser adotada, que seja reconhecida mundialmente.

A necessidade de padronização, assim como de maior flexibilidade, são duas questões que norteiam as pesquisas e desenvolvimentos de novos aplicativos de captura de sinal. No entanto, tais questões implicam em maiores custos, uma vez que o grau de sofisticação acompanha a necessidade de investimentos, nas mesmas proporções. Fato esse que dificulta a implementação de novas tecnologias em empresas de pequeno e médio porte.

### **3.4 Serviços e aplicativos da rede de telefonia móvel**

Dentre a ampla variedade de serviços disponíveis pelas redes e sistemas de acesso móvel, seja por intermédio dos canais de comunicação terrestres ou de satélites, os serviços de localização têm se destacado em algumas aplicações empresariais e domésticas.

Os serviços de localização ou LBS (*Location Based Service*) são capazes de identificar a localização precisa de uma entidade, em diferentes áreas geográficas, por intermédio do emprego de sofisticadas tecnologias de informação. Dentre essas, destacando-se na parte de hardware, encontram-se

os Sistemas de Posicionamento Global. Seu uso combinado com um software especial, o Sistema de Informações Geográficas, oferece uma ampla gama de aplicações.

### 3.4.1. Serviços Baseados em Localização

Os Serviços baseados em Localização ou *Location Based Service* (LBS) surgem num cenário em que se verifica uma crescente busca por mobilidade, ao mesmo tempo em que se dá a influência da internet móvel na sociedade. Esses fatores juntos têm transformado práticas do comércio eletrônico (*e-commerce*) em *mobile-commerce*. Diante da intensificação das práticas comerciais pela Internet móvel, sobretudo nos últimos anos, a solução LBS apareceu como tentativa de prover opções de acesso mais adequadas à rede sem fio, assim como melhor organizar os conteúdos de informações oferecidos.

O LBS oferece um conjunto de informações, assim como aplicativos, os quais podem ser acessados por um computador ou terminal móvel, por intermédio da rede de satélites, ou terrestre. Uma das grandes inovações é a aplicação do serviço baseado nas chamadas “zonas de interesse”, por meio das quais, as opções de acessibilidade do usuário (menus) ficam limitadas a sua localização geográfica, facilitando a navegação pela rede.

Segundo Oliveira (2004), dentre as soluções LBS já de fato implementadas, capazes de gerar grandes receitas, destacam-se as de natureza corporativa, segurança, e monitoramento de cargas. Já para os usuários domésticos, as aplicações de trânsito e de entretenimento são mais comumente acessadas.

Os primeiros serviços de localização foram colocados em prática, já há alguns anos, com a introdução do serviço *Cell-ID*. Por meio deste, era possível identificar se determinado usuário se encontrava dentro do raio de cobertura de uma célula, o qual podia variar de centenas de metros a alguns quilômetros de imprecisão. Essa imprecisão tornava a idéia do serviço baseado em localização, algo um tanto impraticável (Barros, 2000).

Ainda segundo o mesmo autor, uma sofisticação desse tipo de serviço foi proposta na década de 90, quando a agência reguladora das telecomunicações dos EUA, determinou que as operadoras de telefonia celular do país deveriam fornecer a localização das chamadas dos usuários que solicitassem o serviço de emergência (911). O grau de precisão deveria ser de 100m em 67% das

chamadas, e de 300m em 95%. Para que o serviço se tornasse operacional foi necessário, numa primeira etapa, coletar informações, tais como nome de ruas, cidades, países, bem como, lojas, farmácias e restaurantes. Enfim, mapear toda a área de abrangência em questão, e a seguir convertê-las em registros topográficos. Estes devem ser atualizados periodicamente, de forma a contemplar a realidade. Numa fase seguinte, por meio de imagens dos locais, foram esboçados mapas. Finalmente mais tarde, todas os recursos obtidos em cada uma das etapas anteriores foram digitalizados, de forma a poderem ser disponibilizados no terminal do usuário.

### 3.4.2. Sistemas de Posicionamento Global

Por anos, os principais sistemas de localização eram realizados tomando-se como base, a posição das estrelas, analisada pelos meios de transportes fluviais. O Sistema de Posicionamento Global, ou GPS (*Global Positioning System*), representou uma grande revolução em tais sistemas, uma vez que ofereceu ao usuário, a possibilidade de determinar a localização, bem como a velocidade e tempo, de qualquer entidade localizada em área de abrangência mundial.

O GPS pode ser conceituado como um sistema de rádio-navegação, que utiliza os canais de satélite, na prestação de serviços de localização. A operação GPS toma como base, a distância do usuário ao grupo de satélites em operação.

O sistema inicial foi desenvolvido em meio à Guerra Fria, na tentativa de oferecer um meio mais preciso, na determinação de alvos a serem atingidos por mísseis americanos. Em sua primeira versão, consistia numa tecnologia ainda muito limitada, restrita a fins militares. Após a implementação de sucessivas melhorias, foi ampliando seu grau de funcionalidade, atingindo sua configuração atual em 1994.

O sistema engloba 24 satélites, dispostos em seis órbitas circulares, que circundam a terra, emitindo sinais de rádio-frequência a receptores terrestres. Por intermédio de uma lista de posições, também conhecidas como almanaque, esses receptores são capazes de reconhecer a posição dos satélites de forma precisa. De acordo com testes realizados, a melhor precisão obtida pelo sistema, é em média de 1 m, e a pior, varia de 15 a 100 m. Por questões de segurança, impostos pelo departamento de defesa dos EUA, a acessibilidade à melhor precisão fica restrita ao uso militar. Além dos 24 satélites, que constituem o

componente espacial do GPS, há também os componentes de controle e do usuário, a saber:

O componente de controle é constituído por uma estação de controle mestre, localizado em Colorado (EUA), e cinco estações de rastreo espalhadas pelo mundo. Cada uma das estações de rastreo trilha os satélites dispostos em sua zona de visibilidade, analisando sua performance operacional. Tais informações são repassadas para a estação de controle mestre, possibilitando a esta calcular de forma precisa a órbita dos satélites, sendo a seguir retransmitidas, sob a forma de mensagens de navegação, para cada um dos satélites. Os componentes do usuário consistem em todos os equipamentos (receptores, processadores, e antenas) necessários para um receptor GPS receber os sinais dos satélites da entidade rastreada, e realizar a sua conversão, em informação de posição, velocidade e tempo estimado (Oliveira, 2004).

Ainda segundo a mesma fonte, a precisão das informações fornecidas pelos receptores terrestres, depende do número de satélites adotado. Quando um mínimo de três satélites encontra-se em operação, os receptores oferecem informações de latitude e longitude. Uma nova dimensão, de altitude, é ganha, quando um número maior de satélites é empregado.

### **3.4.3. Sistemas de Informações Geográficas**

O Sistema de Informações Geográficas, ou GIS (*Geographic Information System*) oferece inúmeras aplicações, através do fornecimento de dados georeferenciados em mapas digitalizados, favorecendo o processo de tomada de decisões.

A ferramenta GIS faz a associação de bancos de dados a mapas digitais, envolvendo para tanto, o emprego de software, dados geográficos, assim como pessoal qualificado para operação. Essa poderosa tecnologia de localização começou a ser desenvolvida na década de 70, sobretudo nos EUA, apresentando considerável crescimento na década seguinte. Os principais clientes envolvidos, a princípio, eram órgãos ligados ao governo. O mercado nos anos 90, no entanto, foi caracterizado por apresentar uma maior aplicação no setor privado. Hoje, segundo algumas estimativas, o GIS apresenta nos EUA, um crescimento de 20% ao ano, enquanto que no Brasil, essa porcentagem vai até 30% ao ano (Nazário, 1998).

Ainda segundo o mesmo autor, por meio de mapas digitais, atualizados com informações em tempo real, é possível fazer a localização de determinada entidade em uma área geográfica específica. Tal tecnologia exerce um papel fundamental no roteamento de veículos, possibilitando ao usuário do sistema, visualizar rotas geradas com o auxílio de algoritmos baseados em programação matemática. Outra importante aplicação do GIS, é na elaboração de mapas temáticos, em meio digital, contendo rodovias, ferrovias,... Por meio desses, pode-se resolver questões como a melhor localização geográfica de pontos comerciais, tais como, a localização de fábricas e Centros de Distribuição, de forma e minimizar problemas, como custos de transporte e armazenagem. Essa poderosa ferramenta possibilita ainda realizar o controle de sistema logísticos já implementados. No caso de distribuidores, por exemplo, favorece a identificação de anomalias, tais como, o desbalanceamento das regiões de entrega, e presença de fluxos inadequados. No setor de Marketing também, o GIS oferece uma importante contribuição. Através da análise da concentração de clientes em mapas digitais, pode-se definir zonas de vendas, assim como promover eventuais promoções, em áreas menos nobres. Com informações específicas sobre cada cliente, possibilita ainda, realizar a segmentação de mercado, estabelecendo padrões de serviços diferenciados, de forma a melhor atender as necessidades específicas de cada consumidor. O GIS possibilita, por exemplo, fazer um estudo da quantidade e tipo de cliente que são atendidos num raio de 150 Km, de uma certa instalação.

Com o emprego de softwares especiais, as informações espaciais não precisam ser mais tratadas em mapas de papel.

### **3.5. Aplicações logísticas nos sistemas de transmissão sem fio**

Sistemas de rádio-frequência têm sido amplamente empregados em operações logísticas, em virtude do elevado grau de mobilidade capaz de oferecer a seus usuários, assim como devido ao rápido e efetivo intercâmbio de dados, que o sistema é capaz de proporcionar a seus operadores.

Segundo as informações disponíveis no *site* da Seal, dependendo da área de cobertura necessária, diferentes sistemas podem ser adotados. Tais sistemas variam de acordo com a frequência de operação:

- Sistemas de Baixa Frequência (30 a 500 KHz);
- Sistemas de Média frequência (850 a 950 MHz);
- Sistemas de Alta frequência (2,4 a 2,5GHz).

Ainda segundo a mesma fonte, os sistemas de baixa frequência são indicados em aplicações que englobam curta distância de leitura e envolvem baixos custos. As aplicações mais comuns são no controle de acesso, rastreabilidade de objetos, e identificação de animais. Sistemas de média e alta frequência por sua vez, devem ser adotados preferencialmente em aplicações que exigem média e longa distância de leituras, e leituras a alta velocidade. É comumente utilizado na identificação de veículos (leitura de *tags* de veículos), e coleta automática de dados.

Algumas das principais aplicações das tecnologias de transmissão sem fio, já em fase de implantação por algumas empresas brasileiras, são descritas a seguir:

- Controle de Frotas: Pelo emprego de antenas estrategicamente dispostas, e carros equipados com transceptores ou tags eletrônicos, pode-se controlar e rastrear veículos, dentro de sua rota, em tempo real;

- Rastreamento e localização de objetos: Os tags eletrônicos são muito utilizados para rastrear objetos em empresas de entrega. Desta forma, é possível identificar e agilizar o processo de entrega dos mesmos, evitando eventuais extravios de mercadorias, além de permitir maior informação ao cliente.

- Controle de Acesso de Veículos: Através da utilização de tags eletrônicos em veículos, pode-se controlar de forma automática a entrada e saída dos mesmos, em estacionamentos. Antenas fixadas em pontos específicos recebem o sinal emitido pelo transceptor, sempre que o veículo se aproxima, de forma a possibilitar a liberação de acesso;

- Atividades Logísticas: A aplicação dos tags eletrônicos é muito comum também na área logística. Tais tags são anexados aos produtos, por toda a sua vida útil, possibilitando o controle de sua localização, em todo seu processo produtivo. Tal aplicação consiste numa alternativa bastante econômica para as empresas, uma vez que o mesmo transceptor pode ser reutilizável infinitas vezes.

- Identificação da Mercadoria: As etiquetas ou tags eletrônicos podem ser fixadas nos produtos de um Supermercado, trazendo melhor qualidade de

serviço e maior satisfação do cliente. Desta forma, é possível alterar os preços dos produtos de forma automática, por meio de um único terminal, via rádio-frequência.

As duas primeiras aplicações, por envolverem a atividade de localização em ampla área de abrangência geográfica, podem abranger o acesso a canais terrestres ou de satélites.

A operação de controle de frotas por canais de satélites, possibilita a transmissão de alto volume de informações, de forma rápida, podendo englobar uma região continental, ou mundial. Antenas parabólicas dispostas em caminhões de entrega permitem a comunicação entre motoristas, programadores, e despachantes. Dessa forma, pode-se obter informações atualizadas referentes à localização do veículo, e novas rotas podem ser propostas, conforme necessidade, ou devido a engarrafamento de trânsito (Bowersox, 2001).

As três últimas aplicações mencionadas acima, por serem adotadas em áreas de abrangência limitada (como no caso do interior de uma fábrica, estacionamento, ou supermercado), não solicitam o acesso aos canais de telefonia. Nestes casos específicos são adotadas soluções completas de rádio-frequência, as quais, por si só, dispõem de toda infra-estrutura necessária para o sistema operar dentro de condições satisfatórias.

Segundo Bowersox (2001), a rádio-frequência têm sido também frequentemente adotada nos centros de distribuição. Ao oferecer uma comunicação em tempo real, elimina a necessidade de manuseio de papéis, tornando as operações muito mais ágeis e flexíveis. Fato este que implica em melhoria de serviços, com utilização de menos recursos. As principais aplicações logísticas nos centros de distribuição abrangem a troca de informações entre operadores do sistema, e funcionários. Dessa forma, informações, tais como, instruções de separação em depósitos, contagem de estoques e impressão de etiquetas, podem ser trocadas no sentido bidirecional.

Conforme já foi visto na seção 3.3, soluções de rádio-frequência envolvem tecnologias de captura e transmissão automática de dados, dentre os quais se destacam em aplicações logísticas, os códigos de barra e etiquetas eletrônicas.

A primeira modalidade é mais comumente empregada em transações nos pontos de venda nas lojas a varejo, e em atividades de manuseio e rastreamento de materiais. Nas transações em pontos de venda, a tecnologia óptica permite acompanhar a movimentação de cada unidade de estoque vendida, e facilita as

atividades de ressuprimento. Os fornecedores são informados rapidamente da necessidade de reposição do produto. Os maiores benefícios proporcionados por essa tecnologia são a redução de incertezas, redução de estoques, e maior precisão de dados em operações de ressuprimento e pesquisa de marketing. Já na segunda aplicação mencionada, a leitura óptica, com base no emprego de pistolas, apesar de ser uma atividade manual, consiste numa forma eficiente de se rastrear a movimentação de produtos, endereços de armazenagem, carregamentos, e recebimentos (Bowersox, 2001).

No Brasil, os códigos de barra são mais freqüentemente adotados no setor supermercadista, em atividades de checagem de produtos, e levantamento e baixa de estoque. Já as etiquetas eletrônicas, as quais fazem parte dos sistemas RFID, já se encontram efetivamente implantadas em controle de acesso de veículos em estacionamentos, em controle de pedágios, e na identificação do produto, no decorrer do seu ciclo de vida, como se pode verificar em algumas montadoras de veículos.

Assim por exemplo, em São Paulo, a cabine “Sem Parar”, disposta no acesso a algumas estradas, realiza o débito automático da tarifa dos motoristas. A disposição de uma etiqueta eletrônica no vidro do carro, possibilita a identificação do veículo por um leitor fixo (Zandonad, 2003).

### **3.5.1 Projeto envolvendo a Rede de Acesso Celular**

Os meios de comunicação móveis têm propiciado uma série de possibilidades, em questões de mobilidade, tão necessárias para usuários que se deslocam do meio de trabalho freqüentemente. Dentre as várias aplicações da rede de comunicação sem fio, merecido destaque vêm recebendo a sua aplicação nos sistemas de trânsito.

Souza (2002) propõe algumas soluções aplicadas ao controle de tráfego nas grandes cidades, baseadas na utilização de dispositivos portáteis e recursos tecnológicos. Tais soluções englobam sistemas computacionais remotos, centrais de controles, e unidades móveis (a serem dispostas no veículo a ser rastreado). Os sistemas computacionais remotos se comunicam com as várias centrais de controle, por intermédio da rede de telefonia celular. Por meio de tais sistemas, pretende-se:

- Fazer a criação de serviços *on-line* que possibilitem ao operador da rede verificar a situação do veículo, e do seu condutor;
- Desenvolver serviços de localização de veículos;
- Prover sistemas de segurança ao veículo, visando a recuperação de veículos roubados, e identificação dos criminosos.

A seguir serão mencionadas algumas das soluções propostas pelo referido autor, visando atender a tais necessidades.

#### **3.5.1.1. Medição Objetiva do Trânsito**

Através da disposição de sensores fixos, espalhados em vários pontos da cidade, pode-se monitorar a movimentação de carros numa determinada via. Desta forma, pode-se obter de forma precisa, por intermédio de um terminal, informações sobre condições de tráfego.

Os sensores propostos devem ser dispostos ao longo da pista de rolagem, a uma distância entre eles, que possibilite que o sistema computacional remoto seja capaz de identificar a velocidade de tráfego dos veículos.

O sistema computacional remoto deve realizar o armazenamento de informações (tais como quantidade e velocidade dos veículos que trafegam pelas vias, dentro de determinado intervalo de tempo). O que pode ser feito com a adoção de grandes bancos de dados, para os quais as informações possam ser repassadas e armazenadas. Por meio desses, pode-se ter acesso não só a informações atualizadas, como também ao histórico das mesmas. A capacidade de armazenamento da base de dados a ser adotada, dependerá do fluxo de informações.

As informações armazenadas no sistema computacional devem ser repassadas para a central de controle, após cada intervalo de tempo de observação. Tal sistema funciona basicamente como o cérebro da unidade remota, devendo realizar dentre outras atividades: o controle das funções do aparelho celular necessário para operações de recebimento e envio de mensagens; ter capacidade de leitura, interpretação, e armazenamento de informações provenientes tanto de sensores dispostos na pista, quanto de um receptor de GPS; formatar mensagens enviadas, e interpretar mensagens recebidas da central de controle, conforme protocolo de comunicação especificado.

Já a central de controle é a parte central do sistema, sendo responsável pelo controle, armazenamento e processamento das informações provenientes das várias estações remotas de medição. A central de controle deve ser operada por um profissional com bons conhecimentos logísticos, capaz de interpretar as informações recebidas, assim como propor ações para problemas de congestionamento de veículos (tais como, possibilidades de desvios de trânsito para outras vias, alteração no tempo de operação dos semáforos,...)

As mensagens podem ser transmitidas para as unidades remotas diretamente pela conexão via WEB, ou por intermédio de um telefone celular, a ser acoplado na central de controle.

O tempo de coleta das informações emitidas pelas unidades remotas deve ser definido pela central de controle. Este tempo precisa ser otimizado de acordo com a necessidade. Vale ressaltar que em horas de congestionamento excessivo de trânsito, as informações de tráfego precisam ser atualizadas em intervalos de tempo menores.

A disposição de informações atualizadas das vias consiste no serviço a ser comercializado com as operadoras celulares. Em algumas cidades, tais informações podem ser negociadas diretamente pelos clientes com as operadoras. Em um dos aplicativos desse tipo de serviço, o cliente cadastra o ponto de origem e destino que normalmente utiliza em horário programado. A operadora por sua vez emite uma mensagem para seu celular, informando o melhor trajeto, assim como uma estimativa do tempo de trânsito. O usuário pode acessar também tais informações, por meio de computadores portáteis de mão, nos quais visualiza um mapa com o trajeto sugerido, ou outras possíveis rotas para o mesmo trajeto.

A disposição de informações de tráfego em mapas da região onde o sistema está implementado, pode gerar grandes vantagens para empresas especializadas no transporte logístico. São vários os recursos a serem combinados de forma a melhor expressar as informações desejadas. Informações com quantidade de veículos, distância entre eles e velocidade média na via de acesso podem ser dispostas no mapa. Através dos diferentes posicionamentos das unidades remotas ao longo do mapa, pode-se monitorar o comportamento dos veículos nas vias, assim como verificar o impacto das ações corretivas tomadas.

As informações trocadas podem ser emitidas diretamente pela operadora, ou enviadas por pessoas espalhadas pela cidade, as quais podem fornecer informações menos subjetivas de trânsito.

### 3.5.1.2. Identificação e localização de veículos

A segunda solução proposta permite realizar a localização de veículos mesmo quando em movimento, por intermédio da rede celular. Através de unidades de identificação instaladas nos veículos, informações de localização seriam repassadas para a unidade remota.

As unidades remotas possuem endereço fixo, e devem trocar informações com a central de controle, assim como com as unidades de identificação instaladas no veículo. De forma que, assim que um veículo se aproxima de uma delas, o identificador do veículo transmite a informação de proximidade para a central de controle.

Tal sistema pode ser implementado através de algumas modificações na arquitetura da solução anterior. A inovação nesta solução encontra-se neste *link* a ser estabelecido entre a unidade remota e as unidades de identificação do veículo. Para tanto, devem ser feitas modificações na parte de hardware de cada unidade remota. Antenas devem ser instaladas nas unidades envolvidas, de forma a possibilitar a comunicação em rádio-frequência. Os próprios sensores propostos na solução anterior podem ser utilizados agora como antenas.

A transmissão deve ser feita em baixa-frequência, de forma a evitar possíveis interferências com outros sistemas.

O princípio de funcionamento do sistema é o seguinte:

- A central de controle realiza o monitoramento de veículos, através de mensagens de requisição de localização, a serem enviadas para algumas ou todas unidades remotas. Assim que a unidade remota recebe a mensagem solicitando a localização de determinado veículo, armazena o código do veículo, e ativa o módulo de identificação do veículo;
- A unidade de identificação do veículo, por sua vez, ativa seu transmissor, e transmite por meio dele, o código de identificação do veículo.
- O módulo de identificação de veículo compara então o código do veículo que enviou a mensagem com o código do veículo a ser localizado. Se os códigos forem os mesmos, o módulo envia uma mensagem para o controlador da unidade remota, indicando que o veículo procurado está passando pela via onde está instalada a unidade remota. No caso dos códigos não coincidirem, a informação é descartada. Mensagens são reportadas

constantemente de todas as unidades remotas envolvidas, para a central de controle. Desta forma, enquanto a função de localização de um veículo continuar ativa, o banco de dados da central vai sendo atualizado.

- A Central de Controle recebe a informação da unidade remota, e sinaliza numa tela de monitoramento do sistema da seguinte forma: No mapa de localização das unidades remotas, o símbolo que identifica a unidade remota que enviou a mensagem começa a piscar, e uma informação de identificação do veículo aparece próxima deste símbolo. Para desativar a função de localização de um veículo, a central de controle envia uma mensagem de finalização, para todas as unidades remotas envolvidas. As unidades remotas então apagam de sua memória o código de localização. Novos veículos podem ser localizados, sempre que solicitado, pela central de controle. No entanto, quando não se deseja mais realizar a localização, o módulo de identificação das unidades remotas é desativado, e seu transmissor desligado, de forma a não desperdiçar energia.

### **3.6. Tendências Futuras para o mercado sem fio**

Ao se refletir sobre o grau de abrangência, que a tecnologia da informação proporcionava há apenas poucas décadas atrás, pode-se concluir que uma verdadeira revolução tecnológica foi alcançada na atualidade. Porém, com o passar dos anos, algumas tecnologias tornam-se obsoletas, precisando evoluir e se adaptar às novas necessidades de mercado.

Como foi visto, a rede sem fio trouxe, sem dúvida, uma grande contribuição, em termos de eficiência e custos, para muitas entidades envolvidas na cadeia logística. Benefícios a parte, há ainda muito o que ser explorado pela rede sem fio.

Numa era de grandes transformações tecnológicas, difícil é a tentativa de se prever tendências futuras. Novaes (2001), no entanto identifica algumas contribuições tecnológicas, que já podem ser esboçadas para aplicações futuras, no mundo sem fio:

- No setor supermercadista, custos de mão de obra seriam reduzidos, se os operadores de check-out, fossem substituídos por tecnologias da rede de acesso sem fio. Ao entrar no supermercado, cada cliente receberia um scanner portátil, por meio do qual, realizaria o registro de suas compras. Ao finalizar a escolha dos produtos, o cliente passaria com o carrinho de compras, por um processador automático eletrônico, que faria a checagem dos produtos, e debitaria a despesa diretamente em seu cartão de crédito. Os dados cadastrais de cada cliente, assim como compras efetuadas, seriam armazenados na base de dados do supermercado. Dessa forma, seria possível acompanhar os hábitos de consumo de cada cliente, bem como a periodicidade de compras. Através do intercâmbio seguro de dados dos clientes, pela rede de mercados do bairro envolvido, poderia se fazer uma previsão de demanda, e reposição de estoques sempre que necessário. Tais informações, contendo dados sobre residência do consumidor, seriam bastante úteis, sobretudo na hora de se fazer o planejamento de localização, e dimensionamento de novas lojas. Os produtos seriam sempre disponibilizados na variedade, e quantidade adequada, de forma a nunca faltar o produto exato, desejado por determinado cliente. A rede de supermercados ganharia dessa forma um voto de fidelidade do cliente, e portanto, ponto a favor, mediante à concorrência.
- Uma outra grande inovação da rede sem fio, seria o registro de informações de medidas antropométricas e estéticas de cada cliente, num chip. Tal chip seria levado pelo consumidor em sua roupa, bolsa ou carteira, e seria lido, assim que o cliente entrasse numa loja. Uma vez que o sistema da loja já identificaria as medidas específicas do cliente, este só precisaria escolher a cor e o tipo do produto. Com todas essas informações, o sistema poderia projetar numa tela, a imagem do cliente portando o produto, eliminando portanto a necessidade de prova do produto. As lojas de roupas e calçados ganhariam dessa forma, grande eficiência operacional, assim como proporcionaria ao cliente uma compra mais rápida.
- Estoques de lojas especializadas em livros e CD, seriam drasticamente reduzidos, se os benefícios da rede sem fio, fossem empregados em atividades de postergação. Nesse caso, uma solução seria a criação de

quiosques eletrônicos, conectados a um computador central e a máquinas de xérox. Dessa forma, assim que o consumidor solicitasse um determinado livro ou CD por um dos terminais, o sistema realizaria a impressão imediata do livro, ou cópia do CD, tão logo fosse feito o pagamento do produto. A empresa Xérox já tem mostrado um passo a favor nessa evolução. As máquinas de cópia já estão sendo aprimoradas, de forma a possibilitar a transmissão, recepção e processamento de dados digitalizados. Dessa forma, ao mesmo tempo em que uma máquina está realizando uma cópia eletrostática de um documento, a informação digitalizada é transmitida a um computador central, possibilitando registro e encaminhamento da mesma a outros pontos.

Esses são apenas algumas das inúmeras aplicações que já estão sendo pensadas para um mercado futuro. O universo sem fio pode trazer também importantes contribuições para muitos outros setores.